



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE DESPORTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

Mikael Seabra Moraes

Absorciometria por dupla emissão de raio-X na avaliação dos parâmetros ósseos em atletas universitários: comparação entre esportes com diferentes níveis de impacto e associação a múltiplos fatores

Florianópolis

2019

Mikael Seabra Moraes

Absorciometria por dupla emissão de raio-X na avaliação dos parâmetros ósseos em atletas universitários: comparação entre esportes com diferentes níveis de impacto e associação a múltiplos fatores

Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação em Educação Física da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de mestre em Educação Física na área de concentração de Atividade física Relacionada à Saúde.
Orientador: Prof. Diego Augusto Santos Silva, Dr.

Florianópolis

2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Moraes, Mikael Seabra

Absorciometria por dupla emissão de raio-X na avaliação dos parâmetros ósseos em atletas universitários: : comparação entre esportes com diferentes níveis de impacto e associação a múltiplos fatores / Mikael Seabra Moraes ; orientador, Diego Augusto Santos Silva, 2019.
155 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Desportos, Programa de Pós-Graduação em Educação Física, Florianópolis, 2019.

Inclui referências.

1. Educação Física. 2. Absorciometria de fóton. 3. Remodelação óssea . 4. Suporte de carga . 5. Ciências nutricionais do esporte. I. Silva, Diego Augusto Santos . II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós Graduação em Educação Física. III. Título.

Mikael Seabra Moraes

Absorciometria por dupla emissão de raio-X na avaliação dos parâmetros ósseos em atletas universitários: comparação entre esportes com diferentes níveis de impacto e associação a múltiplos fatores

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Profa. Andreia Pelegrini, Dra.

Universidade do Estado de Santa Catarina

Centro de Ciências da Saúde e do Esporte

Profa. Yara Maria Franco Moreno, Dra.

Universidade Federal de Santa Catarina

Departamento de Nutrição

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de mestre em Educação Física na área de concentração de Atividade Física Relacionada à Saúde.

Profa. Kelly Samara da Silva, Dra.

Coordenadora do Programa de Pós-graduação em Educação Física

Prof. Diego Augusto Santos Silva, Dr.

Orientador

Florianópolis, 2019

Este trabalho é dedicado a Deus em primeiro lugar, a minha amada esposa e aos meus pais, eternos professores.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar gostaria de agradecer e dedicar essa dissertação a Deus, que me deu energia, força e ânimo para que esta dissertação fosse concluída.

Agradeço em especial a minha amada esposa Sheylane por todo companheirismo, atenção, cuidado, força e amor dado em todo o processo, que incluiu uma mudança de localidade. Você é minha melhor amiga, e sonhou junto comigo a realização que estou vivendo. Obrigado por nunca medir esforços por nós. Eu te amo com todo o coração. Sem você conquistas como estas seriam menos perfumadas.

Não poderia deixar de agradecer aos também professores de Educação Física e muito mais do que isso, a meus pais, amigos e conselheiros, Mike e Renata, que nunca mediram esforços para contribuir para a minha educação. Me ensinaram princípios e carácter que pude colocar em prática na elaboração deste árduo processo. A vocês minha eterna gratidão. Também aos meus irmãos Rafael e Raquel que sempre apoiaram para que eu chegasse até esta etapa da minha vida. Ainda, dedico esta dissertação as minhas avós Norma e Layde por todo carinho, amor e garra que comove a todos os que as cercam e que com certeza me moveram a realização desta pesquisa.

Gostaria de expressar também a minha profunda e sincera gratidão ao meu orientador o professor doutor Diego Augusto Santos Silva, por todas as orientações mesmo antes de entrar no mestrado. Elas perpassam até hoje os limites do técnico e científico, pois com amizade sincera e grande desprendimento me levam a explorar o melhor de mim. Exigência, ponderação, capricho e bom senso são exemplos de suas maiores virtudes.

Estendo meus agradecimentos à professora doutora Andreia Pelegrini por também contribuir na minha formação, ao aceitar o convite para participar como banca da defesa da dissertação. Sinto-me honrado em poder partilhar conhecimento e debates científicos com a professora neste processo do meu aprendizado, na qual tenho profunda admiração e respeito profissional.

Agradeço a professora doutora Yara Maria Franco Moreno, por sempre se tornar acessível e aberta a parcerias, como a que viabilizou a elaboração desta dissertação. Obrigado por ter tornado possível a realização da pesquisa de campo no Laboratório de Antropometria e Ergonomia. Esta dissertação não seria completa sem essa generosidade, e por isso a minha gratidão. Também agradeço a disponibilidade em colaborar com a minha formação, ao aceitar

o convite para ser banca na defesa da dissertação, sinto-me honrado pela admiração profissional que tenho a professora.

Agradeço a todos os integrantes do Núcleo de Pesquisa em Cineantropometria e Desempenho Humano (NuCiDH). Sozinho sempre o caminho seria mais longo, porém, estar diariamente junto a vocês simplifica o meu mundo. Primeiramente, gostaria de agradecer ao meu grande amigo, o professor mestre Ricardo Lucas Pacheco, em que por muitos momentos ultrapassou a função de coordenador do NuCiDH (o qual faz com excelente dedicação) se tornando excelente conselheiro em questões acadêmicas e em aspectos pessoais. Sempre levarei nossos cafés da manhã, almoços e lanches da tarde regadas de palavras de sabedoria e amizade sincera. Sem dúvidas Ricardo, o seu apoio com todo suporte material para a realização das coletas e conselhos nesta jornada acadêmica proporcionaram o êxito desta dissertação. Em especial agradeço também a minha irmã de mestrado, e também coordenadora da pesquisa a professora mestre Priscila Custódio Martins. Nada disso seria possível, sem que em vários dias e noite estivéssemos juntos pensando e agindo em como as coisas aconteceriam, compartilhando alegrias e momentos delicados. Sempre serei grato pela amizade e parceria com você. Também agradeço aos amigos do NuCiDH o professor mestre Tiago Rodrigues de Lima, professor Bruno Vieira, professora mestre Jéssika Vieira, professor mestre Carlos Alencar Souza Alves Junior, professor Jonatan da Silva, aos graduandos Francisco Félix graduando Matheus por não medirem esforços e realizaram com louvor a coleta de campo e/ou tabulação de dados. Nada disso seria possível sem essas parcerias, vocês merecem toda honra e gratidão. Agradeço também ao professor doutor Luiz de Lima por contribuir no processo de concepção desta temática, com orientações e indagações a respeito do tema, muito obrigado. Ainda, agradeço ao professor mestre Tiago, professora mestre Priscila, professor mestre Carlos, professor mestre João Antônio Chula, professora Andressa Ferreira da Silva, professor Leandro Lima Borges, professora Suellem Zanlorenci pelo excelente olhar científica que tiveram na apresentação prévia da dissertação realizada no NuCiDH, dois antes da defesa. Com este momento me deixou melhor preparado para a apresentação e arguição da banca, no momento final de defesa de dissertação. Ainda, os demais membros do NuCiDH (Cassiano, Leandro Santiago, Gustavo, Giovane), Laboratório de Pedagogia de esportes (LAPE) e Laboratório de Biomecânica (BIOMEC). A todos estes que estão torcendo pelo meu sucesso, muito obrigado.

Além disso, gostaria de agradecer o Laboratório de Estudo do Desempenho humano (LEDEHU, Manaus, Amazonas) que me proporcionou a oportunidade de estar apto para

concorrer ao mestrado no Sul do país. Sem dúvida nada disso estaria acontecendo se não fosse por todas as oportunidades de ensino, pesquisa e extensão na qual pude vivenciar no LEDEHU. Em especial, agradeço aos professores doutores Ewerton Bezerra e Mateus Rossato, por fazerem que o mestrado passasse de um sonho distante, para um plano concreto e executável. Jamais esquecerei o dia em alguns alunos, incluindo eu, para uma reunião em que o assunto principal foi “acreditamos que vocês têm potencial para fazer o mestrado fora, se...”. Aquele dia foi memorável, pois a partir dele ficou claro que o mestrado fora de Manaus (pois não tinha mestrado em educação física até então) era uma meta possível de alcançar. Obrigado de coração por cumprirem no sentido mais amplo da palavra o papel de professor, acreditando no meu potencial, e mostrando caminhos para minha educação continuada. Sou e serei eternamente grato. Ainda, por todo apoio e torcida agradeço aos também professores doutores do LEDEHU João Otacílio Libardoni dos Santos e João Cláudio Braga Machado.

Por fim, agradeço aos professores mestres Carlos Ewerton Palheta, Rafael Martins da Costa, Rodrigo Mendonça e Chellsea Alcântara que foram essências no processo seletivo de mestrado. Compartilhar os momentos finais de preparação (revisar prova, treinar arguição) sem dúvida foi o diferencial para que todos pudéssemos ser aprovados no processo seletivo de mestrado.

A todos os demais amigos que torceram por este momento e que compartilharam de sincera alegria com esta conquista, a vocês o meu muito obrigado!

Com muito carinho,
Mikael Moraes

RESUMO

Os principais parâmetros estimados pela absorciometria por dupla emissão de raio-X (DXA) para monitoramento do osso em atletas são a densidade mineral óssea (DMO) e o conteúdo mineral ósseo (CMO). Adicionalmente, os parâmetros de rigidez e resistência óssea verificam a capacidade dos ossos em suportar as cargas inerentes ao impacto mecânico de cada esporte. Múltiplos fatores como idade, composição corporal, volume de treino semanal (VT), tempo de prática (TP), suplementação alimentar, uso de contraceptivo e *status* de menstruação podem estar associados a esportes com diferentes níveis de impacto. Esta dissertação teve como objetivo geral avaliar por meio de protocolo padronizado da DXA as diferenças nos parâmetros ósseos entre atletas universitários praticantes de esportes com diferentes níveis de impacto, identificando os múltiplos fatores que interferem nesta relação. Inicialmente foi elaborado capítulo de livro com explicações teórico-práticas da utilização da DXA, com ênfase na qualidade da medida. Posteriormente, foi realizada revisão sistemática nas bases de dados PubMed, *Web of Science*, Scopus, *ScienceDirect*, EBSCOhost, *SportDiscus*, LILACS e SciELO. Por fim, estudo transversal com 167 atletas universitários (92 masculinos) praticantes de atletismo, basquetebol, voleibol, *flag football*, futebol de campo, futsal, handebol, hóquei em grama, judô, *skate*, badminton, natação e tênis de mesa. Os esportes foram categorizados de acordo com o efeito osteogênico considerando a magnitude, velocidade e frequência da carga no esporte praticado, *bone loading unit* (BLU). Os parâmetros ósseos investigados foram DMO, CMO, índice de força (IF), área transversal no momento da inércia (CSMI), módulo de sessão (Z), área de secção transversal (CSA), ângulo do eixo do pescoço (NSA) e comprimento do eixo do quadril (CEQ). No capítulo de livro, um resultado encontrado foi a padronização da medida para atletas por meio de um protocolo para controle de erros e interpretação dos resultados. A revisão sistemática identificou que entre atletas universitários existem esportes com maiores potenciais osteogênicos na CMO e no DMO quando comparado a outros esportes. A composição corporal e ao crescimento físico foram as principais covariáveis. No estudo original o CEQ foi maior nos atletas masculinos com BLU elevada e o NSA em atletas femininos com BLU moderada/baixa. A MG e a MIGO estiveram associadas a DMO e CMO/estatura, independente do esporte praticado, em ambos os sexos. A MIGO esteve fortemente associada ao CSMI, Z, CSA em atletas do sexo masculino com BLU moderado/baixo e em atletas do sexo feminino, independentemente nível osteogênico do esporte. O VT foi inversamente associado e o TP diretamente associado ao CSMI, Z, CSA em atletas do sexo masculino de esportes com BLU moderado/baixo. Portanto, para melhor qualidade da medida de DXA é fundamental a utilização de protocolo padronizado. A síntese descritiva identificou que a DMO e CMO foi maior nos esportes com maior carga mecânica, sendo à composição corporal e crescimento físico as covariáveis mais investigadas. No estudo original o CEQ (masculino) e o NSA (feminino) apresentaram diferenças entre os tipos de esportes, a MG e a MIGO estiveram mais fortemente associadas a todos os parâmetros ósseos, independente do sexo e do esporte praticado.

Palavras-chave: Absorciometria de fóton. Remodelação óssea. Suporte de carga. Ciências nutricionais do esporte. Universidade.

ABSTRACT

The main parameters estimated by Dual-energy x-ray absorptiometry (DXA) for bone monitoring in athletes are bone mineral density (BMD) and bone mineral content (BMC). In addition, bone stiffness and resistance parameters verify the ability of bones to withstand the loads inherent in the mechanical impact of each sport. Multiple factors such as age, body composition, weekly training volume (TV), practice time (PT), dietary supplementation, contraceptive use and menstruation status may be associated with sports with different levels of impact. The objective of this dissertation was to evaluate, by means of a DXA standardized protocol, the differences in bone parameters between university athletes practicing sports with different impact levels, identifying the multiple factors that interfere in this relationship. Initially a book chapter was elaborated with theoretical and practical explanations of the use of DXA, with emphasis on the quality of the measurement. Subsequently, a systematic review was performed in the PubMed, Web of Science, Scopus, ScienceDirect, EBSCOhost, SportDiscus, LILACS and SciELO databases. Finally, a cross-sectional study was conducted with 167 college athletes (92 males) who practice athletics, basketball, volleyball, flag football, field soccer, indoor soccer, handball, grass hockey, judo, skate, badminton, swimming and table tennis. Sports were categorized according to the osteogenic effect considering the magnitude, speed and frequency of loading in the sport practiced, bone loading unit (BLU). The bone parameters investigated were BMD, BMC, force index (FI), cross-sectional moment of inertia (CSMI), section modulus (Z), cross-sectional area (CSA), neck-shaft angle (NSA) and hip axis length (HAL). In the book chapter, one result was the standardization of measurement for athletes through a protocol for error control and interpretation of results. The systematic review identified that among college athletes there are sports with higher osteogenic potentials in BMC and BMD when compared to other sports. Body composition and physical growth were the main covariates. In the original study, HAL was higher in male athletes with high BLU and NSA in female athletes with moderate/low BLU. Fat mass (FM) and lean soft tissue mass (LSTM) were associated with BMD and BMC/height, regardless of the sport practiced, in both sexes. LSTM was strongly associated with CSMI, Z, CSA in male athletes with moderate / low BLU and female athletes, regardless of sport osteogenic level. TV was inversely associated and PT directly associated with CSMI, Z, CSA in male sports athletes with moderate/low BLU. Therefore, for better quality of DXA measurement, the use of a standardized protocol is essential. The descriptive synthesis identified that BMD and BMC were higher in sports with higher mechanical load, with body composition and physical growth being the most investigated covariates. In the original study, HAL (male) and NSA (female) showed differences between the types of sports, FM and LSTM were more strongly associated with all bone parameters, regardless of gender and sport.

Keywords: Photon absorptiometry. Bone remodeling. Load support. Nutritional sciences of sport. University.

LISTA DE FIGURAS
CONTEXTUALIZAÇÃO

Figura 1 – Níveis hierárquicos das estruturas ósseas.....	16
Figura 2 – Tipos de cargas mecânicas axiais de ossos longos.....	18
Figura 3 – Níveis de deformação do osso.....	19

CAPÍTULO DE LIVRO

Figura 1 – Instrumentos de avaliação da densidade mineral óssea: SPA e DPA e DXA.....	37
Figura 2 – Instrumentos de avaliação da densidade mineral óssea: DXA.....	39
Figura 3 – Tipos de feixes utilizados em modelos de DXA.....	40
Figura 4 – Bloco utilizado nas calibrações diárias (fornecidas no manual do fabricante).....	44
Figura 5 – Haste metálica e recipiente com água utilizados para calibração semanal.....	44
Figura 6 – Imagens e regiões corporais do exame de corpo inteiro, coluna lombar e fêmur proximal.....	46

ARTIGO 1

Figura 1– Diagrama de fluxograma PRISMA de registros que buscaram investigar a DMO e CMO em atletas universitários.....	76
Figura 2 – Regiões corporais analisadas por DXA estratificadas por tipo de varredura (scan)	82

LISTA DE QUADROS

CAPÍTULO DE LIVRO

Quadro 1 – Definição de termos referente a utilização da DXA.....	42
Quadro 2 – Definição de termos referente aos parâmetros ósseos investigados por DXA.....	48

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1

Tabela 1 – Características descritivas dos estudos da revisão sistemática.....	77
Tabela 2 – Síntese e resultados dos estudos relacionados a massa óssea.....	83
Tabela 3 – Risco de viés dos estudos transversais, longitudinais e mistos (transversal e longitudinal)	93
Tabela Suplementar 1 – Descrição da estratégia completa de busca de artigos nas bases eletrônicas.....	95
Tabela suplementar 2 – Blocos de variáveis de ajuste, preditoras ou covariáveis	107

ARTIGO 2

Tabela 1 – Características da amostra de atletas universitários de acordo com o sexo.....	129
Tabela 2 – Comparação dos parâmetros ósseos de acordo com o tipo de esporte praticado em atletas universitários do sexo masculino	130
Tabela 3 – Comparação dos parâmetros ósseos de acordo com o tipo de esporte praticado em atletas universitários do sexo feminino	132
Tabela 4 – Matriz de correlação entre os parâmetros ósseos e as covariáveis em atletas universitários do sexo masculino.....	135
Tabela 5 – Matriz de correlação entre os parâmetros ósseos e as covariáveis em atletas universitários do sexo feminino.....	137
Tabela Suplementar 1 – Comparação da DMO, CMO e geometria óssea de esportes com elevado impacto e moderado/baixo impacto em atletas universitários do sexo masculino....	139
Tabela Suplementar 2 – Comparação da DMO, CMO e geometria óssea de esportes com elevado impacto e moderado/baixo impacto em atletas universitários do sexo feminino.....	142

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANCOVA	Análise de covariância
BLU	<i>Bone loading unit</i>
CCS	Centro de Ciências da Saúde
CDS	Centro de desportos
CEQ	Comprimento do eixo do quadril
CMO	Conteúdo mineral ósseo
CSA	<i>Cross-sectional area</i> (área de secção transversal)
CSMI	<i>Cross-sectional moment of inertia</i> (área transversal no momento da inércia)
CV	Coefficiente de variação
DeCS	Descritores em ciências da Saúde
DMO	Densidade mineral óssea
DPA	<i>Dual photon absorptiometry</i>
DXA	Absorciometria por dupla emissão de raio-X
IF	Índice de força
ISCD	<i>International Society for Clinical Densitometry</i>
LSC	<i>Least Significant Change</i>
MeSH	<i>Medical subject headings</i>
MG	Massa gorda
MIGO	Massa isenta de gordura
NSA	<i>Neck-shaft angle</i> (ângulo do eixo do pescoço)
PPGEF	Programa de pós graduação em Educação Física
PRISMA	<i>Preferred reporting items for systematic reviews</i>
RVQM ± DP	Raiz do Valor Quadrático Médio com Desvio Padrão
SPA	<i>Single photon absorptiometry</i>
TP	Tempo de prática do esporte
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
VT	Volume de treinamento semanal
Z	<i>Section modulus</i> (módulo de sessão)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	ESTRUTURA GERAL DA DISSERTAÇÃO	15
1.2	CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA.....	15
1.3	OBJETIVOS	23
1.3.1	Objetivo geral.....	23
1.3.2	Objetivos específicos	23
1.4	HIPÓTESES	24
1.5	JUSTIFICATIVA	24
1.6	DEFINIÇÃO DE TERMOS	29
	REFERÊNCIAS.....	30
2	RESULTADOS	35
2.1	CAPÍTULO DE LIVRO	36
2.2	ARTIGO 1	54
2.3	ARTIGO 2	108
3	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	145
	APÊNDICE A – Termo de consentimento livre e esclarecido	147
	APÊNDICE B – Anamnese do estudo.....	151
	ANEXO A – Aceite do capítulo de livro	152
	ANEXO B – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa	153

1 INTRODUÇÃO

1.1 ESTRUTURA GERAL DA DISSERTAÇÃO

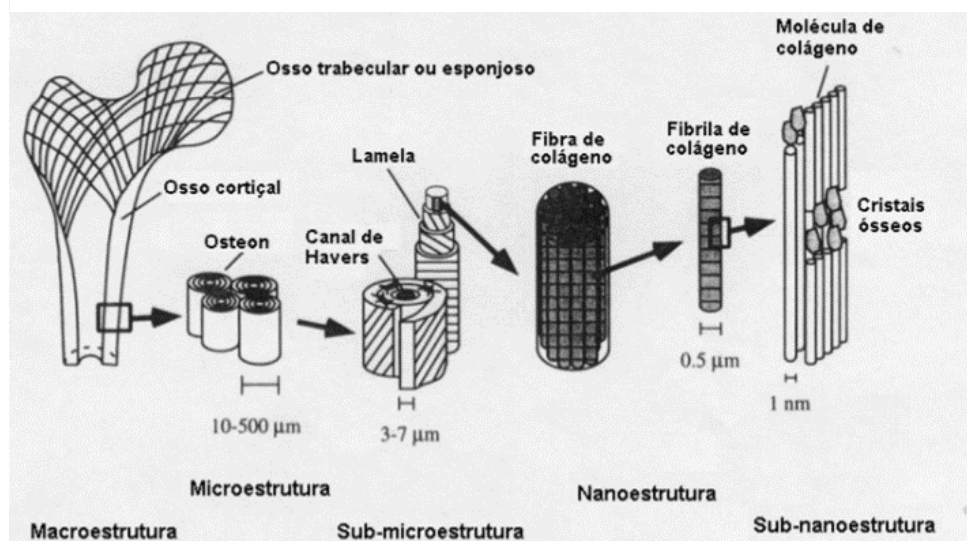
Esta dissertação foi estruturada conforme modelo alternativo (coletânea de capítulos ou artigos científicos) pautada pelo artigo 6º da Norma 02/2008 do Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal de Santa Catarina (PPGEF/UFSC), que dispõe a respeito dos procedimentos para elaboração de dissertações. Conforme a referida norma, os capítulos e/ou artigos científicos devem ser colocados no trabalho monográfico, conforme as normas em que foram submetidos/aceitos. Posto isso, a dissertação foi organizada em três capítulos.

O primeiro capítulo (Introdução), apresenta a contextualização do problema, objetivos (geral e específicos), hipóteses do estudo, justificativa e definição de termos. O capítulo dois corresponde aos resultados, composto por um capítulo de livro e dois artigos desenvolvidos. O capítulo de livro foi um material didático desenvolvido com objetivo de fomentar o conhecimento e correta utilização da DXA. O primeiro artigo descreveu uma revisão sistemática da literatura com intuito de apresentar ao leitor o atual estado da arte. E o segundo artigo foi um estudo transversal com atletas universitários que comparou os parâmetros de composição óssea, de geometria e de força do quadril e verificou a associação destes parâmetros ósseos com fatores não modificáveis e modificáveis em atletas de esportes com diferentes níveis de impacto. No capítulo três (Considerações Finais) foram retratadas as limitações do estudo, os pontos fortes, as conclusões e as recomendações.

1.2 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

O corpo humano é composto basicamente por água, gordura, músculo e osso, sendo que a composição corporal é compreendida pela distribuição destes componentes na massa corporal total (WANG; PIERSON; HEYMSFIELD, 1992). Nesse sentido, o tecido ósseo humano é composto por 50 a 70% de minerais, 20 a 40% de matriz orgânica (matriz extracelular), cerca de 10% de água e menos de três por cento (<3%) de lipídios (CLARKE, 2008) e exerce função protetora (aos órgãos), mecânica (sistema locomotor) e metabólica (remodelação óssea), podendo ser representado hierarquicamente por macro, micro, nano e sub nano estruturas orgânicas e inorgânicas (DONNELLY, 2011) (Figura 1).

Figura 1 Níveis hierárquicos das estruturas ósseas



Fonte: Fernandes et al. (2011)

A medida em que o nível microscópico aumenta, maior é a precisão do mineral que será avaliado (Figura 1). A maior parte das avaliações ósseas ocorrem no nível da macroestrutura, a qual é basicamente constituída por duas amplas categorias denominadas osso trabecular e osso cortical (McARDLE, 2001). O osso cortical ou compacto é a camada externa e densa de osso e representa a categoria mais prevalente (aproximadamente 80%), sendo encontrada no corpo dos ossos longos (diáfise), na superfície da pelve, do crânio e de ossos chatos (CLARKE, 2008; JOHNSON, 1998; McARDLE, 2001). O osso trabecular, também chamado de poroso, esponjoso ou lacunar é menos denso e relativamente mais frágil, sendo encontrado nas extremidades (epífises) dos ossos longos, nas partes internas das vértebras, da pelve, crânio e outros ossos chatos (CLARKE, 2008; JOHNSON, 1998; McARDLE, 2001). Apesar de apenas cerca de 20% do esqueleto ser constituído de osso trabecular, este fornece pelo menos cinco vezes mais chances de modificações por trocas metabólicas que o osso cortical (CLARKE, 2008; JOHNSON, 1998).

As trocas metabólicas nos ossos ocorrem por constante ciclo de remodelação óssea que contém as etapas de reabsorção, formação e mineralização óssea (GOOLSBAY, BONIQUIT et al., 2017). As principais células responsáveis por esses mecanismos são os osteoblastos, osteoclastos e osteócitos (SARKIS et al., 2011). Inicialmente, os osteoclastos (células de reabsorção óssea) removem as células mortas e os restos de matriz óssea por fagocitose (GOOLSBAY, BONIQUIT et al., 2017). Em contrapartida, os osteoblastos

sintetizam colágenos e outras proteínas (glicoproteínas e proteoglicanas) e, concentram fosfato de cálcio, sendo então responsáveis pela formação do tecido ósseo, ou seja, mineralização óssea (CLARKE, 2008; JOHNSON, 1998). Adicionalmente, os osteócitos estão localizados em cavidades ou lacunas dentro da matriz óssea e têm papel fundamental na manutenção da integridade da matriz óssea, pois tornam possíveis a difusão de nutrientes por meio da comunicação que estabelecem entre si (GOOLSBAY, BONIQUIT et al., 2017; SARKIS et al., 2011). Portanto, a remodelação óssea ocorre devido a um delicado equilíbrio (homeostase) entre a retirada de ossos metabolicamente inativos e a formação de ossos altamente sensíveis a trocas metabólicas.

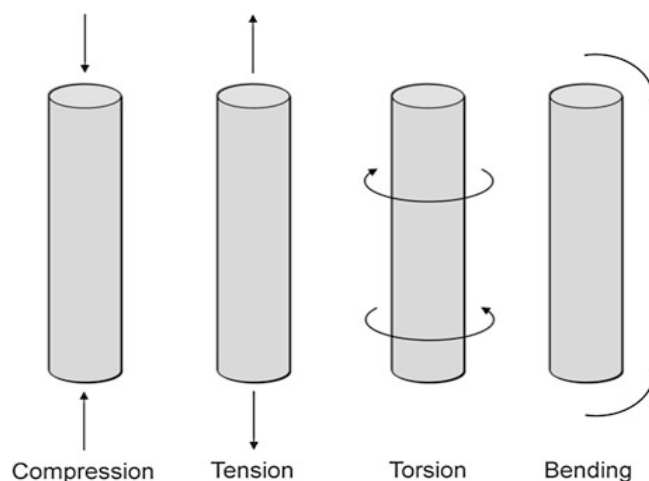
Como mencionado, a massa óssea é constituída principalmente por minérios (50 a 70%), entretanto, a estrutura óssea é constituída por outros elementos que podem ser identificados em níveis hierárquicos mais profundos do osso (Figura 1). Dois parâmetros de composição óssea e que podem ser avaliados na macroestrutura óssea são o conteúdo mineral ósseo (CMO) e densidade mineral óssea (DMO) (AMERICAN BONE HEALTH, 2018). O CMO é a medição em gramas (g) da quantidade de minerais ósseos detectados no corpo inteiro ou em determinados segmentos do corpo, por exemplo, braços, pernas e coluna (AMERICAN BONE HEALTH, 2018). A DMO mede a densidade de minérios existentes em uma área específica do osso, sendo quantificada pela divisão entre o CMO e a área total, em que o CMO é medido em gramas (g) e a área é medida em centímetros quadrados (cm²) (AMERICAN BONE HEALTH, 2018). Em modos práticos, o CMO representa a massa óssea ou “peso” ósseo do indivíduo, enquanto a DMO representa o quão “forte” ou denso está o osso. Nesse sentido, a análise de saúde óssea, por meio dos indicadores de DMO e CMO, é essencial no estudo das condições fisiológicas, para-fisiológicas e patológicas, demonstrando importância tanto em contextos clínicos, como no diagnóstico de osteoporose, quanto em contextos esportivos, como prevenção de lesões e análise de risco de fratura (BAZZOCCHI et al., 2016).

A medida não-invasiva amplamente utilizada na avaliação da DMO e do CMO é a Absorciometria por Dupla Emissão de Raio-X (DXA) (TOOMBS et al., 2012). A DXA é uma ferramenta de alta tecnologia na avaliação indireta da composição corporal total e dos segmentos individuais do corpo (braços, pernas e tronco), e apresenta alta reprodutibilidade no fracionamento do corpo em três compartimentos: massa óssea, massa gorda (MG) e massa isenta de gordura e osso (MIGO) (AMMANN; RIZZOLI, 2003; BAZZOCCHI et al., 2016;

MILLER, 2017; TOOMBS et al., 2012). Apesar de existirem equipamentos mais sofisticados, como tomografia computadorizada ou ressonância magnética, que avaliam a geometria óssea e a DMO volumétrica, a DXA se tornou o instrumento clínico de referência no diagnóstico da osteoporose, na previsão do risco futuro à fratura osteoporótica e no monitoramento da DMO na população em geral, pessoas ativas e atletas (NANA et al., 2014; SANTOS et al., 2013). Além disso, o número de estudos que utilizaram a DXA, na avaliação de DMO e CMO, é significativamente maior do que aqueles que utilizaram tomografia computadorizada e ressonância magnética (BAZZOCCHI et al., 2016; NANA et al., 2012; TOOMBS et al., 2012), o que permite maior comparação entre estudos.

Além de parâmetros de composição óssea (DMO e CMO), existem parâmetros relacionados a rigidez e a resistência dos ossos (BECK et al., 2007; ZYMBAL et al., 2016). Estes são expressos em medidas de áreas transversais, circunferências, momento de inércia, e índices específicos da geometria e força do quadril localizados na região de fêmur proximal (ZYMBAL et al., 2016). Alguns conceitos clássicos a respeito de adaptações ósseas são fundamentais para a compreensão da variação nos parâmetros ósseos, sobretudo os de rigidez e resistência óssea. Considerando a Lei de Wolff, a magnitude e a direção da carga imposta aos ossos geram modificações em seu tamanho, forma e densidade (HAMILL, 1999). Corroborando com este conceito, a Lei de Roux diz que a adaptação do tecido ósseo depende da direção das forças (HAMILL, 1999). Adicionalmente, a Lei de Hooke explica que a tensão da carga é proporcional a deformação (HAMILL, 1999). A direção das cargas mecânicas de ossos longos, mencionadas por estas leis são compressão, tensão, torção e flexão (ZYMBAL et al., 2017) (Figura 2).

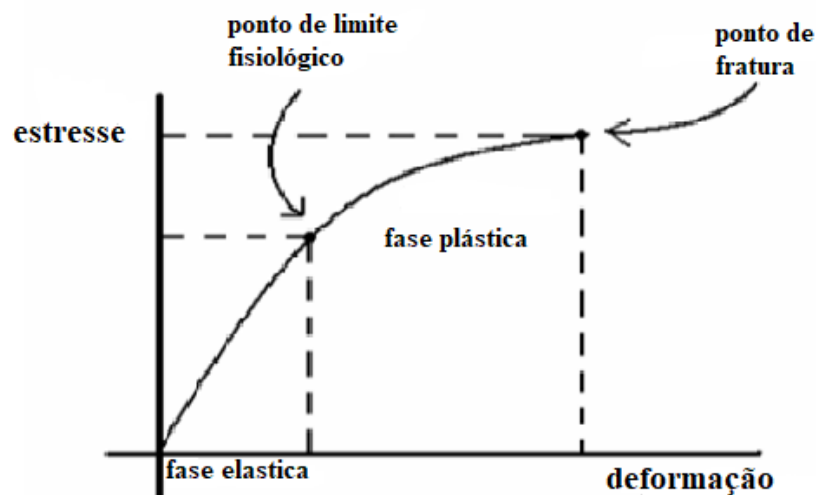
Figura 2 – Tipos de cargas mecânicas axiais de ossos



Fonte: Zymbal et al. (2016)

Embora essas leis sejam reais para a compreensão do metabolismo ósseo, por vezes consideram os efeitos osteogênicos das cargas axiais como lineares e diretamente proporcionais (HAMILL, 1999). Nesse sentido, uma grande evolução foi a teoria Cowin e Hegedus (1976) que consideram que as propriedades adaptativas do tecido ósseo podem ser determinadas a partir de reações químicas no osso trabecular, e que tais reações podem ser compreendidas por níveis de deformação (COWIN; HEGEDUS, 1976). Quando é submetido a uma carga, o osso deforma-se na busca de absorção de impacto e energia, essa deformação é denominada resposta elástica do osso (HAMILL, 1999). Após o ponto de deformação, ocorrem micro-rupturas no tecido o que compreende a resposta plástica ou capacidade máxima de flexão antes do ponto de falha (fratura), e isto ocorre devido a capacidade viscoelástica do osso (HAMILL, 1999) (Figura 3). Portanto, aplicando estes conceitos no contexto esportivo pode-se dizer que “diferentes esportes” geram “diferentes estímulos” que irão proporcionar “diferentes adaptações ósseas” que variam de acordo com a magnitude, velocidade e direção da carga mecânica do esporte praticado.

Figura 3 – Níveis de deformação do osso



Fonte: Adaptado de McGinnis (2015)

Os parâmetros de força e geometria do quadril são o índice de força (IF), a área transversal no momento da inércia (CSMI, mm^4), o módulo de seção (Z , mm^3), a área de secção transversal (CSA, mm^2), o ângulo do eixo do pescoço (NSA, graus) e o comprimento

do eixo do quadril (CEQ, mm). O IF é um parâmetro da resistência do fêmur à fratura no trocânter maior gerado durante uma queda, calculado conforme idade, sexo, estatura e massa corporal (YOSHIKAWA et al., 1994). O CSMI é a distribuição de massa mineral ao redor do centro do pescoço femoral e o Z é um indicador da força máxima de flexão em uma seção transversal, ambos são índices da rigidez estrutural à carga de flexão (AL RASSY et al., 2017; BECK, 2007). O CSA é a área total da superfície do quadril excluindo a área de tecido mole e osso trabecular, sendo considerada um índice de resistência às forças axiais de compressão, tensão, torção e flexão (AL RASSY et al., 2017; BECK, 2007). Adicionalmente, o NSA é a interseção entre o pescoço femoral e o eixo da diáfise femoral e pode ser um parâmetro eficaz para prever o risco de fratura no quadril (AL RASSY et al., 2017). O CEQ representa a distância ao longo do eixo do colo femoral desde a borda pélvica interna até a borda externa do trocânter maior (ZYMBAL et al., 2016). As alterações dos parâmetros de geometria e força do quadril podem ser compreendidas por meio dos princípios da biomecânica (sistema de alavancas), pois estes parâmetros variam de acordo a direção, magnitude e velocidade das forças das cargas axiais (ZYMBAL et al., 2016). Nesse sentido, é importante considerar o efeito das diferentes práticas de atividades físicas e esportes no metabolismo ósseo.

Desta forma, a prática regular de atividades físicas é essencial para a manutenção da saúde óssea, prevenindo de 50 a 80% o risco de fratura em idades longevas (GOOLSBY; BONIQUIT, 2017). Nesse sentido, a adolescência e a idade adulta jovem são os períodos da vida mais benéficos para saúde óssea em longo prazo, pois, aproximadamente, 90% do pico de massa óssea é adquirido até os 18 anos (WHITING et al., 2004) e, aproximadamente, 10% até a terceira década de vida. Deste modo, para entender os benefícios do esporte nos parâmetros ósseos nestas fases da vida é necessário conhecimento da composição, formação e adaptação óssea relacionada ao exercício (CLARKE, 2008; GOOLSBY; BONIQUIT, 2017). As respostas adaptativas que podem ser esperadas na formação óssea (osteogênese) variam de acordo com a magnitude, a taxa (velocidade) e a frequência do impacto da atividade (BECK et al., 2017; DOLAN et al., 2006). Atividades com impacto (sobrecargas gravitacionais), ou seja, saltos, corridas, subir escadas, e não-impacto ou forças musculares (sobrecarga tensional dos músculos), ou seja, caminhada e musculação são importantes para a regulação do esqueleto (DOLAN et al., 2006; GOOLSBY; BONIQUIT, 2017; TURNER, ROBLING; 2003). Entretanto, nem todas as modalidades de exercícios (principalmente os esportes) são igualmente osteogênicas (BECK et al., 2017; DOLAN et al., 2006; SEDÓ et al., 2012).

Assim, na busca por entender o efeito dos diferentes tipos de exercícios físicos nos indicadores de saúde óssea (DMO e CMO), muitas revisões sistemáticas e metanálises têm sido conduzidas em populações que apresentam maior vulnerabilidade a baixos valores de DMO (osteopenia e osteoporose), como homens mais velhos (KELLEY et al., 2013) e mulheres pré e pós menopáusicas (KELLEY et al., 2013; ZHAO et al., 2015). Em se tratando de esportes a nível competitivo, os estudos que buscaram sumarizar ou metanalisar as evidências do efeito osteogênicos na prática esportiva identificaram que esportes como ciclismo ou natação têm sido associados como neutros ou até mesmo negativos no desenvolvimento da saúde óssea, quando comparados a outros esportes (GOMEZ-BRUTON et al., 2013, 2017). A maior parte das revisões sistemáticas realizadas com atletas, buscaram investigar adolescentes praticantes de esportes na fase da puberdade, em que apesar de relevante, o desfecho da massa óssea é altamente influenciado pelos aspectos maturacionais, o que não é predominante no contexto universitário. O *American College of Sports Medicine* (ACSM) reconhece a falta do direcionamento de evidências que identifiquem o esporte mais benéfico para manutenção dos parâmetros ósseos em diferentes fases na vida (THOMPSON et al., 2014). Por esse motivo, sintetizar sistematicamente estudos que buscaram comparar os parâmetros ósseos de atletas com atletas universitários é necessário. Os atletas universitários apresentam maior volume de treinamento em comparação a atletas adolescentes. Em contrapartida, o atleta universitário possui menor cobrança, menor volume de treino e participam em menos competições que atletas profissionais (PLATEN et al., 2001). Portanto, o direcionamento sistemático dos desfechos relacionado a comparação dos parâmetros ósseos em atletas universitários é peculiar (PLATEN et al., 2001).

Pesquisas transversais e longitudinais que estudaram a saúde óssea (DMO e CMO) em atletas universitários demonstraram consistentemente que atletas praticantes de esportes com elevado impacto gravitacional ou com impacto com taxas rápidas de carga como ginástica (PROCTOR et al., 2002; STANFORTH et al., 2016), voleibol (FEHLING et al., 1995; LEE et al., 1995), basquetebol (LEE et al., 1995; NEPOCATYCH et al., 2017), tênis em quadra (MCCLANAHAN et al., 2002), futebol de campo (MINETT et al., 2017) e judô (MATSUMOTO et al., 1997) apresentaram sítios esqueléticos da massa óssea superiores quando comparados a não atletas ou atletas que praticam esportes de menor impacto como natação (FEHLING et al., 1995; MATSUMOTO et al., 1997), corrida de longa distância (MUDD et al., 2007) e golfe (MCCLANAHAN et al., 2002). Assim, a literatura deixa claro

que existem diferenças osteogênicas entre atletas, a depender do esporte praticado. Com base na revisão sistemática apresentado nos resultados desta dissertação, nenhum estudo original com atletas universitários buscou comparar os parâmetros de geometria e força do quadril.

Além do esporte praticado, é necessário compreender a interferência de fatores, que estejam diretamente associados aos parâmetros de composição, rigidez e resistência óssea e que possam ser confundidores na comparação dos parâmetros ósseos em atletas de esportes com diferentes níveis de impacto (GOOLSBY; BONIQUIT, 2017). Existem fatores modificáveis (e.g. genéticos) e não modificáveis (e.g. composição corporal, nível de atividade física, aspectos nutricionais, uso de medicamentos, suplementação de cálcio e vitamina D) que interferem na remodelação óssea (GOOLSBY; BONIQUIT, 2017; SARKIS et al., 2011). A maioria dos estudos que buscaram investigar as diferenças osteogênicas entre os esportes em atletas universitários, verificou que variáveis como idade (EMSLANDER et al., 1998; MUDD et al., 2007), estatura (LEE et al., 1995; MINETT et al., 2017), massa corporal total (TAAFFE et al., 1995; STANFORTH et al., 2016) interferem na comparação entre os esportes. Porém, esses fatores foram investigados isoladamente, sendo necessário a compreensão de forma combinada destes e de outros fatores, que podem estar associados às diferenças nos parâmetros de composição, rigidez e resistência entre atletas universitários de diferentes esportes (STANFORTH et al., 2016).

Considerando que: (i) o osso trabecular é metabolicamente ativo e mais suscetíveis a mudanças em função de fatores modificáveis; (ii) os parâmetros de composição óssea (DMO e o CMO) e de rigidez e resistência óssea (IF, CSMI, CSA, NSA e CEQ) variam de acordo com a magnitude, velocidade e frequência das cargas axiais; (iii) a DXA é método de referência na análise dos valores dos perímetros ósseos em diversas populações, incluindo atletas; (iv) o exercício físico, principalmente o esporte, é um fator modificável determinante no processo de formação óssea; (v) a necessidade do direcionamento das evidências que comparem os parâmetros ósseos entre os diferentes esportes em atletas universitários; (vi) as diferenças osteogênicas existentes entre diferentes esportes com diferentes níveis de impacto corporal. Este projeto pretende responder aos seguintes problemas de pesquisa:

(1) como garantir a qualidade da medida e interpretação dos parâmetros ósseos provenientes do DXA em atletas? Quais parâmetros ósseos utilizar? Como diminuir as fontes de erro do instrumento, do operador e de posicionamento?

(2) qual (quais) é (são) o(s) direcionamento(s) dos achados disponíveis na literatura referentes a DMO e o CMO (características principais, aspectos metodológicos, comparação entre os esportes e fatores utilizados para ajustes de modelos), avaliada por DXA, em atletas universitários?

(3) existe(m) diferença(s) nos parâmetros de composição óssea (DMO e CMO) de rigidez e resistência óssea (IF, CSMI, CSA, NSA e CEQ) entre atletas universitários praticantes de esportes com diferentes níveis impacto? Quais fatores interferem nessa comparação?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

Avaliar por meio de protocolo padronizado da DXA as diferenças nos parâmetros ósseos entre atletas universitários praticantes de esportes com diferentes níveis de impacto, identificando os múltiplos fatores que interferem nesta relação.

1.3.2 Objetivos específicos

- Desenvolver um material didático a respeito do conhecimento e utilização da DXA, abordando princípios básicos da técnica, aplicação prática do instrumento (controle de qualidade, calibrações) e seleção e interpretação de resultados padronizados.
- Descrever por meio de revisão sistemática os aspectos metodológicos (parâmetros e regiões ósseas investigadas, erro de precisão da medida e covariáveis) e comparar os resultados relacionados ao CMO e DMO mensurado por DXA entre atletas universitários.
- Comparar os parâmetros de composição óssea (DMO e CMO total e regional) e de rigidez e resistência óssea (geometria e força do quadril) entre atletas universitários de esportes com diferentes níveis de impacto. Além disso, verificar a associação entre estes parâmetros ósseos e fatores não modificáveis (idade) e modificáveis (composição corporal; volume de treino semanal; tempo de prática no esporte; suplementação alimentar; uso de contraceptivo oral e menstruação regular) em atletas universitários.

1.4 HIPÓTESES

H1 – A medição dos parâmetros ósseos mensurados DXA são válidas somente as fontes de erros do forem controladas e padronizadas;

H2 – Atletas universitários que praticam esportes com maiores níveis de impacto apresentam maiores valores nos parâmetros ósseos quando comparados a atletas de esportes com menor impacto;

1.5 JUSTIFICATIVA

A *International Society for Clinical Densitometry* (Sociedade Internacional para Densitometria Clínica - ISCD) considera a DXA o método de referência no diagnóstico de osteopenia e osteoporose (baixa DMO) (ISCD, 2015). Adicionalmente, a ISCD padronizou, por meio das posições oficiais de 2015, os critérios para realização e interpretação dos exames na DXA (ISCD, 2015). Entre as diversas populações indicadas, como mulheres pós-menopáusicas e homens mais velhos (>70 anos de idade), por exemplo, a ISCD recomenda a realização de exames em adultos com uma condição associada à baixa massa óssea ou perda óssea (ISCD, 2015). Sendo assim, atletas se enquadram nesta categoria, pois estão submetidos à intensa remodelação óssea, caracterizada pela formação e absorção de minerais ósseos, em função dos diferentes estímulos do treinamento esportivo (GOLSBY; BONIQUIT, 2017). Além disso, como mencionado na sessão de contextualização do problema, cada esporte exerce efeito osteogênico peculiar na DMO, CMO e parâmetros de geometria e força do quadril, o que justifica a utilização da DXA para monitoramento dos parâmetros ósseos em atletas universitários (NANA et al., 2014).

Como limitações da DXA tem-se o tamanho da maca (60 a 66 centímetros de largura por 193 a 198 centímetros de comprimento), que pode não ser suficiente para avaliação do corpo inteiro de pessoas altas e largas, como é o caso de atletas (BAZZOCCHI et al., 2016, NANA et al., 2012). Ademais, o DXA mensura a DMO e o CMO de acordo com os pixels das imagens considerando as áreas destes parâmetros, não sendo capaz de mensurar a densidade volumétrica (baseado em imagens 3D), as quais são mais precisas para mensuração dos parâmetros ósseos. Além disso, a DXA estima os parâmetros geométricos pois apresentam limitações quanto a precisão da análise de osso trabecular (BAZZOCCHI et al., 2016). Nesse sentido, instrumentos como a ressonância magnética e tomografia computadorizada superam

essas limitações e são os métodos mais sofisticados para avaliação dos parâmetros ósseos. Entretanto, os custos e a aplicabilidade destes instrumentos são limitados (NANA et al., 2015).

Visando superar as limitações, *experts* e entidades internacionais desenvolveram modos alternativos para avaliação de pessoas altas e largas (NANA et al., 2012). Ainda, a precisão do DXA é reconhecida pela ISCD e coloca essa técnica como referência para avaliação e monitoramento dos parâmetros ósseos (ISCD, 2015). Também, está disponível na literatura o protocolo rigoroso para a avaliação e cálculo do erro de precisão da medida por DXA em atletas (HIND et al., 2018). A ISCD padronizou o protocolo para o cálculo do erro de precisão em atletas, que incluem a padronização do equipamento, do operador, do posicionamento da avaliação, da variação biológica do indivíduo e da interpretação dos resultados (HIND et al., 2018), tornando possível interpretação de resultados confiáveis e comparáveis, independentemente, da localização geográfica (HIND et al., 2018). Adicionalmente, o tamanho do osso é diretamente proporcional ao CMO, assim, devido a avaliação 2D da DXA, atletas mais altos normalmente terão maior CMO do que os pares de menor estatura, o que pode atribuir um erro inconstante na comparação entre esportes (NEVILL et al., 2002). Por isso, é recomendado correção por alometria do CMO pela estatura (CMO dividido pela estatura), para que então esse erro possa ser superado (NEVILL et al., 2002). Além disso, *softwares* como o *Hip Structural Advance* (HSA) e o *Advanced Hip Assessment* (AHA) foram desenvolvidos para estimativa dos parâmetros de geometria e força do quadril (BECK, 2007). Poucos estudos com atletas universitários corrigiram por alometria os valores de CMO pela estatura (NEVILL et al., 2002), seguiram protocolos padronizados para o cálculo do erro de precisão em atletas (HIND et al., 2018) e utilizaram técnicas como HSA e AHA para estimativas de parâmetros de rigidez e resistência ósseas em locais específicos do fêmur proximal (BECK, 2007). Por isso, esta pesquisa visa controlar rigorosamente as fontes de erros da medida por DXA, para que então os direcionamentos encontrados na comparação entre os esportes com diferentes níveis de impacto sejam os mais próximos dos reais.

Nessa perspectiva, a sobrecarga corporal que causa osteogênese deve ser variável, dinâmica e progressiva, carga estática não causa osteogênese (GOLSBY; BONIQUIT, 2017). Com base nisso, esportes com predomínio de sobrecarga gravitacional (vôlei, basquete, ginástica) intensificam o processo de remodelação óssea, o que resulta em maiores valores de

DMO e CMO quando comparados com esportes com menor sobrecarga corporal ou sobrecarga tensional (como, natação, ciclismo) (ABRAHIN et al., 2016). Os benefícios do remodelamento ósseo incluem a preservação da força mecânica óssea, a substituição do osso micro danificado mais antigo por um osso mais novo e saudável e a homeostase de cálcio e fosfato (CLARKE, 2008). Apesar de a literatura reportar a importância dos diferentes níveis de sobrecarga corporal na remodelação óssea, até o presente momento, nenhum estudo utilizou critério validado para categorizar os esportes, de acordo com o efeito osteogênico, em atletas universitários. Portanto, é necessário comparar o efeito osteogênico nos parâmetros ósseos entre diferentes esportes, por meio de critérios estabelecidos na literatura. Além disso, é necessário considerar as leis clássicas de remodelação ósseas, em que as adaptações ósseas são geradas por deformações produzidas por forças axiais (compressão, torção, flexão e tração) e são influenciadas pela magnitude, velocidade e frequência da carga da atividade ou esporte praticado (DOLAN et al., 2016).

Para isso, nesse projeto será utilizado as unidades de carga óssea (*bone loading unit – BLUs*) propostos por Dolan et al., (2006). Semelhante ao processo de validação do equivalente metabólico (MET) utilizado no contexto da atividade física, a BLU foi desenvolvida, para melhorar a quantificação em longo prazo da carga específica da atividade nas regiões ósseas da lombar e do quadril (DOLAN et al., 2006). A BLU foi criada por treze pesquisadores experientes nas áreas de biomecânica, fisiologia do exercício e bioengenharia, os quais foram solicitados a classificar, após extenso processo de investigação, a lista de 36 atividades em escores (BLU), de acordo com a magnitude e taxa de carga (velocidade da carga). As listas com as BLUs das 36 atividades (incluindo esportes) e a reprodutibilidade desta classificação estão descritas na literatura (DOLAN et al., 2006). Por essa razão, os esportes incluídos nessa pesquisa serão categorizados de acordo com a BLU, o que dará mais precisão as comparações realizadas.

Além da sobrecarga corporal, esporte praticado, outros fatores modificáveis podem estar diferentemente associados aos parâmetros ósseos (DMO, CMO, geometria e força do quadril) de esportes com diferentes níveis de impacto (GOOLSBY et al., 2017; SARKIS et al., 2011). A maioria dos estudos, em atletas universitários, incluíram o peso corporal e a estatura como fatores associados à massa óssea, explicando de 10 a 20% da variação na DMO (FEHLING et al, 1995; HIRSH et al., 2016; LEE et al., 1995; PLATEN et al., 2001; STANFORTH et al., 2016; TAAFFE; MARCUS et al., 1999), entretanto, a massa corporal

total não discrimina o componente da composição corporal predominante (e.g. MG e MIGO), o que pode ser uma fragilidade para atletas. Ademais, o osso trabecular (menos denso) é metabolicamente ativo e suscetível a modificações a depender da composição corporal do atleta, por isso, a quantidade de MG e MIGO podem influenciar a comparação da massa óssea entre os esportes, e explicar melhor que a massa corporal total a variação nos parâmetros ósseos (MINETT et al., 2017). Ainda, a prática esportiva apresenta efeito osteogênico constante, ou seja, os parâmetros ósseos variam de acordo com o volume de treinamento e o tempo de prática total no esporte (CLARKE, 2008; GOLDSBY; BONIQUIT, 2017). Estudos longitudinais com atletas universitários identificaram aumento na DMO e CMO ao decorrer de uma temporada (SCERPELLA et al., 2018) e do primeiro para último ano de faculdade (TREXLER et al., 2017), mostrando assim que os diferentes níveis de volume e intensidade de treinamento inerentes as diferentes fases de uma temporada esportiva e o tempo de prática no esporte a longo prazo, colaboram para o aumento progressivo e acumulativo dos parâmetros de composição óssea.

Adicionalmente, a suplementação alimentar em cálcio, vitamina D e proteína podem estar diretamente associados aos tipos de impacto dos esportes, pois o cálcio é responsável pela manutenção da massa óssea na vida adulta, principalmente até a terceira década de vida, a vitamina D aumenta a absorção de cálcio, e conseqüentemente na mineralização óssea e a proteína contribui para o aumento do estresse mecânico, pois está diretamente associado ao aumento da massa muscular (GOOLSBY; BONIQUIT et al., 2017). Por isso, é importante investigar as diferenças osteogênicas entre os esportes, controlando a interferência desses fatores nos parâmetros ósseos. Além desses fatores, os parâmetros ósseos no sexo feminino podem variar de acordo com o uso de contraceptivo oral e menstruação regular (GOOLSBY; BONIQUIT et al., 2017). O contraceptivo está diretamente associado a alteração hormonal favorável para o aumento da massa muscular que é diretamente associado a maior impacto mecânico, e conseqüentemente estímulos com maior potencial osteogênico. Além disso, a interrupção da menstruação (amenorreia) é fator de risco para a síndrome da tríade da atleta feminino, que tem como um dos principais sintomas, baixos valores de DMO e CMO, além de irregularidades menstruais e distúrbios alimentares (GOOLSBY; BONIQUIT et al., 2017). Embora todos esses confundidores supracitados influenciem individualmente na aquisição óssea em atletas, nenhum estudo com atletas universitários buscou o controle simultâneo

destes fatores de confusão na comparação entre os esportes e na associação ajustada com os parâmetros de composição óssea, de geometria e força do quadril.

Por fim, outro aspecto que pode ser um confundidor na comparação dos parâmetros ósseos entre esportes é o sexo dos atletas. Estudos epidemiológicos realizados com adultos a partir de 19 anos mostraram maiores valores de geometria óssea em homens quando comparados a mulheres (BECK et al., 1992; NISSEN et al., 2005). As diferenças nos parâmetros ósseos entre os sexos podem ser explicadas por fatores genéticos e maturacionais, em que naturalmente as mulheres têm ossos com menor DMO, com menos quantidade de minerais ósseos (CMO) (NAGANATHAN; SAMBROOK, 2003) e com uma distribuição geométrica do quadril inferior aos dos homens (BECK et al., 1992). Isso ocorre, devido as mulheres terem menor quantidade de massa muscular, maior quantidade de massa gorda e, conseqüentemente, menor tamanho dos ossos que são fatores inversamente associados a formação óssea (SARKIS et al., 2011). Por isso é importante que ao comparar os esportes e ao verificar associação de fatores a esportes com diferentes níveis de impacto, as análises sejam estratificadas por sexo.

Esta dissertação se justifica também, devido as lacunas observadas após o levantamento sistemático da literatura de estudos referentes a DMO e CMO, avaliada por DXA, em atletas universitários, que são: (i) nenhum estudo com atleta universitário seguiu o protocolo padronizado para o erro de precisão recomendado pela ISCD; (ii) os estudos não utilizaram categorização que considerassem a magnitude, velocidade e frequência das cargas dos esportes com diferentes níveis de impacto, por meio avaliação *experts*; (iii) a maioria do estudos com atletas de diferentes níveis competitivos não utilizou a correção do CMO por alometria (CMO/estatura); (iv) maioria dos estudos investigaram os fatores associados aos parâmetros ósseos, isoladamente, principalmente da composição corporal, entretanto, múltiplos fatores podem interferir os parâmetros ósseos e devem ser analisadas de forma combinada; (v) poucos estudos controlaram a interferência do volume de treino semanal e de aspectos ginecológicos (menstruação regular e uso de contraceptivo oral, nos estudos com atletas universitários; (vi) os parâmetros de rigidez e resistência foram pouco estudados em atletas acima de 18 anos; (vii) nenhum estudo com essa temática foi desenvolvido com atletas universitários brasileiros; (viii) até o presente momento, os esportes *flag football*, badminton, tênis de mesa e *skate* não foram investigados.

Acrescentando, o levantamento sistemático da literatura proporcionou alguns direcionamentos que justificaram a tomada de decisões na construção da dissertação, sobretudo na pesquisa de campo, como: (i) 100% dos artigos utilizaram a amostra por conveniência; (ii) as regiões corporais mais investigadas foram o corpo inteiro, coluna lombar (L1 a L4) e terço proximal do fêmur total; (iii) nenhum estudo com atletas universitário buscou investigar os parâmetros ósseos da geometria e força do quadril.

Da mesma forma, estudar as diferenças osteogênicas dos esportes em atletas no contexto universitário é relevante, pois, estes atletas ainda não experimentaram as mudanças nos valores de DMO e CMO em função da condição clínica de risco, possibilitando melhor direcionamento a respeito dos esportes mais benéficos para saúde óssea (THOMPSON et al., 2014).

1.6 DEFINIÇÃO DE TERMOS

- **Absorciometria:** Método de medição da densidade mineral óssea através da atenuação de radiações gama ou raios-X (AMERICAN BONE HEALTH, 2018).
- **Absorciometria de raios-X de dupla energia (DXA):** Técnica quantitativa de imagiologia que recorre a uma fonte de radiação de raios-X para medir a densidade mineral óssea (AMERICAN BONE HEALTH, 2018).
- **Conteúdo mineral ósseo (CMO):** Uma medida do mineral ósseo encontrada em uma região causa (braços, tronco e pernas) ou a região corporal total. O CMO é medido em gramas (g) (AMERICAN BONE HEALTH, 2018).
- **Densidade mineral óssea (DMO):** Medição dos minerais ósseos detectados em uma área específica. A DMO é medida em gramas por centímetro quadrado (g/cm^2). A DMO é calculada usando CMO dividido pela área, em que o CMO é medido em gramas (g) e a área é medida em centímetros quadrados (cm^2) (AMERICAN BONE HEALTH, 2018).
- **Ossos corticais:** Osso denso e duro com espaços microscópicos. É tipicamente encontrado nos ossos longos (ou seja, fêmur, tíbia) e na região externa das vértebras (AMERICAN BONE HEALTH, 2018).
- **Ossos trabeculares:** Osso poroso composto por uma intrincada rede de mineração fibrosa e calcificada. É tipicamente encontrado em pontos de compressão, como na

parte interna vértebras lombares e cabeça femoral (AMERICAN BONE HEALTH, 2018).

- **Densidade óssea normal:** A densidade óssea que na faixa de pontuação "T" de +2 a -1 (AMERICAN BONE HEALTH, 2018).
- **Osteogênese:** processo de formação óssea causado pela remodelação óssea (AMERICAN BONE HEALTH, 2018).
- **Remodelação óssea:** A remodelação óssea é o processo pelo qual o osso é renovado para manter a resistência óssea e a homeostase mineral (CLARKE, 2008).

REFERÊNCIAS

ABRAHIN, O. et al. Swimming and cycling do not cause positive effects on bone mineral density: a systematic review. **Revista Brasileira de Reumatologia**, v. 56, n. 4, p. 345-351, 2016.

AL RASSY, N. et al. Bone Geometric Properties of the Femoral Neck in Underweight Eumenorrhic Women. **Journal of Clinical Densitometry**, 2017.

AMERICAN BONE HEALTH. **Glossary – American Bone Health**. Disponível em: <<https://americanbonehealth.org/glossary/>>. Acesso em: 16 jun. 2019.

AMMANN, P.; RIZZOLI, R. Bone strength and its determinants. **Osteoporosis International**, v. 14, n. 3, p. 13-18, 2003.

BAZZOCCHI, A. et al. DXA: Technical aspects and application. **European Journal of Radiology**, v. 85, n. 8, p. 1481–1492, 2016.

BECK, B. R. et al. Exercise and Sports Science Australia (ESSA) position statement on exercise prescription for the prevention and management of osteoporosis. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 20, n. 5, p. 438-445, 2017.

BLAKE, G. M.; NAEEM, M.; BOUTROS, M. Comparison of effective dose to children and adults from dual X-ray absorptiometry examinations. **Bone**, v. 38, n. 6, p. 935-42, 2006.

CAMERON, J. R.; SORENSON, J. Measurement of bone mineral in vivo: an improved method. **Science**, v. 142, n. 3589, p. 230-232, 1963.

CLARKE, B. Normal bone anatomy and physiology. **Clinical Journal of the American Society of Nephrology**, v. 3, n. Supplement 3, p. S131-S139, 2008.

COWIN, S. C.; HEGEDUS, D. H. Bone remodeling I: theory of adaptive elasticity. **Journal of Elasticity**, v. 6, n. 3, p. 313-326, 1976.

DOLAN, S. H. et al. Development and reproducibility of the bone loading history questionnaire. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 38, n. 6, p. 1121-1131, 2006.

EMSLANDER, H. C. et al. Bone mass and muscle strength in female college athletes (runners and swimmers). **Mayo Clinic Proceedings**, v. 73, n. 12, p. 1151-1160, 1998.

FEHLING, P. C. et al. A comparison of bone mineral densities among female athletes in impact loading and active loading sports. **Bone**, v. 17, n. 3, p. 205-210, 1995.

FERNANDES, M. G. A. et al. Análise biomecânica das fraturas do fêmur: estudo preliminar de uma haste intramedular bloqueada. In: **5º Congresso Nacional de Biomecânica**. Sociedade Portuguesa de Biomecânica, 2013.

GÓMEZ-BRUTON, A. et al. Is bone tissue really affected by swimming? A systematic review. **Plos One**, v. 8, n. 8, p. e70119, 2013.

GOMEZ-BRUTON, A. et al. Swimming and peak bone mineral density: A systematic review and meta-analysis. **Journal of Sports Sciences**, p. 1-13, 2017.

GOOLSBY, M. A.; BONIQUIT, N. Bone health in athletes: the role of exercise, nutrition, and hormones. **Sports Health**, v. 9, n. 2, p. 108-117, 2017

GOTFREDSEN, A. et al. Measurement of lean body mass and total body fat using dual photon absorptiometry. **Metabolism-Clinical and Experimental**, v. 35, n. 1, p. 88-93, 1986

HAMILL, J.. Bases biomecânicas do movimento humano. São Paulo: **Manole**. 1999.

HEYMSFIELD, S. B. et al. Dual-photon absorptiometry: comparison of bone mineral and soft tissue mass measurements in vivo with established methods. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 49, n. 6, p. 1283-1289, 1989.

HIND, K. et al. Interpretation of Dual-Energy X-Ray Absorptiometry-Derived Body Composition Change in Athletes: A Review and Recommendations for Best Practice. **Journal of Clinical Densitometry**, 2018.

HIRSCH, K. R. et al. Body composition and muscle characteristics of division i track and field athletes. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 30, n. 5, p. 1231-1238, 2016.

INTERNATIONAL SOCIETY FOR CLINICAL DENSITOMETRY (ISCD). **Official positions of the ISCD - 2015: adults and children**, 2015. Acesso em: 25 de maio de 2018. Disponível em: <https://iscd.app.box.com/v/OP-ISCD-2015-Adult>

JOHNSON, L. R. Fundamentos de Fisiologia Médica. 2ª edição. Rio de Janeiro: **Guanabara-Koogan**, 1998.

KELLEY, G. A.; KELLEY, K. S.; KOHRT, W. M. Exercise and bone mineral density in men: a meta-analysis of randomized controlled trials. **Bone**, v. 53, n. 1, p. 103-111, 2013.

KELLEY, G. A.; KELLEY, K. S.; KOHRT, W. M. Exercise and bone mineral density in premenopausal women: a meta-analysis of randomized controlled trials. **International Journal of Endocrinology**, v. 13, 2013

LEE, E. J. et al. Variations in bone status of contralateral and regional sites in young athletic women. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 27, n. 10, p. 1354–1361, 1995.

LEONARD, C. M. et al. Reproducibility of DXA measurements of bone mineral density and body composition in children. **Pediatric radiology**, v. 39, n. 2, p. 148-154, 2009.

LEWIECKI, E. M.; BINKLEY, N. DXA: 30 years and counting: Introduction to the 30th anniversary issue. **Bone**, v. 104, p. 1-3, 2017.

MATSUMOTO, T. et al. Bone density and bone metabolic markers in active collegiate athletes: findings in long-distance runners, judoists, and swimmers. **International Journal of Sports Medicine**, v. 28, n. 06, p. 408–412, 1997.

MAZESS, R. B. et al. Total body bone mineral and lean body mass by dual-photon absorptiometry. **Calcified Tissue International**, v. 33, n. 1, p. 365-368, 1981.

McARDLE, W. D; KATCH, F, I; KATCH, V, L. Fisiologia do exercício, energia, nutrição e desempenho humano, v. 4. Rio de Janeiro: **Guanabara- Koogan**, 2001.

MCCLANAHAN, B. S. et al. Side-to-side comparisons of bone mineral density in upper and lower limbs of collegiate athletes. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 16, n. 4, p. 586–590, 2002.

MCGINNIS, P. M. Biomecânica do esporte e do exercício-3. **Artmed Editora**, 2015.

MILLER, P. D. The history of bone densitometry. **Bone**, v. 104, p. 4-6, 2017

MINETT, M. M. et al. Changes in body composition and bone of female collegiate soccer players through the competitive season and off-season. **Journal of Musculoskeletal and Neuronal Interactions**, v. 17, n. 1, p. 386–398, 2017.

MUDD, L. M.; FORNETTI, W.; PIVARNIK, J. M. Bone mineral density in collegiate female athletes: Comparisons among sports. **Journal of Athletic Training**, v. 42, n. 3, p. 403–408, 2007.

NANA, A. et al. Methodology Review: Using Dual-Energy X-Ray Absorptiometry (DXA) for the Assessment of Body Composition in Athletes and Active People Current Uses of DXA Estimates of. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 24, p. 198–215, 2014.

NANA, A. et al. Techniques for undertaking dual-energy X-ray absorptiometry whole-body scans to estimate body composition in tall and/or broad subjects. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 22, n. 5, p. 313-322, 2012.

- NAGANATHAN, V.; SAMBROOK, P.. Gender differences in volumetric bone density: a study of opposite-sex twins. **Osteoporosis international**, v. 14, n. 7, p. 564-569, 2003.
- NEPOCATYCH, S.; BALILIONIS, G.; O'NEAL, E. K. Analysis of dietary intake and body composition of female athletes over a competitive season. **Montenegrin Journal of Sports Science and Medicine**, v. 6, n. 2, p. 57–65, 2017.
- NEVILL, A. M. et al. Adjusting bone mass for differences in projected bone area and other confounding variables: an allometric perspective. **Journal of bone and mineral research**, v. 17, n. 4, p. 703–708, 2002.
- NISSEN, N. et al. Geometry of the proximal femur in relation to age and sex: a cross-sectional study in healthy adult Danes. **Acta Radiologica**, v. 46, n. 5, p. 514-518, 2005.
- NJEH, C. F. et al. Radiation dose and in vitro precision in pediatric bone mineral density measurement using dual X-ray absorptiometry. **The British Journal of Radiology**, v. 70, n. 835, p. 719-27, 1997.
- PLATEN, P. et al. Bone mineral density in top level male athletes of different sports. **European Journal of Sport Science**, v. 1, n. 5, p. 1–15, 2001.
- PROCTOR, K. L. et al. Upper-limb bone mineral density of female collegiate gymnasts versus controls. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 34, n. 11, p. 1830–1835, 2002.
- SANTOS, D. A. et al. Body composition in taller individuals using DXA: A validation study for athletic and non-athletic populations. **Journal of Sports Sciences**, v. 31, n. 4, p. 405-413, 2013.
- SARKIS, K. S. et al. High bone density and bone health. **Endocrinología y Nutrición (English Edition)**, v. 59, n. 3, p. 207–214, 2012.
- SCERPELLA, J. J. et al. Increased leg bone mineral density and content during the initial years of college sport. **Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 32, n. 4, p. 1123–1130, 2018.
- SEDÓ, K.; MEDEIROS, M.; LÚCIA, V. High bone density and bone health. **Endocrinología Y Nutrición**, v. 59, n. 3, p. 207–214, 2012.
- STANFORTH, D. et al. Bone mineral content and density among female NCAA division 1 athletes across the competitive season and over a multi-year time frame. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 30, n. 10, p. 2828–2838, 2016.
- SVENDSEN, O. L. et al. Accuracy of measurements of body composition by dual-energy x-ray absorptiometry in vivo. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 57, n 5, p. 605-8, 1993.

TAAFFE, D. R. et al. Differential effects of swimming versus weight-bearing activity on bone mineral status of eumenorrheic athletes. **Journal of Bone and Mineral Research**, v. 10, n. 4, p. 586–593, 1995.

TAAFFE, D. R.; MARCUS, R. Regional and total body bone mineral density in elite collegiate male swimmers. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 39, n. 2, p. 154–159, 1999

THOMPSON, P.D., et al. Diretrizes da ACSM para testes de esforço e sua prescrição. 9ª ed. Rio de Janeiro: **Ganabara-Koogan**; 2014.

TOOMBS, R. J. et al. The Impact of Recent Technological Advances on the Trueness and Precision of DXA to Assess Body Composition. **Obesity**, v. 20, n. 1, p. 30–39, 2012.

TREXLER, E. T. et al. Longitudinal Body Composition Changes in NCAA Division I College Football Players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 31, n. 1, p. 1–8, 2017.

TURNER, C. H.; ROBLING, A. G. Designing exercise regimens to increase bone strength. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, v. 31, n. 1, p. 45-50, 2003.

WHITING, S. J. et al. Factors that affect bone mineral accrual in the adolescent growth spurt. **The Journal of Nutrition**, v. 134, n. 3, p. 696S-700S, 2004.

YOSHIKAWA, T. et al. Geometric structure of the femoral neck measured using dual-energy X-ray absorptiometry. **Journal of Bone and Mineral Research**, v. 9, n. 7, p. 1053–1064, 1994.

ZHAO, R.; ZHAO, M.; XU, Z. The effects of differing resistance training modes on the preservation of bone mineral density in postmenopausal women: a meta-analysis. **Osteoporosis International**, v. 26, n. 5, p. 1605-1618, 2015.

ZYMBAL, V. et al. Determining Skeletal Geometry. In: **Biomarkers in Bone Disease**. [s.l: s.n.]. p. 621–645.

2 RESULTADOS

Os resultados do presente estudo foram organizados em um capítulo de livro e dois artigos científicos. O capítulo de livro intitulado “Absorciometria por Dupla Emissão de Raios-X (DXA)” foi aceito para publicação da primeira edição do livro “Composição corporal humana na Educação Física” da editora CRV (Anexo A), com estrato L3 na área 21 da CAPES. Trata-se de um material didático a respeito do conhecimento e utilização da DXA, abordando aspectos históricos e de evolução tecnológica, princípios básicos da técnica, aplicação prática do instrumento (controle de qualidade, calibrações), preparação e posicionamento do avaliado para o exame, interpretação de resultados, definição dos parâmetros ósseos e, cálculo e interpretação do erro de precisão da medida.

O “Artigo 1” intitulado “Revisão sistemática sobre a densidade mineral óssea e conteúdo mineral ósseo em atletas universitários: aspectos metodológicos e comparação entre os esportes”, foi submetido no periódico *Journal of Bodywork & Movement Therapies* (fator de impacto 1.260; Qualis B1 na área 21 da CAPES), e trata de revisão sistemática da literatura cujo objetivo foi descrever aspectos metodológicos (parâmetros e regiões ósseos investigados, erro de precisão da medida e covariáveis) e comparar os resultados relacionados ao CMO e DMO mensurados por DXA entre atletas universitários. O “Artigo 2” intitulado “Massa óssea, geometria e força do quadril em atletas universitários de esportes com diferentes níveis de impacto: comparação entre esportes e associação a múltiplos fatores” foi submetido no periódico *Journal of Strength and Conditioning Research* (fator de impacto 3.017; Qualis A1 na área 21 da CAPES), trata de estudo transversal com atletas universitários cujo objetivo foi

comparar os parâmetros de composição óssea, de geometria e de força do quadril e verificar a associação destes parâmetros ósseos com fatores não modificáveis e modificáveis em atletas universitários de esportes com diferentes níveis de impacto. A pesquisa de campo foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos da UFSC com o número de parecer 2.308.476 (ANEXO B).

De acordo com o artigo 11 da Norma 02/2008 do PPGEF/UFSC, os textos dos artigos científicos deverão manter o formato estabelecido pelas normas da revista a que foram submetidos/aprovados. Por essa razão, o capítulo de livro e os artigos científicos estão formatadas de acordo com as normas da editora/revista.

2.1 CAPÍTULO DE LIVRO

ABSORCIOMETRIA POR DUPLA EMISSÃO DE RAIOS-X (DXA)

HISTÓRICO E EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA

A absorciometria por dupla emissão de raios-X (DXA) é um instrumento de alta tecnologia na avaliação da composição corporal total do corpo e das diferentes regiões corporais (braços, pernas e tronco). Com o passar dos anos a DXA se tornou o instrumento clínico de referência para o diagnóstico de osteoporose, para a avaliação e previsão do risco futuro de fratura osteoporótica e para o monitoramento da densidade mineral óssea (DMO). Por isso, essa técnica vem sendo amplamente utilizada, com aplicações além da densitometria óssea, como na estimativa da gordura corporal, e da massa isenta de gordura e osso. Assim, a DXA medi o fracionamento dos componentes corporais em massa óssea, massa gorda, massa isenta de gordura e osso (ROTHNEY et al., 2009; MILLER, 2017).

Com mais de trinta anos de evolução desde a criação, a DXA passa por inovações tecnológicas contínuas. Anteriormente, entre os anos de 1950 a 1987, os modelos de DXA utilizados para densitometria óssea eram baseadas no princípio de fótons (partículas de luz), sendo os modelos mais utilizados a absorciometria por único fóton (*Single Photon Absorptiometry – SPA*) e a absorciometria por fótons duplos (*Dual Photon Absorptiometry – DPA*) (Figura 1).

Figura 1 – Instrumentos de avaliação da densidade mineral óssea: SPA e DPA e DXA.



A) Absorciometria por único fóton



B) Absorciometria por fóton duplos

A técnica de SPA foi originalmente introduzida em 1963 por John Cameron e James Sorenson (CAMERON; SORENSON, 1963) e consiste em feixe de fótons de energia única gerados por elementos químicos radioisótopos com fontes seladas (iodo-125 ou amerício-241). O detector de cintilação (variação constante do fóton), localizado no lado oposto ao membro, mede a atenuação da energia do fóton dos ossos e tecidos moles, compara com o padrão de calibração e mensura a quantidade de minerais ósseos (LEWIECKI; BINKLEY, 2017).

Comparada ao raio-X, a SPA apresentou tecnologia mais sensível para as estimativas proximais e distais dos minerais do esqueleto apendicular (rádio, ulna, metacarpo e calcâneo). Por isso, em 1968 começou a ser fabricada para fins comerciais pela empresa “Orland Corporation”, atual “Norland at Swissray, nos Estados Unidos”. Posteriormente em 1970, Richard Mazess desenvolveu o próprio produto de SPA e o comercializou pela sua empresa

“Lunar Radiation Corporation”, atual GE Healthcare Madison, localizada também nos Estados Unidos (HEYMSFIELD, 2005; LEWIECKI; BINKLEY, 2017).

Com o tempo, foi descoberto que os aparelhos de SPA apresentavam limitações para mensurar minerais de ossos imersos (coluna ou fêmur) e de ossos rodeados por material com propriedades equivalentes ao tecido mole. Além disso, a atenuação causada pelas partes moles (por exemplo, a água) não é corrigida, restringindo a medida à ossos do esqueleto apendicular. Por isso, era necessário utilizar equações para estimar o conteúdo mineral ósseo e a densidade mineral óssea.

As limitações do método SPA deram início ao próximo avanço na medição da densidade óssea, a DPA. Diferente do SPA usava-se na DPA duas fontes radioativas de energias distintas (iodo-125 e amerício-241). Posteriormente, o isótopo Gadolínio-153, que emite fótons de duas energias distintas (44 e 100 keV) passou a ser usado, permitindo assim realizar estimativas da DMO para as vértebras lombares e fêmur proximal (CAMERON; SORENSON, 1963). Essa nova tecnologia permitia corrigir a contribuição dos tecidos moles na atenuação de energia, por esse motivo, a técnica foi ampliada e passou a fornecer estimativas da composição do corpo inteiro (MAZESS et al., 1981; GOTFREDSSEN et al., 1986; HEYMSFIELD et al., 1989; WANG et al., 1989).

O desenvolvimento, padronização e validação da DPA foram descritos por vários autores (MAZESS et al., 1981; GOTFREDSSEN et al., 1986). Entretanto, as limitações da DPA incluíam longos tempos de varredura (até 45 minutos para o fêmur proximal), má resolução da imagem, má precisão, degradação rápida da fonte de radiação (um ano), gastos excessivos em manutenção e avaliação restrita aos minerais ósseos (LEWIECKI; BINKLEY, 2017).

No ano de 1987, a empresa Hologic Horizon, fundada em 1985 por David Ellenbogen e Jay Stein, apresentou o primeiro sistema de absorciometria com raios-X de energia dupla (DXA) da indústria. As limitações da DPA levaram ao desenvolvimento da DXA, o qual teve a fonte radioativa substituída por um tubo de raios-X com um filtro para converter o feixe de raios-X cromáticos em picos de baixa e alta energia, tornando os tempos de varredura mais curtos (aproximadamente de seis minutos) e diminuindo os custos com manutenção. Além disso, a DXA permitiu maior precisão da medição e estimativa da composição dos tecidos moles para corrigir a variação regional do teor de gordura e, portanto, proporcionou melhor aferição da DMO (Figura 2).

Figura 2 – Instrumentos de avaliação da densidade mineral óssea: DXA



A) Modelo Hologic



B) Modelo Lunar da GE HEALTHCARE

Esses avanços levaram ao uso generalizado de DXA no campo da composição corporal para estimar a massa óssea, massa gorda, massa isenta de gordura e osso. Atualmente, o SPA e DPA raramente são usados, com a DXA assumindo o papel de método de referência para medir a densidade mineral óssea na prática clínica e em pesquisas. Os modelos mais recentes realizam a leitura da DMO de pessoas com prótese corrigindo o valor do artefato e também realiza a leitura de pequenos animais de pequenos animais.

PRINCÍPIOS DA TÉCNICA

Aspectos físicos

A DXA realiza todas as leituras dos componentes da composição corporal por meio da atenuação da passagem do feixe de luz (fótons). Para isso é preciso entender melhor o que é atenuação.

Atenuação é a perda gradual de intensidade de qualquer tipo de fluxo através de um meio. Logo, aplicando a técnica de DXA, atenuação é a perda gradual de intensidade da radiação que passa através dos tecidos moles (músculo e gordura) e tecido ósseo.

O princípio físico básico da DXA é a medição da transmissão através do corpo por raios-X em dois níveis diferentes de energia (alta e baixa). As energias do feixe de raios-X são atenuadas durante a passagem através dos tecidos e a atenuação é influenciada pela intensidade da energia, a densidade e a espessura dos tecidos humanos. A redução do feixe de raios-X diminui à medida que a energia do fóton aumenta.

Materiais de baixa densidade, como os tecidos moles, permitem que mais fótons passem. Assim, a perda de intensidade de feixes de raios-X nas matérias de baixa densidade (gordura e músculo) é bem menor do que em materiais de alta densidade, como o osso. A diferença na perda de intensidade dos dois picos de energia de raios-X é específica para cada tecido. DXA mede a razão dos coeficientes de atenuação nos dois picos de energia diferentes (valor R). O valor de R é constante para o osso e a gordura em todos os avaliados, enquanto o valor de R do tecido mole é sempre diferente e depende da composição do tecido mole do avaliado (valores R menores correspondem a porcentagem de alto teor de gordura) (BAZZOCCHI et al., 2016).

Fótons são minúsculas partículas elementares que constituem a luz. Na DXA as leituras dos componentes da composição corporal são feitas por meio da atenuação dos fótons contidas na radiação.

Modelos e principais fabricantes

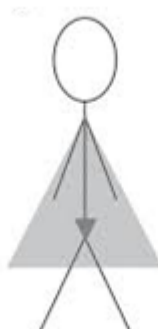
Os modelos do DXA são diferenciados a partir do formato do feixe utilizado para a medição da composição corporal, que podem ser do tipo de feixe lápis (*pencil beam*), feixe de leque (*fan beam*) ou feixe de leque estreito (*narrow fan beam*) (Figura 3).

Figura 3 – Tipos de feixes utilizados em modelos de DXA

A) Feixe de lápis



B) Feixe de leque



C) Feixe de leque estreito



estreito

Os aparelhos de DXA de feixe de lápis (*pencil beam*) usam um raio de lápis de raios-X altamente colimado com um único detector. A digitalização é realizada de forma que os movimentos do sistema fonte-detector precisam ser retilíneos de um lado para o outro (sentido lateral), seguido de um movimento para frente (sentido longitudinal), o que torna os tempos de aquisição das medidas relativamente longos (figura 2-A).

Os equipamentos que emitem o feixe no formato de leque (*fan beam*) tem o colimador em forma de fenda e o sistema detector é composto pelo o arranjo de multielementos, de forma que é possível fazer a varredura com o sistema se movendo em única direção (longitudinal). Esta ferramenta tecnológica permite melhor resolução e tempos de varredura mais rápidos, em compensação usa maior dose de radiação e ocorre a ampliação inerente dos tecidos escaneados devido à proximidade do corpo com a fonte de raios-X, afetando significativamente na medição da densidade óssea (figura 2-B).

Criada visando superar as limitações dos outros formatos de feixe, o feixe de leque estreito (*narrow fan beam*) tem a precisão do feixe de lápis e a velocidade do sistema de feixe de leque (figura 2-C). Os equipamentos de DXA que utilizam o feixe de leque estreito apresentam resultados mais confiáveis para medição de densidade mineral óssea e tecidos moles (TOOMBS et al., 2012). Atualmente, os dois principais fabricantes de DXA estão localizadas nos Estados Unidos, a Hologic Horizon e GE Lunar DXA, ambas as empresas possuem modelos de DXA com varredura completa para a avaliação da composição corporal, com imagem de alta resolução, com baixa dose de radiação aos avaliados e tempo de aquisição rápida do teste (BAZZOCCHI et al., 2016).

AMPLIANDO A VISÃO

Com o intuito de facilitar a leitura e compreensão da parte teórica e prática da DXA, serão descritas algumas definições de termos comumente utilizados para se referir ao DXA e os componentes que o instrumento avalia (Quadro 1). Os termos abaixo foram descritos a partir da definição proposta pela sociedade americana de saúde óssea (AMERICAN BONE HEALTH, 2018).

Quadro 1 – Definição de termos referente a utilização da DXA

Termos	Definição
Absorciometria	Método de medição da densidade mineral óssea através da atenuação de radiações gama ou raios-X.
Absorciometria de raios-X de dupla energia (DXA)	Técnica quantitativa de imagiologia que recorre a uma fonte de radiação de raios-X para medir a densidade mineral óssea.
Conteúdo mineral ósseo (CMO)	Uma medida do mineral ósseo encontrada em uma região causa (braços, tronco e pernas) ou a região corporal total. O BMC é medido em gramas (g).
Densidade mineral óssea (DMO)	Medição dos minerais ósseos detectados em uma área específica. A DMO é medida em gramas por centímetro quadrado (g / cm ²). A DMO é calculada usando CMO dividido pela área, em que o CMO é medido em gramas (g) e a área é medida em centímetros quadrados (cm ²).
Osso cortical	Osso denso e duro com espaços microscópicos. É tipicamente encontrado nos ossos longos (ou seja, fêmur, tibia) e na região externa das vértebras.
Osso trabecular	Osso poroso composto por uma intrincada rede de mineração fibrosa e calcificada. É tipicamente encontrado em pontos de compressão, como na parte interna vértebras lombares e cabeça femoral.
Densidade mineral óssea normal	A densidade óssea que na faixa de pontuação "T" de +2 a -1 .
T-score	A diferença entre a DMO do paciente e o valor médio adulto jovem da população de referência, dividido pelo desvio padrão de referência (SD). Um T-score de -2 significa que o paciente é 2 SD abaixo da população de referência.

APLICAÇÃO PRÁTICA DA DXA

A DXA é um instrumento que requer alguns cuidados antes, durante e após a realização do exame para que erros decorrentes da instalação, da aplicação do exame, da

preparação dos avaliados, do uso de artefatos e da análise pós-exames sejam evitados (BAZZOCCHI et al., 2016).

Instalação do equipamento

Para garantir o controle de qualidade das medidas e diminuir as interferências externas, para a realização dos exames na DXA é necessário que o equipamento seja instalado em espaço com área mínima de 10,5 metros quadrados (m²). O ideal é o ambiente a ser instalado ter 3,5 metros de largura por 3,5 metros de comprimento ou 3,5 metros ou 2,5 metros de largura por 2,5 metros de comprimento, se a DXA for modelo compacto (GE HEALTHCARE, 2011).

Devido à baixa radiação emitida pela DXA, não há necessidade de proteção radiológica (paredes baritadas), entretanto os instrumentos são altamente sensíveis a emissões externas. Caso haja alguma fonte de radiação próxima, deve-se assegurar que não haverá nenhuma interferência. Além disso, a temperatura do ambiente em que a DXA irá ficar deve ser mantida entre 18° e 25°C. Para isso, a depender da localização geográfica é altamente recomendável a instalação de ar condicionado. A umidade da sala deve ficar na faixa de 20 a 80%, não condensante (GE HEALTHCARE, 2011).

Controle de qualidade

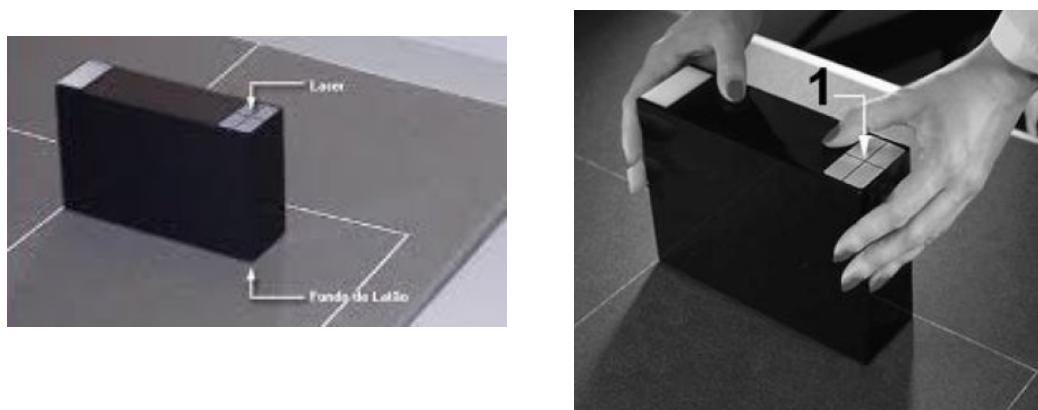
O controle de qualidade consiste em uma série de calibrações **diárias e semanais** feitas pelo operador, tecnólogo e/ou profissional de saúde responsável pela realização do exame. Para este material didático, será dada ênfase em elementos indispensáveis para a realização do exame. Todas as padronizações descritas aqui, são respectivamente ao equipamento GE® Lunar Prodigy Advance, *software* EnCORE 2011, versão 13.60.033 (GE Medical Systems Lunar, Madison, WI, USA) (Figura 1B).

Calibrações diárias

Para a realização da calibração diária, o avaliador precisará ligar o computador, se certificar da temperatura ambiente da sala (18° e 25°C) e aquecer o equipamento (*Warm up*: processo que leva de 40 a 45 minutos). O *Warm Up* é um processo **obrigatório** responsável por verificar toda a parte do software e habilitar o equipamento para as calibrações. Passado esse processo, o avaliador deverá indicar para o software realizar a calibração diária.

Na calibração diária um bloco produzido pelo fabricante será utilizado. Nesse bloco será testado a atenuação da passagem de radiação, e por isso, o bloco possui materiais que representam os tecidos moles (músculo e gordura) e tecidos rígidos e densos (ossos). Avaliador precisa apenas posicionar o bloco corretamente, de modo que um laser (em formato de cruz) esteja totalmente alinhado com o bloco (Figura 4).

Figura 4 – Bloco utilizado nas calibrações diárias (fornecidas no manual do fabricante)



Calibrações semanais

Para as calibrações semanais o processo é similar, basta indicar para o software que será realizado a calibração semanal. Além disso, os materiais utilizados para essa calibração são um recipiente com água (disponibilizado pelo fabricante) e uma haste metálica (Figura 5).

Figura 5 – Haste metálica e recipiente com água utilizados para calibração semanal



A haste representa a coluna lombar da vertebra L1 a L4, e são utilizadas para indicar para o software a dimensão de cada vertebra (regiões de interesse - ROI) e o recipiente com água representa os tecidos moles. Para a calibração, a haste é posicionada no centro da maca e

o recipiente colocado em cima da haste. Essa calibração é uma simulação do exame de coluna lombar.

Atenção: *A água do recipiente sempre precisa estar no nível recomendado pelo fabricante, se não, a calibração estará comprometida.*

Preparação e instruções pré-exame

A realização do exame requer pouca cooperação por parte do avaliado. A seguir as recomendações para realização do teste: 1) no momento do exame utilizar roupas jogging (shorts, tops, lycra, entre outros) ou avental de exame fornecido pelo estabelecimento; 2) retirar qualquer artigo e acessório que possa atenuar o feixe de raios-X, como fechos de correr, molas, fivelas, botões, brincos, anéis, *piercing* entre outros.

Além disso, o operador antes da realização do exame deve se certificar que: 1) a avaliada não está gestante, pois caso esteja, o exame só poderá ser feito após o término da gestação, para que o feto não seja exposto a pequenas quantidades de radiações; 2) radionuclídeos e agentes radiopacos não tenham sido ingeridos ou injetados, nos últimos cinco dias por parte do avaliado. Caso tiver feito quaisquer testes que utilizem esse tipo de agentes, a medição deverá ser adiada para no mínimo 72 horas depois.

Durante a realização do exame

Na realização do exame o operador se certifica que o avaliado não saia dos limites da cama (figura 1). As partes corporais que ficarem fora das áreas demarcadas não serão contabilizadas, subestimando assim os resultados dos componentes da composição corporal. Apesar da baixa frequência radioativa da DXA é recomendado que o operador fique a um metro de distância do tubo de raios-X, para evitar a exposição excessiva a radiação.

Principais exames realizados

Os exames mais comuns utilizados na DXA são os exames de corpo inteiro, coluna lombar anteroposterior e terço proximal do fêmur.

No corpo inteiro, a leitura do padrão biométrico por um sensor específico de todo o corpo tem duração de aproximadamente 10 minutos, enquanto o avaliado permanece deitado na posição de decúbito dorsal, com os braços afastados lateralmente ao corpo e as palmas das mãos em contato com a maca.

Na coluna lombar, a leitura é realizada nas vértebras lombares (L1 a L4) e dura aproximadamente um minuto, em que o avaliado fica deitado na posição de decúbito dorsal com os braços ao lado do corpo, flexionando o quadril e mantendo as pernas apoiadas sobre uma almofada na posição de 90° graus.

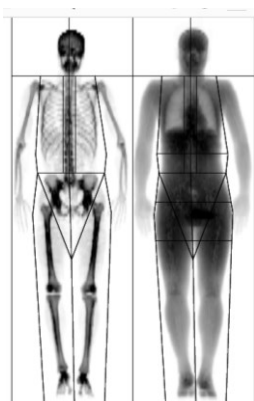
No terço proximal do fêmur, a leitura também tem duração de aproximadamente um minuto, e segue a mesma posição descrita para o corpo inteiro, adicionando apenas uma abdução das pernas com rotação interna dos pés, fixados a um acessório recomendado pelo fabricante do equipamento (GE HEALTHCARE, 2011).

Regiões corporais a partir dos exames de DXA

A partir da mensuração do exame de corpo inteiro pode-se obter os resultados total do corpo, cabeça, braços, pernas, tronco, costelas, pelve e coluna total (Figura 6A). A partir do exame de coluna lombar (L1 a L4) o avaliado tem valor de cada vértebra (L1 ou L2 ou L3 ou L4) ou do somatório delas (Figura 6B). Por fim, a partir do exame de terço proximal do fêmur os resultados do fêmur total, zona superior do colo, pescoço femoral, triângulo de Ward, trocânter maior do fêmur e diáfise podem ser obtidos (Figura 6C).

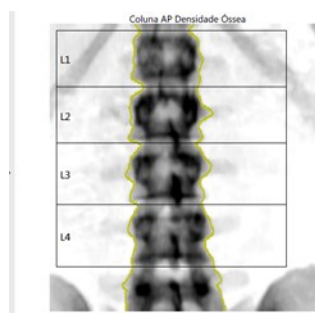
Figura 6 – Imagens e regiões corporais do exame de corpo inteiro, coluna lombar e fêmur proximal

A) Exame de corpo inteiro



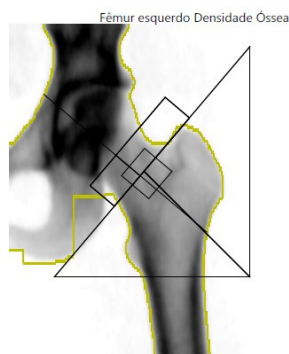
Região	¹	²		³		BMC (g)	Área (cm ²)
	BMD (g/cm ³)	Jovem Adulto (%)	T-score	Corr. Etária (%)	Z-score		
Cabeça	2,115	-	-	-	-	510	241
Braços	0,922	-	-	-	-	406	440
Pernas	1,814	-	-	-	-	1.579	870
Tronco	1,193	-	-	-	-	1.366	1.144
Costelas	0,760	-	-	-	-	389	512
Pelve	1,697	-	-	-	-	621	366
Coluna	1,334	-	-	-	-	355	266
Total	1,432	117	2,6	118	2,8	3.861	2.696

B) Coluna lombar



Região	1		2		3		BMC (g)	Área (cm ²)
	BMD (g/cm ³)	Jovem Adulto (%)	T-score	Corr. Etária (%)	Z-score			
L1	1,506	130	2,9	131	3,0	23,96	15,91	
L2	1,756	142	4,3	143	4,4	30,58	17,42	
L3	1,668	134	3,6	136	3,7	32,40	19,43	
L4	1,626	131	3,2	132	3,3	34,37	21,15	
L1-L2	1,637	136	3,6	138	3,7	54,55	33,33	
L1-L3	1,648	136	3,7	138	3,8	86,95	52,76	
L1-L4	1,642	135	3,5	136	3,6	121,32	73,90	
L2-L3	1,709	138	3,9	139	4,0	62,98	36,85	
L2-L4	1,679	135	3,7	137	3,8	97,36	57,99	
L3-L4	1,646	133	3,4	134	3,5	66,77	40,57	

C) Fêmur proximal



Região	1		2		3		BMC (g)	Área (cm ²)
	BMD (g/cm ³)	Jovem Adulto (%)	T-score	Corr. Etária (%)	Z-score			
Colo	1,482	-	-	-	-	7,84	5,29	
Zona Sup. Colo	1,594	-	-	-	-	4,11	2,58	
Pescoço inferior	1,376	-	-	-	-	3,73	2,71	
Wards	1,444	-	-	-	-	4,48	3,11	
Troc.	1,099	-	-	-	-	17,34	15,78	
Diáfise	1,626	-	-	-	-	24,46	15,05	
Total	1,375	-	-	-	-	49,64	36,11	

Parâmetros ósseos utilizados

Os principais parâmetros da DXA são a DMO (g/cm²), o CMO (g) e área da região (cm²). Além deles, alguns parâmetros têm sido utilizados como o *trabecular bone score* (TBS) que mede a quantidade de osso trabecular das vertebrae e os parâmetros estruturais da geometria e força do quadril [a área da seção transversal (CSA, mm²), a área transversal no momento da inércia (CSMI, mm⁴), o módulo de seção (Z, mm³), o ângulo do eixo do pescoço (NSA, graus) e a índice de força (IF)] que medem a rigidez e resistência dos minerais

ósseos, sendo capaz de prever a fratura osteoporótica. As definições de cada um desses parâmetros foram descritas abaixo (Quadro 2).

Quadro 2 – Definição de termos referente aos parâmetros ósseos investigados por DXA

Parâmetros ósseos	Definição
TBS	Índice indireto da microarquitetura trabecular das vértebras lombares derivada da DXA por meio do exame da coluna lombar, que fornece informações indiretas o risco de fraturas (MARTINEAU; LESLIE, 2017). O TBS é uma medida independente da DMO. É necessário <i>software</i> adicional para obter esse parâmetro.
CSA (mm²)	A área total da superfície do quadril excluindo a área de tecido mole e osso trabecular, sendo considerada um índice de resistência às forças axiais de compressão, tensão, torção e flexão (BECK et al., 2007; AL RASSY, 2017)
CSMI (mm⁴)	CSMI é a distribuição de massa mineral ao redor do centro do pescoço femoral (YOSHIKAWA et al., 1994).
Z (mm³)	É um indicador da força máxima de flexão em uma seção transversal (AL RASSY, 2017).
NSA (graus)	É a interseção entre o pescoço femoral e o eixo da diáfise femoral e pode ser um parâmetro eficaz para prever o risco de fratura do quadril (AL RASSY, 2017).
Índice de força	É um parâmetro da resistência do fêmur à fratura da força gerada durante uma queda no trocânter maior, calculado conforme idade, sexo, estatura e massa corporal (YOSHIKAWA et al., 1994).

Interpretação de resultados e novas aplicações

O uso clássico da DXA consiste na avaliação do estado metabólico do osso, por meio dos valores de conteúdo mineral ósseo, densidade mineral óssea, escore “T” e escore “Z” para região lombar, fêmur, antebraço e análise de corpo inteiro (Figura 6). O conteúdo mineral ósseo (CMO) é a medição em gramas da quantidade de minerais ósseos detectados no corpo inteiro ou em determinados segmentos do corpo, por exemplo, braços, pernas e coluna. A DMO mede a densidade de minérios existentes em área específica do osso, sendo quantificada

pela razão entre CMO e da área total, em que o CMO é medido em gramas e a área total em centímetros quadrados (cm²). Em modos práticos, o CMO representa o peso ósseo do indivíduo, enquanto a DMC representa o quão “forte” ou denso está o osso (AMERICAN BONE HEALTH, 2017).

O escore T é a diferença entre a DMO do avaliado e o valor médio de um **adulto jovem** da população de referência, dividido pelo desvio padrão de referência (DP). Um escore T de -2 significa que o avaliado é 2 DP abaixo de um **adulto jovem** da população de referência. Semelhante ao escore T, o escore Z realiza o mesmo cálculo, porém compara a DMO do avaliado com a DMO média da população **de mesma idade, sexo e cor da pele**. Assim, um Z-Score igual a -2 significa que o avaliado está 2 DP abaixo da população de referência.

Garantia da qualidade da medida: erro de precisão e protocolo utilizado

Atenção: Está e a última parte do capítulo e uma das mais importantes, pois todos os resultados que foram descritos anteriormente só terão validade se os passos a seguir forem cuidadosamente realizados. Por isso muita atenção na leitura deste tópico.

Com o passar dos anos os instrumentos de DXA evoluíram substancialmente, e por isso é uma referência na avaliação dos parâmetros ósseos para diagnóstico de osteoporose. Além do uso clínico a DXA tem sido utilizada para monitoramento de atletas, comparação entre os esportes, estudos de validação de outros métodos, controle do crescimento e desenvolvimento ósseo na infância e adolescência, e aplicação para desfechos clínicos relacionados a massa óssea que vão além da osteoporose, como hipertireoidismo e contexto de pessoas com HIV por exemplo. Por conta disso, novos estudos começaram a estudar as padronizações para a realização dos exames realizados por meio do DXA, com intuito de diminuir fontes de erros e criar a possibilidade de comparar os resultados dos parâmetros ósseos de forma universal (BAZZOCCHI et al., 2016; NANA et al., 2012, 2015, 2016).

Com esse intuito de diminuir os erros decorrentes da instalação, da aplicação do exame, da preparação dos avaliados, do uso de artefatos e da análise pós-exames a *Internacional Society for Clinical Densitometry* (ISCD) recomenda um passo a passo que deve ser seguido por todo operador de DXA, e que serve como critério para que as informações sejam confiáveis. A seguir o roteiro recomendado pela ISCD:

- **Calcular o erro de precisão**

O erro precisão deve ser calculado pois é a garantia matemática do instrumento e do operador reproduzirem resultados semelhantes (LEWIECKI et al., 2016). O erro de precisão é calculado após avaliações serias no DXA.

- **Utilizar o protocolo específico da ISCD para o erro de precisão**

Cada novo operador de DXA, após treinamento básico, deverá avaliar 15 pessoas três vezes, ou 30 pessoas duas vezes (avaliações seriais). Essas medidas devem ser realizadas em dias separados em no máximo uma semana. Todos os sujeitos devem estar padronizados conforme os procedimentos descritos no tópico “*Preparação e instruções pré-exame*” descrito neste capítulo de livro.

- **Anotar o erro de precisão**

O erro de precisão deve ser expresso em Raiz do Valor Quadrático Médio com Desvio Padrão (RVQM \pm DP) e pode ser calculado gratuitamente utilizando a “ferramenta de cálculo de precisão de densitometria óssea” (*bone densitometry precision calculating tool*) versão 2.1 disponibilizado pela ISCD por meio do link <https://www.iscd.org/resources/calculators/precision-calculator/>.

- **Calcular a Least Significant Change**

Além do RVQM \pm DP, para todo monitoramento dos parâmetros ósseos, ou seja, medidas repetidas de uma única pessoa, todos os operadores devem saber se a diferença entre a primeira e as demais medidas estão livres de erros de precisão não aceitáveis. Por isso, a *Least Significant Change* (LSC) deve ser calculada pois esta medida é um indicador calculado (2,77 x erro de precisão) para verificar se as mudanças biológicas esperadas nos parâmetros ósseos investigados são significativamente reais (a 95% de intervalo de confiança) ou se são derivadas de erros do operador (HIND et al., 2018)

- **Interpretação da LSC**

Os resultados da LSC devem ser utilizados da seguinte forma; se os valores forem acima do ponto de corte estabelecido como resultados de mudanças significativas então as mudanças nos parâmetros ósseos foram reais, ou seja, o resultado da intervenção, ou do medicamento, do exercício físico, por exemplo, foi eficaz. Adicionalmente, se os resultados forem abaixo do LSC, significa que as mudanças encontradas nos parâmetros ósseos são decorrentes de erros do operador, do instrumento ou do posicionamento do avaliado, sendo assim, nenhuma diferença que for encontrada entre as avaliações poderá ser considerada como real.

- **Padronização dos avaliados em mais de um fator biológico**

Além do que foi escrito no tópico “*Preparação e instruções pré-exame*” descrito neste capítulo de livro, outros fatores relacionados a variação biológica dos indivíduos devem ser padronizados, tais como: 1) não realizar de atividade física ou treino moderado ou vigoroso nas últimas 12 horas; 2) esvaziar a bexiga antes da realização do teste; 3) não ingerirem álcool a menos de 48 horas do teste; 4) não tomar medicamentos diuréticos a menos de sete dias do teste; 5) não estar no período menstrual (sexo feminino), caso isso acontecesse, o teste precisar ser agendado para outro momento.

Após todos esses passos forem cumpridos o avaliador poderá estar apto para a realização de exames no DXA, em que os resultados serão confiáveis. Para mais informações a respeito deste tema o site da ISDC poderá ser acessado em <https://www.iscd.org/>.

CONCLUSÃO

A partir da aplicação dessas definições a DXA, realiza a função clássica de diagnóstico e manejo de distúrbios ou doenças metabólicas do osso, como osteopenia e osteoporose. Contudo, atualmente a DXA tem sido utilizada em novas aplicações clínicas como a avaliação de fratura vertebral, quantidade de osso trabecular e detecção da calcificação da aorta abdominal (ANDREOLI, 2009). Para todas as medidas realizadas no DXA, o erro de precisão com protocolo específico e a LSC devem ser calculadas. Além disso, a variação biológica deve ser padronizada para mais de um fator.

REFERÊNCIAS

AL RASSY, N. et al. Bone Geometric Properties of the Femoral Neck in Underweight Eumenorrheic Women. *Journal of Clinical Densitometry*, 2017.

AMERICAN BONE HEALTH. Glossary – American Bone Health. Disponível em: <<https://americanbonehealth.org/glossary/>>. Acesso em: 16 jul. 2018.

ANDREOLI, A.; MASALA, S.; TARANTINO, U; GUGLIELMI, G. Body composition assessment by dual-energy X-ray absorptiometry (DXA). *Radiologia Médica*, v. 114, n. 2, p. 286-300, 2009.

BAZZOCCHI, A. et al. DXA: Technical aspects and application. *European Journal of Radiology*, v. 85, n. 8, p. 1481-1492, 2016.

BECK, T. J. Extending DXA beyond bone mineral density: understanding hip structure analysis. *Current osteoporosis reports*, v. 5, n. 2, p. 49-55, 2007.

CAMERON, J. R.; SORENSON, J. Measurement of bone mineral in vivo: an improved method. *Science*, v. 142, n. 3589, p. 230-232, 1963.

GE HEALTHCARE. Manual do operador enCORE: instruções de uso para densitômetro ósseo lunar prodigy dos modelos Prodigy/ Prodigyadvance/ Prodigy Pro/ Prodigy Primo. GE Medical Systems Lunar. Madison, Estados Unidos. 2011.

GOTFREDSEN, A. et al. Measurement of lean body mass and total body fat using dual photon absorptiometry. *Metabolism-Clinical and Experimental*, v. 35, n. 1, p. 88-93, 1986.

HEYMSFIELD, S. B. et al. Dual-photon absorptiometry: comparison of bone mineral and soft tissue mass measurements in vivo with established methods. *The American Journal of Clinical Nutrition*, v. 49, n. 6, p. 1283-1289, 1989.

HEYMSFIELD, S. Human Body Composition. *Human kinetics*, 2005.

HIND, K. et al. Interpretation of dual-energy X-ray Absorptiometry-Derived body composition change in athletes: a review and recommendations for best practice. *Journal of Clinical Densitometry*, v. 21, n. 3, p. 429-443, 2018.

LEWIECKI, E. M.; BINKLEY, N. DXA: 30 years and counting: Introduction to the 30th anniversary issue. *Bone*, v. 104, p. 1-3, 2017.

LEWIECKI, E. Michael et al. Best practices for dual-energy X-ray absorptiometry measurement and reporting: International Society for Clinical Densitometry Guidance. *Journal of Clinical Densitometry*, v. 19, n. 2, p. 127-140, 2016.

MARTINEAU, P.; LESLIE, W. D. Trabecular bone score (TBS): Method and applications. *Bone*, v. 104, p. 66-72, 2017.

MAZESS, R. B. et al. Total body bone mineral and lean body mass by dual-photon absorptiometry. *Calcified Tissue International*, v. 33, n. 1, p. 365-368, 1981.

MILLER, P. D. The history of bone densitometry. *Bone*, v. 104, p. 4-6, 2017.

NANA, A. et al. Importance of standardized DXA protocol for assessing physique changes in athletes. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, v. 26, n. 3, p. 259–267, 2016.

NANA, A. et al. Methodology review: using dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) for the assessment of body composition in athletes and active people. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, v. 25, n. 2, p. 198–215, 2015.

NANA, A. et al. Techniques for undertaking dual-energy X-ray absorptiometry whole-body scans to estimate body composition in tall and/or broad subjects. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, v. 22, n. 5, p. 313–322, 2012.

Precision Assessment & Calculator FAQs - International Society for Clinical Densitometry (ISCD), [2019]. Disponível em: <<https://www.iscd.org/resources/faqs/precision-assessment/>>. Acesso em: 22 jan. 2018

ROTHNEY, M. P. et al. Body composition measured by dual-energy X-ray absorptiometry half-body scans in obese adults. *Obesity*, v. 17, n. 6, p. 1281-1286, 2009.

TOOMBS, R. J. et al. The impact of recent technological advances on the trueness and precision of DXA to assess body composition. *Obesity*, v. 20, n. 1, p. 30-39, 2012.

WANG, J. et al. Body fat from body density: underwater weighing vs. dual-photon absorptiometry. *American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism*, v. 256, n. 6, p. E829-E834, 1989.

YOSHIKAWA, T. et al. Geometric structure of the femoral neck measured using dual-energy X-ray absorptiometry. *Journal of Bone and Mineral Research*, v. 9, n. 7, p. 1053-1064, 1994.

2.2 ARTIGO 1

Revisão sistemática sobre a densidade mineral óssea e conteúdo mineral ósseo em atletas universitários: aspectos metodológicos e comparação entre os esportes

Resumo

O conteúdo mineral ósseo (CMO) e a densidade mineral óssea (DMO) são os principais parâmetros ósseos avaliados pela absorciometria por dupla emissão de raio-X (DXA) e podem explicar as diferenças osteogênicas entre atletas universitários. Portanto, o objetivo desta revisão foi descrever aspectos metodológicos (parâmetros e regiões ósseas investigados, erro de precisão da medida e covariáveis) e comparar os resultados relacionados ao CMO e DMO mensurados por DXA entre atletas universitários. A busca sistemática foi realizada em setembro de 2018 nas bases PubMed, *Web of Science*, Scopus, *ScienceDirect*, EBSCOhost, *SportDiscus*, LILACS e SciELO. Dois revisores independentes realizaram busca, seleção, extração de dados e análise do risco de viés dos estudos originais que por meio do DXA compararam os resultados de CMO ou DMO entre pelo menos dois esportes em atletas universitários, totalizando 18 artigos. Destaca-se a DMO como parâmetro ósseo mais investigado, o corpo inteiro, coluna lombar e fêmur proximal como as regiões corporais mais estudadas. O coeficiente de variação como principal indicador para mensurar o erro de precisão e a massa corporal total, estatura, massa corporal magra, massa corporal gorda e idade como as covariáveis mais reportadas. Além disso, atletas de voleibol, ginástica, basquetebol, softbol e futebol de campo apresentaram maior CMO ou DMO comparados aos atletas de outras modalidades. Conclui-se que, entre atletas universitários existem esportes com maiores potenciais osteogênicos na CMO e no DMO quando comparado a outros esportes e que aspectos relacionados à composição corporal e ao crescimento físico são importantes covariáveis.

Palavras-chave: absorciometria de fóton. massa óssea. remodelação óssea. esportes; performance atlética. ciências nutricionais esportivas. faculdade. universidade.

INTRODUÇÃO

O osso é tecido vivo com funções vitais como armazenamento estrutural e mineral (Schtscherbyna; Ribeiro; Fleiuss, 2019). A saúde óssea é influenciada pela hereditariedade, prática regular de atividades físicas, aspectos nutricionais (especialmente relacionados ao cálcio e vitamina D) e a composição corporal (Gordon et al., 2017). Dois macros indicadores de saúde óssea são o conteúdo mineral ósseo (CMO) e a densidade mineral óssea (DMO) (American Bone Health, 2018). O CMO é a medição da quantidade de minerais ósseos detectados no corpo inteiro e em segmentos corporais (American Bone Health, 2018). A DMO mede a densidade de minérios existentes em área específica do osso, sendo quantificada pela divisão entre o CMO e a área total do osso (American Bone Health, 2018).

No contexto esportivo, devido às particularidades do esporte de rendimento, como a carga e o volume de treinamento, os atletas podem apresentar modificações no CMO e DMO (Sarkis et al., 2012). As respostas adaptativas que impactam diretamente nos parâmetros ósseos variam de acordo com a magnitude, velocidade e frequência da carga da atividade (Dolan et al., 2006; Sarkis et al., 2012). Atividades com impacto (cargas gravitacionais), como saltos, corrida, subir escadas, e de menor impacto ou com ênfase nas forças musculares (carga tensional dos músculos), como caminhada, natação e musculação são importantes para a regulação do CMO e DMO (Dolan et al., 2006; Goolsby; Boniquit, 2017; Turner; Robling, 2003). Assim, dependendo do esporte praticado, o atleta pode apresentar diferentes adaptações no CMO e no DMO. Revisão sistemática com meta-análise comparou atletas profissionais de natação com atletas de diferentes esportes (voleibol, futebol, ginástica, atletismo, judô e triátlon) e identificou que os atletas de natação apresentaram valores mais baixos de DMO em comparação aos atletas de outros esportes com maior impacto (Gomez-Bruton et al., 2018). No entanto, não foi objetivo desta revisão comparar o CMO e DMO entre as demais modalidades investigadas. Além disso, não foram encontradas outras revisões sistemáticas que objetivaram comparar atletas de diferentes esportes com distintos tipos de impacto no CMO e na DMO.

Além dos fatores relacionados aos esportes, os aspectos relacionados a composição corporal mostraram influenciar o CMO e a DMO, como a gordura corporal que esteve diretamente relacionada a maiores (Kosar, 2016) ou menores valores (Singhal et al., 2015) de CMO e DMO. A massa livre de gordura, por sua vez, apresentou relação direta com o CMO e DMO em atletas (Kosar, 2016). Portanto, diferentes fatores podem impactar no CMO e DMO,

e assim, se faz necessário considerar estes fatores ao analisar o impacto do esporte nos parâmetros ósseos. No entanto, não há único direcionamento dos resultados encontrados na literatura, o que remete a necessidade de compilação das informações a respeito da temática. Além da falta de direcionamento dos resultados encontrados, a literatura também não apresenta informações sistemáticas sobre o controle de qualidade (i.e., erro de precisão) das mensurações do DXA em atletas, o que limita as inferências dos resultados (Hind et al., 2018; Nana et al., 2012, 2015, 2016). Ainda, o atleta universitário geralmente tem menor cobrança, menor volume de treinamento, participa de número menor de competições em comparação ao atleta profissional (Platen et al., 2001). Por outro lado, o atleta universitário se diferencia do praticante eventual, pois tem carga de treinamento semanal regular e apresenta maior rendimento esportivo (Minett et al., 2017). Assim, os atletas universitários podem apresentar diferenças no CMO e DMO se comparados a atletas profissionais e/ou se comparados a praticantes eventuais.

Desta forma, o objetivo desta revisão foi descrever os aspectos metodológicos (parâmetros e regiões ósseas investigadas, erro de precisão da medida e covariáveis) e comparar os resultados relacionados ao CMO e DMO mensurado pela absorciometria por dupla emissão de raio-X (DXA) entre atletas universitários.

MÉTODO

Registros

O protocolo desta revisão sistemática foi registrado no banco de dados de revisões sistemáticas “*International Prospective Register of Systematic Reviews*” (PROSPERO), com número de registro CRD42018083113, e pode ser acessado em <https://www.crd.york.ac.uk/prospero/>. O relato desta revisão está em concordância com o *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews* (PRISMA) (Moher et al., 2010).

Fontes de informação

A busca sistemática foi realizada até o dia oito de setembro de 2018 em oito bases de dados: 1) *Medical Literature Analysis and Retrieval System Online* (MEDLINE), por meio do PubMed; 2) *Web of Science* (coleção principal); 3) Scopus; 4) *ScienceDirect*; 5) MEDLINE, por meio da plataforma EBSCOhost; 6) *SportDiscus*, por meio da plataforma EBSCOhost; 7) Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS),

por meio da biblioteca virtual em saúde (BVS) e 8) *Scientific Eletronic Library Online* (SciELO), por meio da plataforma Web of Science.

Estratégia de busca, descritores e palavras-chave

A busca dos artigos nas bases de dados foi realizada mediante utilização da ferramenta de pesquisa avançada, a partir da construção de grupos de descritores e palavras-chave relacionadas a temática. A seleção dos descritores foi realizada a partir da consulta às plataformas *Medical Subject Headings* (MeSH). Também foram selecionadas palavras-chave por meio de consenso em fontes publicadas (artigos originais e de revisão sistemática). A depender da base de dados, as palavras-chave e descritores foram inseridas na língua portuguesa e inglesa.

O primeiro grupo (desfecho) foi composto por termos referentes à massa óssea: “densidade óssea”; “conteúdo mineral ósseo”; “densidade mineral óssea”; “massa óssea”; “saúde óssea”. O segundo grupo foi composto por termos relacionados ao instrumento alvo para a análise da massa óssea (DXA): “absorciometria, fóton”; DXA; DEXA; “absorciometria de raio-X de dupla energia”; “absorciômetro de raio-X de dupla energia”. E o terceiro grupo composto por termos referentes à população-alvo desta revisão (atletas universitários): atletas; jogadores; colegiados; “atletas universitários”; “jogadores universitários”; “jogadores da faculdade”; “atletas da faculdade”; “jogadores do time universitário”; “atletas do time universitário”; “atletas colegiados”; “jogadores colegiados”. A descrição da estratégia completa de busca de artigos nas bases eletrônicas está descrita na Tabela suplementar 1.

O operador booleano “OR” foi usado para adicionar na pesquisa avançada ao menos uma palavra-chave ou descritor de cada grupo e o operador “AND” para relacionar os grupos de palavras-chaves/descriptores entre si. Além disso, as aspas foram utilizadas para buscar as palavras compostas na íntegra. A definição dos termos e testes nas bases de dados foi realizada por dois pesquisadores (MSM e PCM) de forma independente.

Crítérios de elegibilidade

Os seguintes critérios de inclusão foram utilizados: a) artigos originais (transversais, coortes, longitudinais, intervenções e casos-controles); b) artigos que contenham resultados referentes à massa óssea (DMO e CMO), como desfecho primário ou secundário, relacionados a qualquer esporte ou modalidade esportiva e/ou ao treinamento esportivo em atletas universitários; c) estudos que realizaram comparações da DMO e/ou do CMO entre

esportes ou modalidades esportivas; d) estudos que utilizaram DXA para a medição da DMO e CMO em qualquer região corporal; e) envolver amostras de atletas universitários na faixa etária dos 18 aos 35 anos (e/ou média da idade incluída nesse intervalo); f) todos os estudos publicados até setembro de 2018.

Esse trabalho teve os seguintes critérios de exclusão: a) artigos de revisão narrativa e sistemática (com e sem meta-análise), teses, dissertações, resumos publicados em anais de congresso científico, artigos de opinião; b) estudos com atletas fora da faixa etária estabelecida; c) estudos com atletas de elite, amadores, profissionais e recreacionais; d) estudos que utilizaram outras técnicas que não a DXA para estimar a DMO e o CMO; d) artigos que realizaram comparações entre atletas versus não-atletas; e) artigos com acesso restrito pela revista e que não foi obtida resposta dos autores, via correio eletrônico e redes sociais (*research gate*), após duas solicitações.

Seleção dos estudos

Dois revisores examinaram de forma independente cada base de dados (MSM e PCM) para obter os artigos em potencial e, após extração dos artigos nas bases de dados, foi aplicado a exclusão dos artigos duplicados e, em seguida, a leitura e exclusão de artigos por leitura de títulos e resumos. Em seguida, os textos completos dos artigos selecionados foram lidos na íntegra para determinar quais estudos seriam selecionados. Ainda, procedeu-se com a leitura dos artigos nas referências dos estudos selecionados após leitura na íntegra, com o intuito de selecionar algum possível estudo elegível para esta revisão, que não foi identificado na busca sistemática nas bases de dados. As discordâncias entre os dois revisores foram resolvidas por consenso. A opinião de um terceiro revisor (DASS) foi consultada para discordâncias não resolvidas.

O gerenciador bibliográfico Zotero® versão 5.0 ([Roy Rosenzweig Center for History and New Media](#), Fairfax, Virginia, EUA), foi utilizado para a criação de bibliotecas específicas, o que possibilitou a identificação e exclusão dos estudos duplicados, divisão e organização dos resultados de cada banco de dados.

Extração de dados

A extração de dados foi realizada em planilha eletrônica e inserida em tabelas agrupadas em duas categorias: (a) características descritivas dos estudos – autor e ano de publicação, local do estudo, sexo, esportes, modalidades praticadas ou tipo de estratificação,

faixa etária, seleção dos participantes, grupo comparador e tempo para o efeito (em estudos longitudinais); (b) síntese e resultados relacionados a massa óssea – modelo do DXA (fabricante, estado, país) e software utilizado, parâmetros ósseos investigados (CMO ou DMO), varredura ou tipo de exame realizado (*scan*) e regiões corporais reportadas, erro de precisão e protocolo reportado no estudo para o DXA, testes estatísticos e variáveis de ajuste, preditoras ou covariáveis e resultados do grupo comparador e das variáveis de ajuste, preditoras ou covariáveis. A extração de dados foi realizada por dois pesquisadores de forma independente (MSM e PCM).

Risco de Viés

A avaliação do risco de viés/qualidade metodológica dos estudos inseridos foi realizada por dois pesquisadores de maneira independente (MSM e PCM). Em caso de discordância foi solicitada à opinião de um terceiro pesquisador (DASS). Para avaliação do risco de viés foi utilizada a ferramenta *Quality Assessment Tool for Observational Cohort and Cross-Sectional Studies*, proposta pelo *National Heart, Lung and Blood Institute* (NIH) (National Heart, Lung, And Blood Institute, 2019). Os critérios da ferramenta incluem questionamentos que auxiliam na identificação de possível risco de viés quanto ao problema de pesquisa, população estudada, grupos recrutados, critérios de elegibilidade, tamanho da amostra, exposição avaliada, tempo em relação ao efeito esperado, níveis de exposição de interesse, medidas de exposição e avaliação, medidas de resultado, cegueira na avaliação dos resultados, taxa de acompanhamento e análise estatística (National Heart, Lung, And Blood Institute, 2019).

A cada critério avaliado, se atribuiu “sim”, “não”, “não se pode determinar”, “não aplicável” ou “não reportado”. Com base na quantidade de respostas positivas foi calculado o escore final por meio da divisão entre o número de respostas “sim” e o total de critérios da ferramenta. Nesse cálculo, o critério com a resposta “não se pode determinar” ou “não reportado” contaram negativamente e o critério com resposta “não aplicável” foram excluídas do cálculo para determinar o escore final do risco de viés dos estudos. O estudo foi classificado em baixo risco de viés (escore final $\geq 0,70$), moderado risco de viés (escore final $< 0,70$) ou elevado risco de viés (escore final $< 0,50$) (Kent et al., 2017).

RESULTADOS

O total de 2.041 registros (100%), já excluindo os duplicados, foi identificado no procedimento de busca sistemática nas oito bases de dados. Após leitura dos títulos e resumos, 74 artigos (3,63%) foram avaliados por leitura do texto completo. Destes, 57 artigos foram excluídos por não atenderem aos critérios de elegibilidade, totalizando 17 artigos (0,83%). Ainda, um artigo foi adicionado após leitura das referências, o que resultou em 18 artigos incluídos na revisão (Figura 1).

***** FIGURA 1 *****

Local do estudo e sexo dos participantes

Dos 18 artigos incluídos na revisão, 17 foram realizados nos Estados Unidos da América (EUA) e um estudo foi conduzido no Japão. Em relação ao sexo, 14 artigos se propuseram a estudar a DMO e/ou CMO de atletas somente do sexo feminino, um estudo somente com atletas do sexo masculino e três estudos com atletas de ambos os sexos (Tabela 1).

Esportes, modalidades ou tipo de estratificação

Nos estudos transversais, o atletismo (sem distinção de modalidade ou categoria de modalidade), a ginástica e a natação foram os mais investigados, cada esporte foi reportado em cinco estudos. Ao todo, 13 esportes foram investigados em estudos transversais, em que oito eram esportes individuais e cinco esportes coletivos. Nos estudos com delineamento longitudinal, a natação, o basquetebol e o atletismo foram os esportes mais investigados (quatro artigos para cada esporte), sendo que no total, oito esportes foram investigados em estudos longitudinais, em que três eram esportes individuais e cinco coletivos. Nos estudos mistos, o atletismo também foi o esporte mais investigado (dois estudos). Ao todo, cinco esportes foram investigados nos estudos mistos em que dois eram esportes individuais e dois coletivos. Os demais esportes ou categorias esportivas investigadas podem ser consultadas na Tabela 1.

Seleção da amostra e grupo comparador

Todos os estudos realizaram a seleção da amostra de forma intencional. O grupo comparador de todos os estudos foram os esportes investigados. Adicionalmente, nos artigos

com delineamento transversal, apenas um artigo comparou os esportes utilizando estratificação específica de esporte (físico magro vs. físico não magro) (Tabela 1).

***** TABELA 1 *****

Modelo do DXA e parâmetros ósseos investigados

A maioria dos estudos reportou utilizar os modelos de DXA da Lunar® (Massachusetts, EUA) (nove artigos) e da Hologic® (Wisconsin, EUA) (oito artigos). Também, um artigo reportou utilizar o modelo da Norland® (Wisconsin, EUA) (Tabela 2).

Treze artigos (oito transversais e cinco longitudinais) avaliaram somente a DMO, um artigo (delineamento misto) avaliou somente o CMO e, quatro artigos (um transversal, dois longitudinais e um misto) avaliaram a DMO e o CMO conjuntamente (Tabela 2).

Varredura (tipo de exame) e regiões corporais

Com 15 artigos (sete transversais, seis longitudinais e dois mistos), a varredura de corpo inteiro foi a mais utilizada. Ainda, a varredura da coluna lombar anteroposterior foi reportada em 10 artigos (cinco transversais e cinco longitudinais), a varredura do fêmur proximal em 10 artigos (cinco transversais e cinco longitudinais) e a varredura de antebraço em três artigos (dois artigos transversais e um longitudinal). Além disso, um artigo (transversal) reportou a varredura da coluna anteroposterior e um artigo (transversal) reportou a varredura de coluna lateral (Tabela 2). Na Figura 2 encontra-se a quantidade de artigos que investigou as regiões corporais em cada um dos tipos de varredura descritas.

***** FIGURA 2 *****

Erro de precisão e protocolo utilizado

Dos estudos com delineamento transversal, sete artigos expressaram o erro de precisão por coeficiente de variação em percentual (%CV) e dois artigos não reportaram o erro de precisão. Nos estudos longitudinais, três artigos expressaram por meio %CV e quatro artigos não reportaram o erro de precisão. Nos estudos com delineamento misto, um artigo expressou em %CV e um artigo não reportou o erro de precisão (Tabela 2).

Em relação ao protocolo de precisão, somente 10 artigos (cinco transversais, quatro longitudinais e um misto) reportaram o protocolo utilizado. Desses artigos, nenhum deles utilizou o protocolo de precisão recomendado pela *Internacional Society for Clinical Densitometry* (ISCD).

Testes estatísticos e variáveis de ajuste, preditoras ou covariáveis

Em relação aos testes estatísticos empregados, 12 artigos (sete transversais, quatro longitudinais e um misto) empregaram análises que permitiam ajuste por covariáveis e/ou variáveis preditoras (análise de covariância e regressão linear). Os demais artigos utilizaram análises bivariadas. Ao todo, foram reportadas 24 variáveis de ajuste, preditoras ou covariáveis relacionadas a DMO e/ou CMO em atletas universitários, sendo que a massa corporal total foi a covariável mais investigada (em oito artigos, sendo cinco transversais, dois longitudinais e um misto) (Tabela 2, Tabela suplementar 2). As demais variáveis de ajuste estão sumarizadas na Tabela suplementar 2.

Comparação da DMO e/ou CMO entre os esportes nos estudos transversais (Tabela 2)

- Voleibol - maior DMO e/ou CMO que atletas de ginástica (dois artigos) (Fehling et al., 1995; Nichols et al., 1995), natação (um artigo) (Fehling et al., 1995), basquetebol (um artigo) (Nichols et al., 1995) e tênis em quadra (um artigo) (Nichols et al., 1995);
- Ginástica - maior DMO e/ou CMO que atletas de voleibol (um artigo) (Fehling et al., 1995), natação (três artigos) (Fehling et al., 1995; Mudd; Fornetti; Pivarnik, 2007; Taaffe et al., 1995), basquetebol (um artigo) (Nichols et al., 1995), tênis em quadra (um artigo) (Nichols et al., 1995) e atletismo (corrida de longa distância) (um artigo) (Mudd; Fornetti; Pivarnik, 2007);
- Basquetebol – maior DMO e/ou CMO que atletas de ginástica (um artigo) (Nichols et al., 1995), tênis em quadra (um artigo) (Nichols et al., 1995) e voleibol (um artigo) (Nichols et al., 1995);
- Tênis em quadra - maior DMO e/ou CMO que atletas de ginástica (um artigo) (Nichols et al., 1995);
- Judô - maior DMO e/ou CMO que atletismo (corrida de longa distância) (um artigo) (Matsumoto et al., 1997) e natação (um artigo) (Matsumoto et al., 1997);
- *Softbol* - maior DMO e/ou CMO que atletas de natação (dois artigos) e atletismo (corrida de longa distância) (um artigo) (Mudd; Fornetti; Pivarnik, 2007);
- Atletismo (corrida de velocidade) - maior DMO e/ou CMO que atletas de natação (um artigo) (Mudd; Fornetti; Pivarnik, 2007);

- Hóquei em campo - maior DMO e/ou CMO que atletas de natação (um artigo) (Mudd; Fornetti; Pivarnik, 2007) e atletismo (corrida de longa distância) (um artigo) (Mudd; Fornetti; Pivarnik, 2007);
- Futebol de campo - maior DMO e/ou CMO que atletas de natação (um artigo) (Mudd; Fornetti; Pivarnik, 2007);
- Lutadores (*westlers*) - maior DMO e/ou CMO que atletas de atletismo (corrida de longa distância) (um artigo) (Ackerman et al., 2012) e golfe (um artigo) (Ackerman et al., 2012).

Além dessas comparações, os esportes sem ênfase no físico magro apresentaram maior DMO e/ou CMO que atletas de esportes com ênfase no físico magro. Ainda, dois estudos não encontraram diferença significativa na comparação entre os esportes (Tabela 2).

Comparação da DMO e/ou CMO entre os esportes nos estudos longitudinais (Tabela 2)

- Voleibol - maior DMO e/ou CMO que atletas de futebol de campo (um artigo) (Lee et al., 1995) e natação (dois artigos) (Carbuhn et al., 2010; Lee et al., 1995);
- Basquetebol – maior DMO e/ou CMO que atletas de natação (dois artigos) (Carbuhn et al., 2010; Lee et al., 1995) e *softbol* (dois artigos) (Carbuhn et al., 2010; Nepocatyck; Balilionis; O’neal, 2017);
- Futebol de campo - maior DMO e/ou CMO que atletas de natação (um artigo) (Lee et al., 1995), hóquei em campo (um artigo) (Scerpella et al., 2018) e basquetebol (um artigo) (Scerpella et al., 2018);
- Natação - maior DMO e/ou CMO que atletas do atletismo (corrida de longa distância) (um artigo) (Rourke et al., 1998);
- Ginástica - maior DMO e/ou CMO que atletas de atletismo (corrida de meia e longa distância) (dois artigos) (Bemben et al., 2004; Taaffe et al., 1997) e de natação (dois artigos) (Carbuhn et al., 2010; Taaffe et al., 1997);
- *Softbol* - maior DMO e/ou CMO que atletas de natação (um artigo) (Carbuhn et al., 2010);
- Atletismo (saltos e velocistas) - maior DMO e/ou CMO que atletas de natação (um artigo) (Carbuhn et al., 2010).

Comparação da DMO e/ou CMO entre os esportes nos estudos mistos (Tabela 2)

- Basquetebol – maior DMO e/ou CMO que atletas de futebol de campo (um artigo) (Stanforth et al., 2016), natação (um artigo) (Stanforth et al., 2016), atletismo (velocistas e saltadores) (um artigo) (Stanforth et al., 2016) e voleibol (um artigo) (Stanforth et al., 2016);
- Futebol de campo - maior DMO e/ou CMO que atletas de natação (um artigo) (Stanforth et al., 2016);
- Atletismo - velocistas e saltadores com maior DMO e/ou CMO que atletas de natação (um artigo) (Hirsch et al., 2016). Entre as modalidades do atletismo, arremessadores (peso, disco e martelo) com maior DMO e/ou CMO que velocistas, saltadores (distância, triplo e em altura) e atletas de salto com vara/lançamento de dardo (um artigo) (Hirsch et al., 2016). Também, atletas de provas combinadas com maior DMO e/ou CMO que velocistas e atletas de salto com vara/lançamento de dardo (um artigo) (Hirsch et al., 2016);
- Voleibol - maior DMO e/ou CMO que atletas de natação (um artigo) (Stanforth et al., 2016).

***** TABELA 2 *****

Risco de viés

Em relação ao risco de viés, ao considerar a classificação geral de todos os tipos de estudos incluídos (18 artigos) verificou-se que um estudo apresentou baixo risco de viés (longitudinal), 16 estudos apresentaram moderado risco de viés (oito transversais, seis longitudinais e dois de estudos mistos) e um estudo com delineamento transversal apresentou elevado risco de viés (Tabela 3).

***** TABELA 3 *****

DISCUSSÃO

Os principais resultados dessa revisão foram extraídos de 18 artigos, sendo a maior parte estudos transversais. Com base nesse conjunto de artigos, destaca-se: 1) a DMO como parâmetro ósseo mais investigado; 2) o corpo inteiro, a coluna lombar anteroposterior e o fêmur proximal total como as regiões corporais mais estudadas; 3) o coeficiente de variação como principal indicador para mensurar o erro de precisão; 4) a massa corporal total, a estatura, a massa corporal magra, a massa corporal gorda e a idade foram as variáveis de ajuste, preditoras ou covariáveis mais reportadas; 5) os atletas universitários dos esportes com

maior impacto mecânico como voleibol, ginástica, basquetebol, *softbol* e futebol de campo apresentaram maior DMO e/ou CMO comparados aos de outras modalidades.

Os artigos inseridos nesta revisão utilizaram os densitômetros, predominantemente, das marcas Lunar e Hologic. Em pesquisas clínicas, esses dois densitômetros são os mais reportados e, são considerados os maiores fabricantes de DXA devido a constante inovação de *softwares* capazes de produzirem imagens de alta resolução, com baixas doses de radiação aos avaliados e tempo de aquisição rápida do teste (Bazzocchi et al., 2016). Entretanto, ressalta-se que, apesar desses diferentes modelos de DXA apresentarem diferenças aceitáveis nos valores de DMO e CMO entre si (Tothill et al., 1993), é necessário cautela na intercambiabilidade de resultados de diferentes instrumentos, pois para cada modelo existem métodos diferentes de derivar os dois feixes de energia, diferentes técnicas de calibração e diferentes maneiras de analisar as varreduras para selecionar regiões de interesse (ROI), o que pode superestimar ou subestimar os parâmetros ósseos (Tothill et al., 1993).

Em relação aos parâmetros ósseos analisados por DXA, a DMO e o CMO foram os únicos parâmetros reportados, sendo a DMO investigada em quase todos os estudos. De fato, estes são os parâmetros ósseos mais utilizados em atletas, pois expressam a composição (peso e densidade) dos minerais ósseos (Bazzocchi et al., 2016). Entretanto, mesmo não sendo objetivo primário deste estudo, análises adicionais nos estudos identificaram que nenhum artigo desta revisão se propôs a investigar outros parâmetros ósseos relacionados à rigidez e resistência óssea que também são avaliados por DXA, e que conforme a literatura (Zymbal et al., 2017), podem também explicar as diferenças osteogênicas entre tipos de esportes, como por exemplo, os parâmetros de geometria e força do quadril (Beck, 2007; Yoshikawa et al., 1994). Investigar outros parâmetros ósseos em atletas pode trazer novos insights sobre a qualidade óssea desse grupo.

A presente revisão revelou que as regiões corporais mais investigadas em atletas universitários foram a DMO e/ou CMO total do corpo, da coluna lombar anteroposterior e do fêmur proximal total. A *Internacional Society for Clinical Densitometry* (ISCD), recomenda que exames para essas três regiões corporais sejam realizados (Shepherd et al., 2015). No exame de corpo inteiro, os resultados dos parâmetros ósseos totais do corpo e das sub-regiões como braços, pernas e tronco podem ser utilizados no intuito de comparar o impacto do esporte. Adicionalmente, a coluna lombar anteroposterior e o fêmur proximal total são regiões mais sensíveis aos efeitos da prática regular de esportes, pois, as vértebras e a região do colo

do fêmur têm maiores concentrações de osso trabecular, que é responsável por fornecer modificações por trocas metabólicas no processo de osteogênese (Clarke, 2008). Adicionalmente, se faz necessário investigar a DMO e CMO dessas regiões corporais de forma seriada para quantificar os efeitos anuais de treinamento, destreinamento e maturação física na composição óssea de atletas (Clarke, 2008). Por essa razão, que os estudos com atletas universitários deverão ir além do que somente as estimativas de DMO e/ou CMO de corpo total.

Em relação ao erro de precisão, os principais resultados encontrados foram que 11 artigos (sete transversais, três longitudinais e um de outros tipos de estudo) utilizaram o %CV e sete artigos (dois transversais, quatro longitudinais e um artigo de outros tipos de estudo) não reportaram o erro de precisão. A ISCD (International Society For Clinical Densitometry, 2019; Shepherd et al., 2015) recomenda que o erro de precisão seja calculado, pois é a garantia matemática da capacidade do instrumento e do operador reproduzir resultados semelhantes (International Society For Clinical Densitometry, 2019; Lewiecki et al., 2016). Por esse motivo, é uma fragilidade identificada por meio desta revisão, o elevado número de artigos (aproximadamente 39%) que não reportaram o erro de precisão, pois as alterações identificadas nos estudos podem ser variações decorrentes de erro do operador ou do instrumento (International Society For Clinical Densitometry, 2019; Nana et al., 2012, 2015) recomenda que, por estudo, mensurações seriais na DMO e CMO sejam realizadas no intuito de determinar a *Least Significant Change* (LSC). A LSC é um indicador calculado ($2,77 \times$ erro de precisão) para verificar se as mudanças biológicas esperadas nos parâmetros ósseos investigados são significativamente reais (a 95% de intervalo de confiança) ou se são derivadas de erros do operador (Hind et al., 2018). Se a mudança é igual ou excede o LSC, então isso pode ser considerado como uma mudança biológica genuína, enquanto se a mudança está abaixo do LSC é assumido como não significativo (Bazzocchi et al., 2016; Hind et al., 2018).

Além disso, a ISCD (International Society For Clinical Densitometry, 2019; Shepherd et al., 2015) recomenda que o valor do erro de precisão seja expresso como raiz do valor quadrático médio com desvio padrão (RVQM \pm SD) em termos absolutos e na mesma unidade de medida da DMO (g/cm^2) ou CMO (g). Entretanto por vezes, como no caso dos artigos inseridos na presente revisão (aproximadamente 61%), o erro é expresso como CV ou %CV, mas isto é menos desejável devido à variação destes valores ao longo de um intervalo

de medições da DMO, o que impacta em maior LSC e, conseqüentemente, em maior erro de precisão de medida (Frimeth; Galiano; Webster, 2010; International Society For Clinical Densitometry, 2019). Ademais, nenhum artigo desta revisão reportou a LSC do estudo.

Os artigos desta revisão apresentaram heterogeneidade quanto aos protocolos utilizados para o cálculo do erro de precisão, em que nenhum estudo atendeu as recomendações padronizadas pela ISCD (Hind et al., 2018; International Society For Clinical Densitometry, 2019), que são: medir 15 pessoas por três vezes ou 30 pacientes em duas vezes, em dias consecutivos e reposicionando o paciente após cada medição (International Society For Clinical Densitometry, 2019; Zemski et al., 2019). Possível justificativa para esse resultado concerne no fato da recomendação da ISCD ser publicada no ano de 2013, justamente devido à falta de protocolos padronizados que permitissem a comparação entre os estudos e minimizassem os erros de precisão (Hind et al., 2018; Shepherd et al., 2015; Zemski et al., 2019). Em contrapartida, da mesma forma ao analisar os protocolos utilizados de todos os artigos inseridos nesta revisão e publicados a partir de 2013 (quatro artigos) observou-se que três artigos não reportaram o protocolo utilizado e um artigo não atendeu as recomendações. Portanto, é importante que os estudos que busquem investigar os parâmetros ósseos em atletas universitários utilizem as recomendações da ISCD para os protocolos de precisão, pois as medidas repetidas em dias consecutivos consideram os erros técnicos do operador e também a variação biológica do avaliado, o que torna os dados de comparação da DMO e CMO entre os atletas universitários mais precisos e confiáveis (Hind et al., 2018; Zemski et al., 2019).

No que diz respeito às variáveis de ajuste, preditoras e covariáveis, estas foram sumarizadas em blocos de variáveis sociodemográficas, da composição corporal, de crescimento físico, dos aspectos endócrinos, da aptidão física, do treinamento esportivo e dos aspectos ginecológicos (somente para o sexo feminino). O bloco da composição corporal foi o mais investigado, sendo a massa corporal total a variável mais relatada nos artigos, seguido da estatura, da massa corporal magra e da massa corporal gorda. Além disso, a idade foi reportada em quatro estudos (Nichols et al., 1995; Scerpella et al., 2018; Taaffe et al., 1995).

A massa corporal total está diretamente associada com os parâmetros de DMO e CMO (Sarkis et al., 2012), entretanto é necessário cautela, pois por meio da avaliação desta variável de forma isolada não é possível identificar e quantificar distribuição dos demais componentes da composição corporal, como massa corporal gorda, massa corporal magra e

massa isenta de gordura e osso que também estão diretamente associados ao processo de formação óssea (Goolsby; Boniquit, 2017; Kosar, 2016; Singhal et al., 2015). Em atletas, o aumento da massa corporal magra em relação à massa corporal gorda proporciona maior carga mecânica, estimulando assim a formação óssea (Goolsby; Boniquit, 2017; Sarkis et al., 2012). A massa corporal gorda aumenta os níveis séricos de leptina e regula o desenvolvimento dos osteoclastos (células de remodelação e absorção óssea), contribuindo para a formação óssea (Sarkis et al., 2012). É importante ressaltar que a massa corporal gorda contribui de forma menos importante do que a massa corporal magra, uma vez que é frequentemente associada a outros distúrbios metabólicos, como diabetes, doenças cardiovasculares e algumas neoplasias (Goolsby; Boniquit, 2017; Sarkis et al., 2012). Portanto, essas variáveis podem interferir na interpretação do impacto do esporte universitário nos parâmetros ósseos.

Além dessas variáveis, a estatura é uma variável que influencia diretamente o CMO, portanto, atletas mais altos podem apresentar equivocadamente maior CMO quando comparado a atletas mais baixos, por isso é recomendado que o CMO seja corrigido alometricamente pela estatura em atletas (Nevill et al., 2002). Ainda, a idade é importante, pois, aproximadamente, 90% do pico de massa óssea é adquirido até os 18 anos (Whiting et al., 2004), entretanto, o pico máximo da massa óssea só é adquirido na terceira década de vida, o que justifica o controle da interferência dessa variável na DMO e CMO de atletas universitários.

Na comparação entre os diferentes tipos de esportes, atletas universitários que praticavam voleibol, ginástica, basquetebol, futebol de campo e esportes de luta apresentaram maiores valores de DMO e CMO que atletas de natação, corrida de longa distância, *softbol*, hóquei em grama, tênis em quadra e golfe. Ao comparar todos os esportes, o voleibol, o basquetebol e a ginástica, destacam-se como os esportes com maior potencial osteogênico entre os atletas universitários.

As diferenças nos parâmetros ósseos entre os esportes variam de acordo com a magnitude, velocidade e frequência da carga (Beck, 2007; Dolan et al., 2006). Os tipos de carga mecânica dos ossos longos incluem as cargas axiais (de compressão e tensão), a torção e a flexão (Zymbal et al., 2017). Os esportes com maior carga gravitacional (voleibol, basquetebol e ginástica) utilizam todos os tipos de carga mecânica acima mencionada, o que potencializa a formação óssea e resulta em maior incremento da DMO e CMO quando

comparados a esportes com predomínio de carga tensional dos músculos (corrida de longa distância, hóquei em grama e tênis em quadra) (Zymbal et al., 2017), o que explica a diferença entre os esportes.

Similar ao equivalente metabólico (MET), especialistas das áreas de biomecânica, fisiologia do exercício e bioengenharia classificaram o impacto mecânico de 36 atividades (incluindo esportes) com relação às cargas aplicadas ao esqueleto e, a partir disso desenvolveram uma unidade de medida de carga óssea, denominado *Bone Loading Units* (BLU), em que quanto maior a BLU maior a carga mecânica da atividade nos parâmetros ósseos (Dolan et al., 2006). Resultados semelhantes ao da presente revisão, foram identificados ao comparar os esportes acima mencionados e a lista de BLU por esporte proposta por Dolan et al. (2006), em que organizando em ordem decrescente, os esportes com maior carga óssea foram a ginástica, o voleibol e basquetebol, seguido do *softbol*, tênis de quadra, futebol de campo, corrida de longa distância, esportes de lutas, hóquei em grama, golfe e, por último, a natação. Portanto, a partir desta revisão evidencia-se que os distintos esportes no contexto universitários exercem diferentes tipos de influência na DMO e CMO.

Ainda, é importante destacar que o risco de viés da maioria dos estudos inseridos na presente revisão, foi classificado como moderado ou baixo risco de viés e apenas um artigo apresentou elevado risco de viés, o que garante qualidade metodológica aceitável para as interpretações dos artigos desta revisão, no que diz respeito à comparação de parâmetros ósseos em atletas universitários. Contudo, o item que os artigos com moderado risco de viés mais precisam desenvolver é o controle de possíveis variáveis de confusão, realizando o ajuste de variáveis que interferem nos parâmetros ósseos.

A heterogeneidade de estudos na presente revisão pode ser considerada limitação desse estudo, pois podem dificultar a comparação e interpretação dos resultados relacionados a DMO e CMO entre atletas. No entanto, independentemente do tipo de estudo, os achados dos artigos desta revisão quanto aos parâmetros ósseos, as regiões corporais analisadas, ao erro de precisão, e aos grupos de comparação entre atletas seguiram o mesmo direcionamento. A investigação do erro de precisão e protocolo utilizado para a avaliação por DXA em atletas universitários é um ponto forte dessa revisão sistemática, pois nenhuma outra sobre esse tema se ateve a investigar tais parâmetros e comparar com as recomendações estabelecidos na literatura. Outro ponto forte desse estudo é a investigação das variáveis ajuste, preditoras e covariáveis dos artigos originais publicados, o que pode ampliar a compreensão dos fatores

que interferem na DMO e CMO de atletas universitários. Ainda, o registro no PROSPERO, o elevado número bases de dados eletrônicas incluídas na busca sistemática e, a análise de risco de viés são pontos fortes do trabalho.

Portanto, conclui-se que a DMO foi o parâmetro ósseo mais investigado, o corpo inteiro, a coluna lombar anteroposterior e o fêmur proximal total foram as regiões corporais mais investigadas em atletas universitários. O %CV foi a medida de erro de precisão mais reportada. As covariáveis (ou variáveis preditoras ou de ajuste) relacionadas a composição corporal e ao crescimento físico foram as mais estudadas. Por fim, os atletas universitários dos esportes com maior impacto mecânico como voleibol, ginástica, basquetebol, *softbol* e futebol de campo apresentaram maior DMO e/ou CMO comparados aos de outras modalidades.

REFERÊNCIAS

- Ackerman, K. E., Skrinar, G. S., Medvedova, E., Misra, M., & Miller, K. K. 2012. Estradiol levels predict bone mineral density in male collegiate athletes: A pilot study. *J Clin Endocrinol Metab*, 3, 339–345.
- American Bone Health. 2018. Glossary – American Bone Health. Retrieved June 16, 2019, from <https://americanbonehealth.org/glossary/>
- Bazzocchi, A., Ponti, F., Albisinni, U., Battista, G., & Guglielmi, G. 2016. DXA: Technical aspects and application. *EJR*, 85, 1481–1492.
- Beals, K. A., & Hill, A. K. 2006. The prevalence of disordered eating, menstrual dysfunction, and low bone mineral density among US collegiate athletes. *INT J Sport Nutr Exe*, 1, 1–23.
- Beck, T. J. 2007. Extending DXA beyond bone mineral density: Understanding hip structure analysis. *Curr Osteoporos Rep*, 2, 49–55.
- Bemben, D. A., Buchanan, T. D., Bemben, M. G., & Knehans, A. W. 2004. Influence of Type of Mechanical Loading, Menstrual Status, and Training Season on Bone Density in Young Athletes. *JSCR*, 2, 220–226.

- Carbuhn, A. F., Fernandez, T. E., Bragg, A. F., Green, J. S., & Crouse, S. F. 2010. Sport and training influence bone and body composition in women collegiate athletes. *JSCR*, 7, 1710–1717.
- Clarke, B. 2008. Normal bone anatomy and physiology. *Clin J Am Soc Nephrol*, 3 (Supplement 3), S131–S139.
- Dolan, S. H., Williams, D. P., Ainsworth, B. E., & Shaw, J. M. 2006. Development and reproducibility of the bone loading history questionnaire. *MSSE*, 6, 1121–1131.
- Emslander, H. C., Sinaki, M., Muhs, J. M., Chao, E. Y. S., Wahner, H. W., Bryant, S. C., Eastell, R. 1998. Bone mass and muscle strength in female college athletes (runners and swimmers). *Mayo Clin Proc*, 12, 1151–1160.
- Fehling, P. C., Alekel, L., Clasey, J., Rector, A., & Stillman, R. J. 1995. A comparison of bone mineral densities among female athletes in impact loading and active loading sports. *Bone*, 3, 205–210. (8541132).
- Frimeth, J., Galiano, E., & Webster, D. 2010. Some physical and clinical factors influencing the measurement of precision error, least significant change, and bone mineral density in dual-energy X-ray absorptiometry. *J Clin Desintom*, 1, 29–35.
- Gomez-Bruton, A., Montero-Marin, J., Gonzalez-Agueero, A., Gomez-Cabello, A., Garcia-Campayo, J., Moreno, L. A., Vicente-Rodriguez, G. 2018. Swimming and peak bone mineral density: A systematic review and meta-analysis. *J Sports Sci*, 4, 365–377.
- Goolsby, M. A., & Boniquit, N. 2017. Bone health in athletes: The role of exercise, nutrition, and hormones. *Sports Health*, 2, 108–117.
- Gordon, C. M., Zemel, B. S., Wren, T. A., Leonard, M. B., Bachrach, L. K., Rauch, F., Winer, K. K. 2017. The determinants of peak bone mass. *J Pediatr*, 180, 261–269.
- Hind, K., Slater, G., Oldroyd, B., Lees, M., Thurlow, S., Barlow, M., & Shepherd, J. 2018. Interpretation of Dual-Energy X-Ray Absorptiometry-Derived Body Composition Change in Athletes: A Review and Recommendations for Best Practice. *J Clin Desintom*.

- Hirsch, K. R., Smith-Ryan, A. E., Trexler, E. T., & Roelofs, E. J. 2016. Body composition and muscle characteristics of division i track and field athletes. *JSCR*, 5, 1231– 1238.
- International Society for Clinical Densitometry (ISCD) - ISCD Official Positions 2015 - Adult 2015a. Retrieved January 22, 2019, from <https://www.iscd.org/official-positions/2015-iscd-official-positions-adult/>
- International Society for Clinical Densitometry (ISCD) - Precision Assessment & Calculator FAQs 2019b. Retrieved January, 22, 2019, from <https://www.iscd.org/resources/faqs/precision-assessment/>
- Kent, S., Fusco, F., Gray, A., Jebb, S. A., Cairns, B. J., & Mihaylova, B. 2017. Body mass index and healthcare costs: A systematic literature review of individual participant data studies. *Obes Rev*, 8, 869–879.
- Kosar, S. N. 2016. Associations of lean and fat mass measures with whole body bone mineral content and bone mineral density in female adolescent weightlifters and swimmers. *Turk J Pediatr*, 1, 79.
- Lee, E. J., Long, K. A., Risser, W. L., Poindexter, H. B., Gibbons, W. E., & Goldzieher, J. 1995. Variations in bone status of contralateral and regional sites in young athletic women. *MSSE*, 10, 1354–1361.
- Lewiecki, E. M., Binkley, N., Morgan, S. L., Shuhart, C. R., Camargos, B. M., Carey, J. J., Leslie, W. D. 2016. Best practices for dual-energy X-ray absorptiometry measurement and reporting: International Society for Clinical Densitometry Guidance. *J Clin Desintom*, 2, 127–140.
- Matsumoto, T., Nakagawa, S., Nishida, S., & Hirota, R. 1997. Bone density and bone metabolic markers in active collegiate athletes: Findings in long-distance runners, judoists, and swimmers. *Int J Sports Med*, 6, 408–412.
- McClanahan, B. S., Harmon-Clayton, K., Ward, K. D., Klesges, R. C., Vukadinovich, C. M., & Cantler, E. D. 2002. Side-to-side comparisons of bone mineral density in upper and lower limbs of collegiate athletes. *JSCR*, 4, 586–590.

- Minett, M. M., Binkley, T. B., Weidauer, L. A., & Specker, B. L. 2017. Changes in body composition and bone of female collegiate soccer players through the competitive season and off-season. *J Musculoskelet Neuronal Interact*, 1, 386–398. (28250243).
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & Group, P. 2010. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *IJS*, 5, 336–341.
- Mudd, L. M., Fornetti, W., & Pivarnik, J. M. 2007. Bone mineral density in collegiate female athletes: Comparisons among sports. *J Athl Train*, 3, 403–408.
- Nana, A., Slater, G. J., Hopkins, W. G., & Burke, L. M. 2012a. Techniques for undertaking dual-energy X-ray absorptiometry whole-body scans to estimate body composition in tall and/or broad subjects. *Int J Sport Nutr Exe*, 5, 313–322.
- Nana, A., Slater, G. J., Hopkins, W. G., Halson, S. L., Martin, D. T., West, N. P., & Burke, L. M. 2016b. Importance of standardized DXA protocol for assessing physique changes in athletes. *Int J Sport Nutr Exe*, 3, 259–267.
- Nana, A., Slater, G. J., Stewart, A. D., & Burke, L. M. 2015c. Methodology review: Using dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) for the assessment of body composition in athletes and active people. *International Int J Sport Nutr Exe*, 2, 198–215.
- National Heart, Lung, and Blood Institute. 2019. Study Quality Assessment Tools | National Heart, Lung, and Blood Institute (NHLBI). Retrieved June, 16, 2019, de <https://www.nhlbi.nih.gov/health-topics/study-quality-assessment-tools>
- Nepocatych, S., Balilionis, G., & O’Neal, E. K. 2017. Analysis of dietary intake and body composition of female athletes over a competitive season. *MJSSM*, 2, 57–65.
- Nevill, A. M., Holder, R. L., Maffulli, N., Cheng, J. C., Leung, S. S., Lee, W. T., & Lau, J. T. 2002. Adjusting bone mass for differences in projected bone area and other confounding variables: An allometric perspective. *JBMR*, 4, 703–708.
- Nichols, D. L., Sanborn, C. F., Bonnicksen, S. L., Gench, B., & DiMarco, N. (1995). Relationship of regional body composition to bone mineral density in college females. *MSSE*, 2, 178–182.

- Platen, P., Chae, E., Antz, R., Lehmann, R., Kühlmorgen, J., & Allolio, B. 2001. Bone mineral density in top level male athletes of different sports. *EJSS*, 5, 1–15.
- Proctor, K. L., Adams, W. C., Shaffrath, J. D., & Van Loan, M. D. 2002. Upper-limb bone mineral density of female collegiate gymnasts versus controls. *MSSE*, 11, 1830–1835.
- Rourke, K. M., Bowering, J., Turkki, P., Buckenmeyer, P. J., Thomas, F. D., Keller, B. A., & Sforzo, G. A. 1998. Bone mineral density in weight-bearing and nonweight-bearing female athletes. *Pediatr Exerc Sci*, 1, 28–37.
- Sarkis, K. S., de Medeiros Pinheiro, M., Szejnfeld, V. L., & Martini, L. A. 2012. High bone density and bone health. *Endocrinol Nutr*, 3, 207–214.
- Scerpella, J. J., Buehring, B., Hetzel, S. J., & Heiderscheit, B. C. 2018. Increased leg bone mineral density and content during the initial years of college sport. *JSCE*, 4, 1123–1130.
- Schtscherbyna, A., Ribeiro, B. G., & Fleiuss, F. M. L. 2019. Bone Health, Bone Mineral Density, and Sports Performance. In *Nutrition and Enhanced Sports Performance*, 73–81.
- Shepherd, J. A., Schousboe, J. T., Broy, S. B., Engelke, K., & Leslie, W. D. 2015. Executive Summary of the 2015 ISCD Position Development Conference on Advanced Measures From DXA and QCT: Fracture Prediction Beyond BMD. *J Clin Densitom*, 18, 274–286.
- Singhal, V., Maffazioli, G. D., Sokoloff, N. C., Ackerman, K. E., Lee, H., Gupta, N., Misra, M. 2015. Regional fat depots and their relationship to bone density and microarchitecture in young oligo-amenorrheic athletes. *77*, 83–90.
- Stanforth, D., Lu, T., Stults-Kolehmainen, M. A., Crim, B. N., & Stanforth, P. R. 2016. Bone mineral content and density among female NCAA division 1 athletes across the competitive season and over a multi-year time frame. *JSCE*, 10, 2828–2838.
- Taaffe, D. R., Robinson, T. L., Snow, C. M., & Marcus, R. 1997a. High-impact exercise promotes bone gain in well-trained female athletes. *JBMR*, 2, 255–260.

- Taaffe, D. R., Snow-Harter, C., Connolly, D. A., Robinson, T. L., Brown, M. D., & Marcus, R. 1995b. Differential effects of swimming versus weight-bearing activity on bone mineral status of eumenorrheic athletes. *JBMR*, 4, 586–593.
- Tothill, P., Reid, D. M., Avenell, A., & Fenner, J. K. 1993. Comparisons between Hologic, Norland and Lunar dual-energy X-ray bone absorptiometers. In *Human Body Composition*, 385–388. .
- Turner, C. H., & Robling, A. G. 2003. Designing exercise regimens to increase bone strength. *Exerc Sport Sci Res*, 1, 45–50.
- Whiting, S. J., Vatanparast, H., Baxter-Jones, A., Faulkner, R. A., Mirwald, R., & Bailey, D. A. 2004. Factors that affect bone mineral accrual in the adolescent growth spurt. *J Nutr*, 3, 696S–700S.
- Whittington, J., Schoen, E., Labounty, L. L., Hamdy, R., Ramsey, M. W., Stone, M. E., Stone, M. H. 2009. Bone mineral density and content of collegiate throwers: Influence of maximum strength. *J Sports Med*, 4, 464–473.
- Yoshikawa, T., Turner, C. H., Peacock, M., Slemenda, C. W., Weaver, C. M., Teegarden, D., Burr, D. B. 1994. Geometric structure of the femoral neck measured using dual-energy X-ray absorptiometry. *JBMR*, 7, 1053–1064.
- Zemski, A. J., Hind, K., Keating, S. E., Broad, E. M., Marsh, D. J., & Slater, G. J. 2019. Same-Day Vs Consecutive-Day Precision Error of Dual-Energy X-Ray Absorptiometry for Interpreting Body Composition Change in Resistance-Trained Athletes. *J Clin Densitom*, 1, 104–114.
- Zymbal, V., Baptista, F., Fernandes, P., & Janz, K. F. 2016. Determining Skeletal Geometry. In V. R. Preedy (Org.), *Biomarkers in Bone Disease*, 1–25.

Figura 1. Diagrama de fluxograma PRISMA de registros que buscaram investigar a DMO e CMO em atletas universitários.

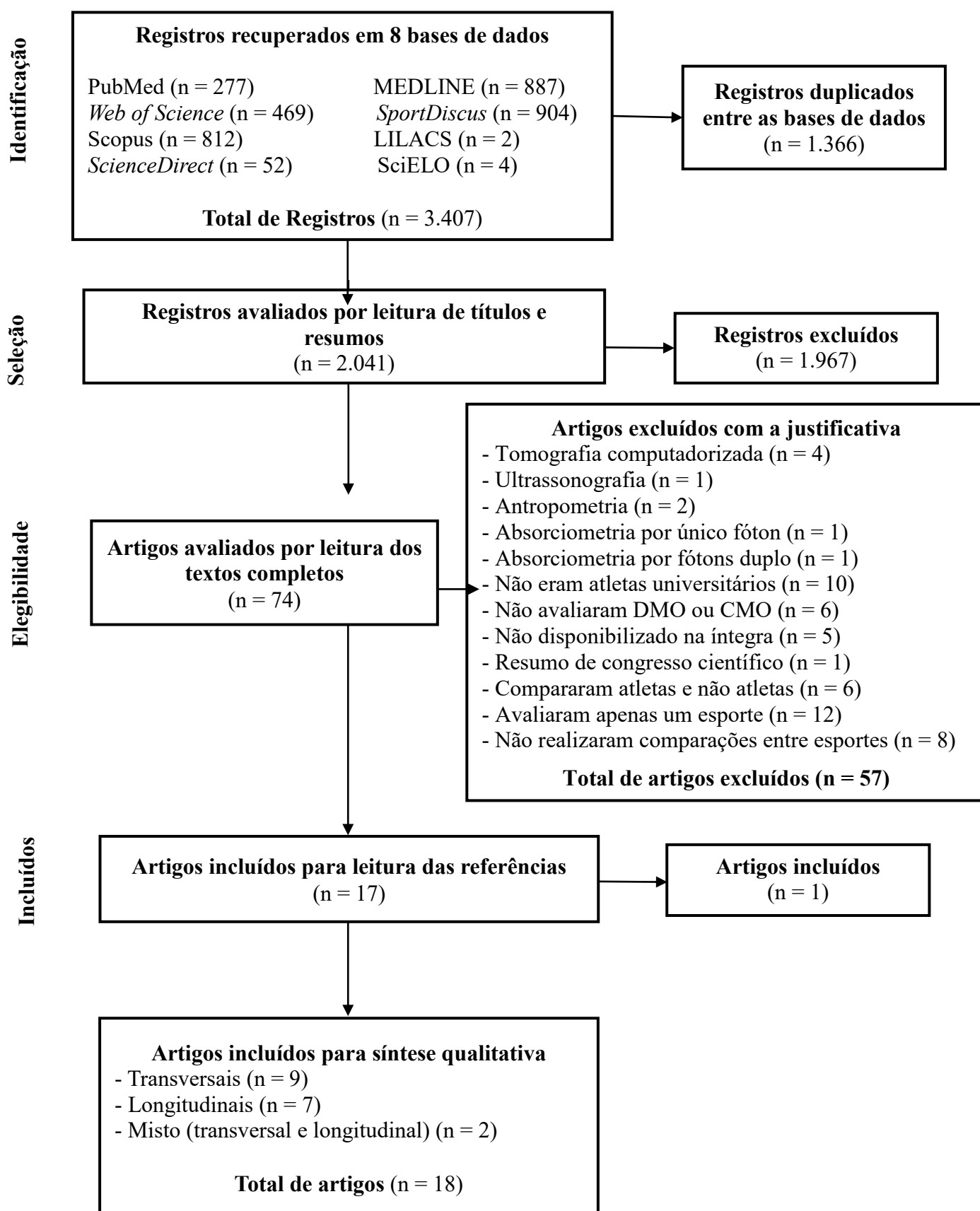


Tabela 1. Características descritivas dos estudos da revisão sistemática.

Autores	Local do estudo	Sexo	Esportes, modalidades ou tipo de estratificação	Faixa etária (Média ± DP)	Seleção dos participantes	Grupo comparador	*Tempo para efeito
Estudos transversais (n = 9)							
Fehling et al., 1995	Estados Unidos	F	Voleibol (n = 8) Natação (n = 7) Ginástica (n = 13)	19,5 ± 1,3 20,1 ± 0,8 19,6 ± 1,0	Amostra intencional (atletas caucasianas, saudáveis, eumenorreicas, da 1ª divisão)	Atletas de voleibol, nadadores e ginastas.	NA
Nichols et al., 1995	Estados Unidos	F	Voleibol (n = 13) Basquetebol (n = 14) Ginástica (n = 13) Tênis em quadra (n = 6)	19,4 ± 1,0 19,4 ± 1,2 18,9 ± 1,3 22,5 ± 3,9	Amostra intencional (atletas da 2ª Divisão da NCAA)	Atletas de basquetebol, ginastas, tenistas e atletas de voleibol	NA
Taaffe et al., 1995	Estados Unidos	F	Ginástica (n = 13) Natação (n = 26)	19,3 ± 1,2 19,2 ± 2,1	Amostra intencional (atletas da 1ª Divisão da NCAA)	Nadadores e ginastas	NA
Matsmoto et al., 1997	Japão	M/F	Atletismo (corrida de longa distância) (n = 38) - Masculino (n = 24) - Feminino (n = 14) Judô (n = 37) - Masculino (n = 14) - Feminino (n = 23) Natação (n = 28) - Masculino (n = 21) - Feminino (n = 7)	 19,5 ± 0,4 20,4 ± 0,4 19,8 ± 0,6 19,4 ± 0,7 19,2 ± 0,7 19,6 ± 1,0	Amostra intencional (atletas universitários japoneses, que competem a nível nacional)	Corredores de longa distância, judocas e nadadores	NA
Emslander et al., 1998	Estados Unidos	F	Atletismo (corrida de longa distância) (n = 21)	20,3 ± 0,3	Amostra intencional (atletas de times)	Corredores e nadadores	NA

			Natação (n = 22)	20,5 ± 0,1	competitivos de faculdade)		
Beals e Hill, 2006	Estados Unidos	F	Ênfase no físico magro - (saltos ornamentais, atletismo (corrida de longa distância), natação, atletismo (atletas velocistas) (n = 65)		Amostra intencional (atletas da 2ª divisão universitária)	Esportes com ênfase no físico magro e esportes que não têm ênfase no físico magro	NA
			Sem ênfase no físico magro - (hóquei em campo, softbol, tênis em quadra e atletismo (categorias de campos) (n = 47)	19,5 ± 1,1			
				19,5 ± 1,4			
Mudd, Fornetti e Pivarnik 2007	Estados Unidos	F	Ginástica (n = 8)	19,7 ± 0,9	Amostra intencional (atletas da 1ª Divisão da NCAA)	Ginastas, atletas de softbol, corredores de longa distância, corredores de velocidade, atletas de hóquei em campo, futebol de campo, remeiros nadadores e atletas de saltos ornamentais	NA
			Softbol (n = 14)	20,1 ± 1,1			
			Atletismo (corrida de longa distância) (n = 25)	20,4 ± 1,3			
			Atletismo (corrida de velocidade) (n = 8)	20,1 ± 1,3			
			Hóquei em campo (n = 10)	19,8 ± 1,2			
			Futebol de campo (n = 10)	19,8 ± 0,9			
			Remo (n = 15)	20,5 ± 2,1			
			Natação/ saltos ornamentais (n = 9)	20,4 ± 1,1			
Whittinginton et al., 2009	Estados Unidos	F	Atletismo (tiro, arremesso de peso e lançamento de dardo disco e martelo) - Feminino (n = 3)	20,1 ± 0,8	Amostra intencional (atletas da 1ª Divisão da NCAA, recordistas escolares e campeões nos jogos de verão)	Arremessadores (tiro, arremesso de peso e lançamento de dardo disco e martelo), atletas de vôlei**, basquetebol** e ginástica**	NA
			Voleibol (n = 13)**				

			Basquetebol (n = 14)**	19,4 ± 1,0			
			Ginástica (n = 13) **	19,4 ± 1,2			
				18,9 ± 1,3			
Ackerman et al., 2012	Estados Unidos	M	Atletismo (corredores de longa distância) (n = 13)	20,2 ± 0,6	Amostra intencional (atletas da 1ª divisão universitária)	Corredores de longa distância, lutadores (wrestlers) e golfistas	NA
			Lutas (wrestlers) (n = 6)	20,7 ± 0,3			
			Golfe (n = 7)	19,3 ± 0,6			
Estudos longitudinais (7)							
Lee et al., 1995	Estados Unidos	F	Voleibol (n = 11)	19,4 ± 1,3	Amostra intencional (1ª Divisão-A da NCAA)	1) Atletas de vôlei, basquetebol, futebol e nadadores	7 meses (Voleibol)
			Basquetebol (n = 7)	19,9 ± 1,6		2) Temporada esportiva	5 meses (Basquete)
			Futebol de campo (n = 9)	19,4 ± 1,4			3 meses (Futebol de campo)
			Natação (n = 7)	18,5 ± 1,5			6 meses (Natação)
Taaffe et al., 1997	Estados Unidos	F	Coorte 1		Amostra intencional	1) Entre esportes	8 meses (coorte 1)
			- Ginástica (n = 26)	19,7 ± 1,2	- coorte 1 (ginastas vs. corredores): atletas de duas universidades;	Coorte 1 - ginastas e corredores	12 meses (coorte 2)
			- Atletismo (corrida (800 m) (n = 36)	21,1 ± 2,7	- coorte 2 (ginastas vs. nadadores): atletas de uma universidade	Coorte 2 - ginastas e nadadores	
			Coorte 2			2) Temporada esportiva	
			- Ginástica (n = 8)	18,9 ± 1,1			
			- Natação (n = 11)	20,0 ± 2,3			
Rourke et al., 1998	Estados Unidos	F	Atletismo (corrida de longa distância) (n = 16)	19,9 ± 0,3	Amostra intencional (atletas da 1ª e 3ª divisão do time universitário).	Corredores e nadadores	12 meses
			Natação (n = 14)	19,2 ± 0,2			- Linha de base
							- 1ª Mensuração
							- 2ª Mensuração
Bemben et al., 2004	Estados Unidos	F	Atletismo (corrida de longa distância) (n = 15)	18,5 ± 0,3	Amostra intencional (atletas da 1ª divisão de uma universidade)	Ginastas e corredoras	6 meses
			Ginástica (n = 11)	19,5 ± 0,4			- Pré-treinamento
							- Pós-treinamento

Carbuhn et al., 2010	Estados Unidos	F	Softbol (n = 17) Basquetebol (n = 10) Voleibol (n = 10) Natação (n = 16) Atletismo (saltos e velocistas) (n = 17)	20,1 ± 1,0 20,1 ± 1,0 19,0 ± 1,0 19,0 ± 1,0 20,0 ± 2,0	Amostra intencional (atletas da 1ª Divisão da NCAA)	Entre atletas de softbol, basquetebol, voleibol, nadadores e atletismo (saltos e velocistas)	9 meses - Fora da temporada - Pré-temporada - Pós-temporada
Nepocatyeh, Balilionis e O'Neal, 2017	Estados Unidos	F	Basquetebol (n = 10) Softbol (n = 10)	20,0 ± 1,0 (todos os esportes)	Amostra intencional (atletas da 1ª divisão da NCAA)	Atletas de basquetebol e softbol	Tempo em meses ou anos não relatado. - Início da temporada - Final temporada
Scerpella et al., 2018	Estados Unidos	M/F	Basquetebol (n = 18) Hóquei de campo (n = 42) Futebol de campo (n = 14)	19,0 ± 0,8 (todos os esportes)	Amostra intencional (atletas de uma universidade)	Atletas de basquetebol, futebol de campo e hóquei	Período 1 (12 meses) Período 2 (24 meses)
Outros tipos de estudo (n = 2)							
Hirsch et al., 2016	Estados Unidos	M/F	Velocistas (com barreiras e sem barreiras) (n = 17) Corredores de meia distância (corredores de meio-fundo e meio-fundo com barreiras) (n = 9) Provas combinadas (heptatlon e decatlon) (n = 9) Saltadores (saltos em distância e em altura) (n = 7) Salto com vara e lançamento de dardo (n = 9) Lançadores (n = 9)	19,0 ± 1,0 19,2 ± 1,3 19,8 ± 1,2 19,0 ± 1,3 19,6 ± 2,7 18,9 ± 0,8	Amostra intencional (atletas da 1ª Divisão da NCAA)	Velocistas, corredores de meia distância, provas combinadas, saltadores (distância, triplo e em altura) e atletas de salto com vara/lançamento de dardo e arremessadores (peso, disco e martelo).	12 meses - 1ª Pré-temporada - 2ª Pré-temporada
Stanforth et al., 2016	Estados Unidos	F	Basquetebol (n = 38) Futebol de campo (n = 47) Natação (n = 52)	20,2 ± 0,1	Amostra intencional (atletas da 1ª Divisão da NCAA)	1) Atletas de basquetebol, futebol, nadadores, atletismo (velocistas e saltadores) e	3 anos - 1º ano: Pré-temporada

Atletismo (velocistas e saltadores) (n = 49)	19,7 ± 0,1 20,0 ± 0,1	atletas de voleibol.	- 1º ano:
Voleibol (n = 26)	19,9 ± 0,1 19,8 ± 0,8	2) 1º ano: pré-temporada, 1º ano: pós-temporada, 2º ano: pós-temporada e 3º ano: Pós- temporada;	Pós-temporada - 2º ano: Pós-temporada - 3º ano: Pós-temporada

* - somente em estudos longitudinais; ** - o artigo faz uma comparação com os esportes citados no artigo de Nichols et al. (1995); M - masculino; F - feminino, n - número de amostra; SD - desvio padrão; NCAA - National Collegiate Athletic Association; NA - não aplicável; 1º - primeiro; 2º - segundo; 3º - terceiro.

Figura 2 – Regiões corporais analisadas por DXA estratificadas por tipo de varredura (scan)

REGIÃO CORPORAL POR VARREDURA DA DXA

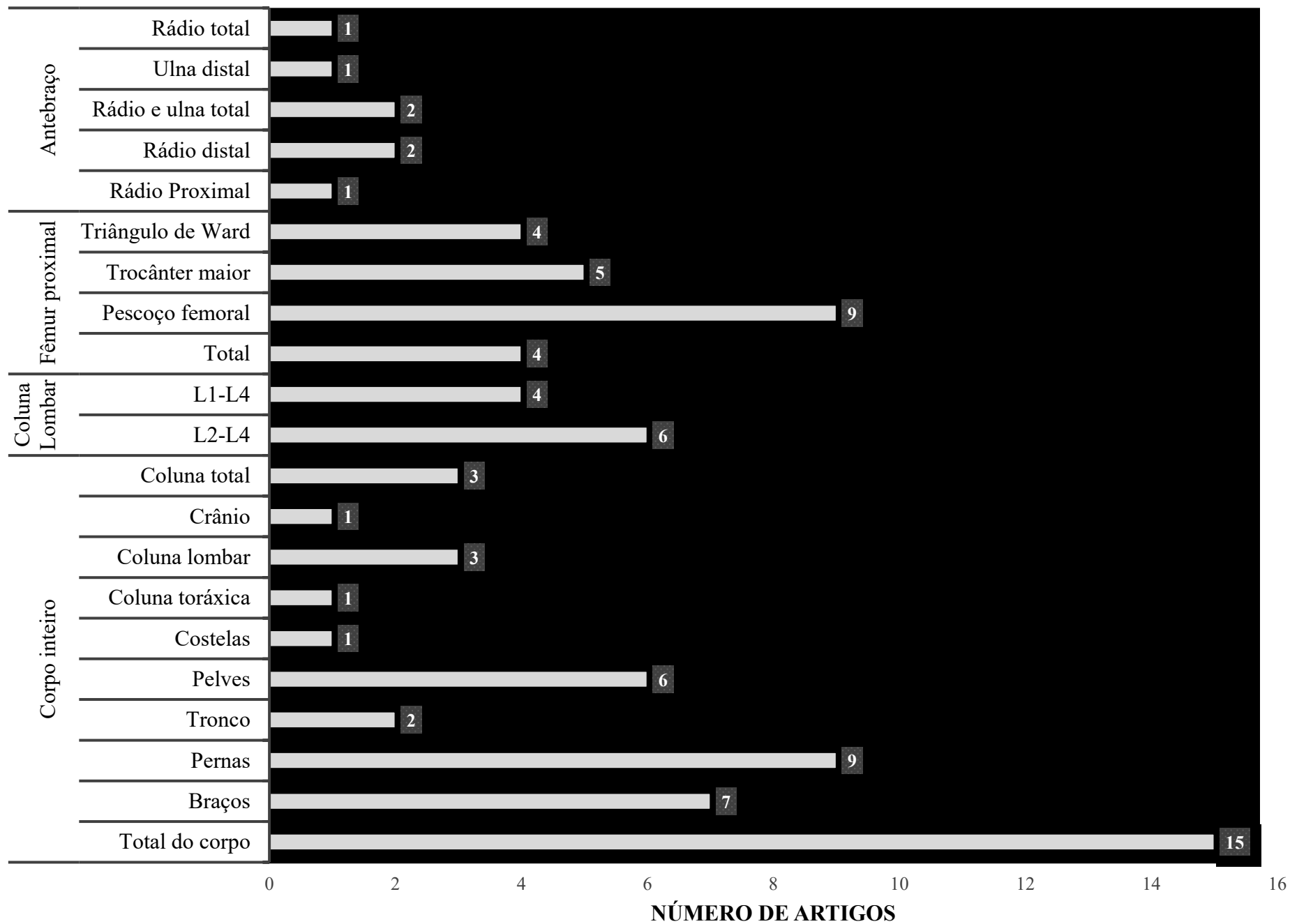


Tabela 2. Síntese e resultados dos estudos relacionados a massa óssea

Autores	Modelo do DXA (fabricante, estado, país) / software	Parâmetros ósseos investigados	Varredura (<i>scan</i>) e regiões corporais reportadas (-)	Erro de precisão / Protocolo utilizado	Testes estatísticos e variáveis de ajuste, preditoras ou covariáveis	Resultados (do grupo comparador e das variáveis de ajuste, preditoras ou covariáveis)
Transversais (n = 9)						
Fehling et al., 1995 (10)	Hologic QDR 1000W (Waltham, Massachusetts, Estados Unidos) Versão 5.3 do software (corpo inteiro) Versão 4.26 do software (lombar e fêmur)	DMO	Corpo inteiro: - Total - Braços (D e E) - Pernas (D e E) - Pelves - Tronco (soma das costelas, coluna torácica e coluna lombar) Coluna lombar: - L1 a L4 Fêmur proximal: - Pescoço femoral - Triângulo de Ward	%CV: 1,7% corpo inteiro 1,8% lombar 1,8% fêmur Protocolo de precisão: - 20 sujeitos escaneados duas vezes	Análise de covariância: - massa corporal total - estatura	<i>Grupo comparador:</i> - Voleibol com maior DMO de corpo inteiro, perna direita, perna esquerda e pelves que atletas de ginástica e natação - Ginástica com maior DMO da coluna lombar, braço direito e braço esquerdo que atletas de voleibol e natação - Voleibol e ginástica com maior DMO do pescoço femoral e triângulo de Ward que atletas de natação - Ginástica com maior DMO da perna esquerda que atletas de natação <i>Variáveis de ajuste, preditoras ou covariáveis:</i> - Todos os resultados ajustados por massa corporal total e estatura
Nichols et al., 1995	Lunar DPX (Madison, Wisconsin, Estados Unidos) Versão 3.4 do software	DMO	Corpo inteiro: - Total - Braços - Pernas Coluna lombar: - L2 a L4 Fêmur proximal (D):	%CV: <1,0% corpo inteiro <1,0 % lombar 2,0% fêmur total Protocolo de precisão:	Análise de covariância - massa corporal total Regressão linear múltipla (<i>stepwise</i>): - idade - idade da menarca	<i>Grupo comparador:</i> - Voleibol com maior DMO da coluna lombar e pescoço femoral que atletas de ginástica e basquetebol - Voleibol e basquetebol com maior DMO das pernas que atletas de ginástica e de tênis em quadra.

			- Pescoço femoral	- Três sujeitos escaneados em cinco dias consecutivos	- anos de treinamento - massa corporal total - massa magra perna - massa gorda (perna)	- Voleibol com maior DMO do corpo inteiro que os atletas de ginástica e tênis em quadra - Basquetebol com maior DMO da coluna lombar e pescoço femoral que atletas de ginástica - Basquetebol com maior DMO do corpo inteiro que atletas de ginástica, tênis em quadra e voleibol. - Ginástica com maior DMO dos braços que atletas de basquetebol e tênis em quadra - Tênis em quadra com maior DMO do corpo inteiro e das pernas que atletas de ginástica.
						<i>Variáveis de ajuste, preditoras ou covariáveis:</i> - Todos os resultados ajustados por massa corporal total - Massa magra da perna foi preditora da DMO da perna. - Massa magra do braço foi preditora da DMO do braço e da coluna lombar.
Taaffe et al., 1995	Hologic QDR 1000W (Waltham, Massachusetts, Estados Unidos) Versão 5.47 do software	DMO	Corpo inteiro: - Total - Braços - Pernas - Costelas - Coluna torácica - Coluna lombar - Pelves Coluna lombar: - L2 a L4 Fêmur proximal:	%CV: Corpo inteiro: - Total (1,0%) - Braços (0,7%) - Pernas (1,1%) - Costelas (0,6%) - Torácica (0,8%) - Lombar (0,8%) - Pelves (0,9%) Lombar: - Total (0,5 %)	Regressão linear múltipla (<i>stepwise</i>): - idade - estatura - massa corporal total - massa magra - massa gorda - idade da menarca	<i>Grupo comparador:</i> - Ginastas com maior DMO do corpo inteiro, coluna lombar, pescoço femoral, trocânter do fêmur, braços, pernas e pelvis que nadadores. <i>Variáveis de ajuste, preditoras ou covariáveis:</i> - Massa magra foi preditora da DMO do pescoço femoral, trocânter maior e corpo inteiro em ginastas. - Idade da menarca foi preditora da DMO da coluna lombar.

			- Pescoço femoral - Trocânter maior	Fêmur: - Total (2,0%) - Pescoço (0,5%) - Trocânter (0,6%)		
				Protocolo de precisão: - Nenhuma informação		
Matsmoto et al., 1997	Norland XR26 (Fortatkinson, Wisconsin, Estados Unidos) Software não reportado	DMO	Corpo inteiro: - Total	%CV: 0,8% corpo inteiro Protocolo de precisão: - Nenhuma informação	Teste t de Student: - Nenhuma	<i>Grupo comparador:</i> - Judocas (M e F) com maior DMO total do corpo que atletas de corrida de longa distância (M e F) e nadadores (M e F). <i>Variáveis de ajuste, preditoras ou covariáveis:</i> - Nenhuma
Emslander et al., 1998	Hologic QDR 1000W (Waltham, Massachusetts, Estados Unidos) Software não reportado	DMO	Corpo inteiro: - Total Coluna lombar: - L2 a L4 Fêmur proximal: - Pescoço femoral - Trocânter maior	%CV: 6 a 8% corpo inteiro Protocolo de precisão: - Citado em estudo anterior com DPA (Fótons duplos)	Análise de variância: - nenhuma	<i>Grupo comparador:</i> - Não foi observada diferença significativa na DMO entre corredores e nadadores <i>Variáveis de ajuste, preditoras ou covariáveis:</i> - Nenhuma
Beals e Hill, 2006	Lunar DPX (Lunar-GE Corp.,	DMO	Coluna lombar - L1 a L4	%CV 0,43% ± 0,15% médio (variação de 0,13% a	Análise de covariância: - massa magra	<i>Grupo comparador:</i> - Esportes sem ênfase no físico magro com

Madison, Wisconsin, Estados Unidos)	Software não reportado	DMO	Corpo inteiro	0,77%) Protocolo de precisão: - Foi utilizado o %CV da calibração (controle de qualidade)		maior DMO da coluna lombar que os esportes com ênfase no físico magro. <i>Variáveis de ajuste, preditoras ou covariáveis:</i> - Resultado ajustado pela massa magra.
Mudd, Fornetti e Pivarnik 2007	Hologic QDR-1000W (Bedford, Massachusetts, Estados Unidos) Versão 6.0 do software	DMO	Corpo inteiro - Total - Coluna lombar - Pelves - Pernas	Nenhuma informação de erro de precisão Protocolo de precisão: - Nenhuma informação	Análise de covariância: - massa corporal total - estado menstrual (amenorreia, oligomenorreia e eumenorreia) Regressão linear simples e múltipla: - massa corporal total - esporte praticado - idade ginecológica	<i>Grupo comparador:</i> - Ginastas, atletas de softbol, de corrida de velocidade e de hóquei em campo com maior DMO do corpo inteiro que os atletas de natação/ saltos ornamentais. - Ginastas com maior DMO do corpo inteiro e das pernas que os atletas de corrida de longa distância. - Ginastas com maior DMO da coluna lombar que atletas de corrida de longa distância e natação/saltos ornamentais. - Atletas de softbol com maior DMO da coluna lombar que atletas de corrida de longa distância. - Ginastas, atletas de softbol e de hóquei em campo com maior DMO da pelves que os atletas de natação/ saltos ornamentais. - Ginastas, softbol, hóquei em campo e futebol de campo com maior DMO da pelves que atletas de corrida de longa distância. - Ginastas, softbol, corrida de velocidade, hóquei em campo e futebol de campo com maior DMO da pelves que atletas de natação/ saltos

						ornamentais.
						<p><i>Variáveis de ajuste, preditoras ou covariáveis:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Massa corporal total e esporte praticado foram preditores da DMO do corpo inteiro, coluna lombar, pelves e das pernas. - Idade ginecológica foi preditora da DMO da coluna lombar.
Whittinginton et al., 2009	Lunar Prodigy Pro (GE- Healthcare, Madison, Wisconsin, Estados Unidos)	DMO e CMO	<p>Corpo inteiro:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Total - Braços (D, E e total) - Pernas (D, E e total) - Coluna lombar - Crânio <p>Antebraços (D e E):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rádio terço distal - Ulna terço distal - Rádio e ulna total 	<p>Nenhuma informação de erro de precisão</p> <p>Protocolo de precisão:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nenhuma informação 	<p>Regressão linear simples e múltipla:</p> <ul style="list-style-type: none"> - massa gorda - massa muscular - massa livre de gordura 	<p><i>Grupo comparador:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Não foi observada diferença significativa na DMO entre arremessadores e ginastas, atletas de vôlei e basquete. <p><i>Variáveis de ajuste, preditoras ou covariáveis:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Massa gorda foi preditora negativa (inversa) do DMO total - Massa muscular e massa livre de gordura esteve diretamente associada a DMO do corpo inteiro.
Ackerman et al., 2012	Hologic QDR 1000W (Waltham, Massachusetts, Estados Unidos)	DMO	<p>Coluna anteroposterior:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Total <p>Coluna lateral:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Total <p>Fêmur proximal:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Total - Pescoço femoral <p>Antebraços:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rádio total (D e E) 	<p>%CV</p> <p>< 1,0 corpo inteiro</p> <p>Protocolo de precisão:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>in vitro (phantom)</i> 	<p>Regressão linear simples e múltipla:</p> <ul style="list-style-type: none"> - testosterona total - testosterona livre - oestradiol total - oestradiol livre - massa corporal ideal - índice de massa corporal - massa corporal total - massa magra 	<p><i>Grupo comparador:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Lutadores com maior DMO da coluna anteroposterior, coluna lateral, fêmur proximal total, pescoço femoral, rádio total (D e E) que os atletas de corrida de longa distância e golfe. <p><i>Variáveis de ajuste, preditoras ou covariáveis:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Oestradiol total e livre foram preditores (diretamente associados) da DMO da coluna anteroposterior, coluna lateral e do rádio.

Estudos longitudinais (n = 7)						
					- treinamento resistido (horas por semana) - força de preensão manual - VO ² _{max} .	- Testosterona foi preditor significativo da DMO do rádio. - Massa magra,% de massa corporal ideal, massa corporal total, índice de massa corporal e horas/semana de treinamento resistido foram preditores positivos (diretamente associados) da DMO, em todas as regiões corporais investigadas.
Lee et al., 1995	Lunar DPX (Madison, Wisconsin, Estados Unidos) Versão beta 3.0H do software	DMO	Corpo inteiro: - Total - Braços (D e E) - Pernas (D e E) - Pelves - Coluna total Coluna lombar: - L2 a L4 Fêmur proximal: - Pescoço femoral - Trocânter maior - Triângulo de Ward	%CV: 0,85% braço D 1,07% braço E 0,06% perna D 0,12% perna E Protocolo de precisão: - 10 sujeitos escaneados três vezes em dias diferentes	Análise multivariada de covariância: - massa corporal total - estatura	<i>Grupo comparador:</i> - Voleibol e basquete com maior DMO total do corpo e da coluna lombar que os atletas de natação. - Voleibol com maior DMO da coluna lombar que os atletas de futebol de campo. - Basquetebol com maior DMO em todos sítios do fêmur proximal que os atletas de natação. - Voleibol e futebol de campo com maior DMO do pescoço femoral que os atletas de natação. <i>Variáveis de ajuste, preditoras ou covariáveis:</i> - Ao ajustar pela massa corporal e estatura os resultados de comparação não foram significativos.
Taaffe et al., 1997	Hologic QDR 1000W (Waltham, Massachusetts, Estados Unidos)	DMO	Corpo inteiro: - Total Coluna lombar: - L2 a L4 Fêmur proximal:	%CV: <1,0% (todas as regiões corporais) 0,50% coluna	Análise de variância: - Nenhuma	<i>Grupo comparador:</i> - Coorte 1 (oito meses): ginastas aumentaram a DMO da coluna lombar e do pescoço femoral, enquanto os atletas de corrida de meia distância diminuíram a DMO nessas regiões.

	Software não reportado		- Pescoço femoral	Protocolo de precisão: - 137 sujeitos avaliados duas vezes		- Coorte 2 (12 meses): ginastas aumentaram a DMO da coluna lombar e do pescoço femoral, enquanto os atletas de natação diminuíram a DMO nessas regiões. <i>Variáveis de ajuste, preditoras ou covariáveis:</i> - Nenhuma
Rourke et al., 1998	Hologic QDR 1000W (Waltham, Massachusetts, Estados Unidos) Software não reportado	DMO	Coluna lombar: - L1 a L4 Fêmur proximal: - Total - Pescoço femoral - Trocânter maior - Triângulo de Ward Antebraço: - Rádio (terço proximal) - Rádio (terço distal) - Rádio total	Nenhuma informação de erro de precisão Protocolo de precisão: - Fornecido pelo fabricante	Análise de covariância: - massa corporal total - estado menstrual (irregularidades menstruais, ciclos com intervalo > 40 dias ou intervalos inconsistentes)	<i>Grupo comparador:</i> - A DMO do rádio foi maior em nadadores que em atletas de corrida de longa distância após seis meses de treinamento. <i>Variáveis de ajuste, preditoras ou covariáveis:</i> - Resultado da diferença entre os períodos ajustado pela massa corporal. - A DMO da coluna lombar foi a diretamente associada com as irregularidades menstruais (amenorreia). - Resultados ajustados pela irregularidades menstruais.

Bemben et al., 2004	Lunar DPX-IQ (Madison, Wisconsin, Estados Unidos) Software version 4.1	DMO	Corpo inteiro: - Total Coluna lombar: - L2 a L4 Fêmur proximal - Total - Pescoço femoral - Trocânter maior - Triângulo de Ward	%CV: 0,8% (todas as regiões corporais) 0,7% fêmur total 1,3% triângulo de Ward Protocolo de precisão: - Phantom para todas as regiões corporais - Fêmur e triângulo de Ward não reportado	Análise de covariância: - estatura	<i>Grupo comparador:</i> - Ginástica com maior DMO (em todos os sítios) que corredores de longa distância. <i>Variáveis de ajuste, preditoras ou covariáveis:</i> - A estatura não influenciou na diferença entre as médias
Carbuhn et al., 2010	Lunar Prodigy Advance (GE Healthcare, Madison, Wisconsin, Estados Unidos) Software não reportado	DMO e CMO	DMO Corpo inteiro: - Total - Braços - Pernas - Pelves - Coluna total CMO Corpo inteiro: - Total	Nenhuma informação de erro de precisão Protocolo de precisão: - Nenhuma informação	Análise de variância: - Nenhuma	<i>Grupo comparador:</i> - Independente do período esportivo e região corporal avaliada, as DMO dos atletas de natação foram 4 a 19% menores comparadas a todos os outros esportes. - Atletas de basquete com maior DMO (pernas e total do corpo) e CMO que os atletas de softbol. <i>Variáveis de ajuste, preditoras ou covariáveis:</i> - Nenhum
Nepocatyh, Balilionis e O'Neal, 2017	Lunar Prodigy Pro (GE-Healthcare, Madison, Wisconsin, Estados Unidos)	DMO	Corpo inteiro: - Total Coluna lombar: - L1 a L4	Nenhuma informação de erro de precisão	Análise de variância: - Nenhuma	<i>Grupo comparador:</i> - Atletas de basquetebol com maior DMO total do corpo maior que atletas de softbol.

	Software não reportado		Fêmur proximal: - Total	Protocolo de precisão: - Nenhuma informação		<i>Variáveis de ajuste, preditoras ou covariáveis:</i> - Nenhuma
Scerpella et al., 2018	Lunar iDXA (GE Healthcare, Madison, Wisconsin, Estados Unidos)	DMO e CMO	Corpo inteiro: - Total - Pernas	Nenhuma informação de erro de precisão para os parâmetros ósseos	Alometria: - comprimento do fêmur - massa magra da perna Análise de covariância: - Idade - Sexo - Etnia - Esporte praticado	<i>Grupo comparador:</i> - Atletas de futebol de campo (período 1) com maior DMO que atletas de hóquei e basquetebol (período 1 e 2). <i>Variáveis de ajuste, preditoras ou covariáveis:</i> - Ao ajustar os resultados pelo comprimento da perna apenas o CMO da perna permaneceu significativo. - O esporte praticado foi o único preditor significativo de mudança na DMO das pernas.
	Versão do software encore 13.2 e 14.1			Protocolo de precisão: - Nenhuma informação		
Outros tipos de estudo (n = 2)						
Hirsch et al., 2016	Hologic Discovery W (Bedford, Massachusetts, Estados Unidos)	CMO	Corpo inteiro: - Total	Nenhuma informação de erro de precisão para os parâmetros ósseos	Análise de variância: - Nenhuma	<i>Grupo comparador:</i> - Arremessadores apresentaram maior CMO de total do corpo que os velocistas, saltadores (distância, triplo e em altura) e atletas de salto com vara/lançamento de dardo. - Os atletas de provas combinadas apresentaram maior CMO de total do corpo que os velocistas, atletas do salto com vara/lançamento de dardo. <i>Variáveis de ajuste, preditoras ou covariáveis:</i> - Nenhuma
	Versão do software APEX Biologix 3.3			Protocolo de precisão: - Nenhuma informação		

Stanforth et al., 2016	Lunar Prodigy Pro (GE- Healthcare, Madison, Wisconsin, Estados Unidos) Versão do software encore 11.0	DMO e CMO	CMO Corpo inteiro: - Total DMO Corpo inteiro: - Total - Braços - Pernas - Pelves - Coluna total - Tronco	% CV: 0,3% DMO corpo inteiro Protocolo de precisão: - Foi utilizado <i>phantom</i> no controle de qualidade (calibração)	Regressão linear múltipla: - massa corporal total - etnia	<i>Grupo comparador:</i> - Basquete maior DMO e CMO que os demais esportes, exceto para a DMO da coluna vertebral. - Basquete, futebol de campo, atletismo (velocistas e saltadores) e vôlei com maior incremento de CMO de corpo inteiro, DMO das pernas e total do corpo, que os atletas de natação. <i>Variáveis de ajuste, preditoras ou covariáveis:</i> - Resultados ajustados pela massa corporal e etnia.
---------------------------	--	-----------	--	--	--	--

% – percentual; CV – coeficiente de variação; DMO – densidade mineral óssea; CMO – conteúdo mineral ósseo; D – direita; E – esquerda; VO_{max}^2 – consumo máximo de oxigênio; $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ – mililitros por quilograma de peso por minuto; (+) – aumento ou incremento; * – diferença entre idade atual e idade da menarca; ** – amenorreia (0 a 3 ciclos por ano), oligomenorreia (4 a 9 ciclos por ano), eumenorreia (10 a 12 ciclos por ano)

Tabela 3. Risco de viés dos estudos transversais, longitudinais e mistos (transversal e longitudinal).

TRANSVERSAIS																
Referência	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Q14	Escore Final*	Risco de Viés **
(Fehling et al., 1995)	S	S	NR	S	NR	N	N	S	S	NA	S	NA	NA	S	0,64	Moderado risco de viés
(Nichols et al., 1995)	S	S	NR	NR	NR	N	N	S	S	NA	S	NA	NA	S	0,55	Moderado risco de viés
(Taaffe et al., 1995)	S	S	NR	NR	NR	N	N	S	S	NA	S	NA	NA	S	0,55	Moderado risco de viés
(Matsumoto et al., 1997)	S	S	NR	NR	NR	N	N	S	S	NA	S	NA	NA	N	0,45	Elevado risco de viés
(Emslander et al., 1998)	S	S	NR	NR	NR	N	N	S	S	NA	S	NA	NA	S	0,55	Moderado risco de viés
(Beals e Hill, 2006)	S	S	NR	NR	NR	N	N	S	S	NA	S	NA	NA	S	0,55	Moderado risco de viés
(Mudd, Fornetti e Pirvarnik, 2007)	S	S	NR	NR	NR	N	N	S	S	NA	S	NA	NA	S	0,55	Moderado risco de viés
(Whittington et al., 2009)	S	S	NR	NR	S	N	N	S	S	NA	S	NA	NA	S	0,64	Moderado risco de viés
(Ackerman et al., 2012)	S	S	NR	NR	NR	N	N	S	S	NA	S	NA	NA	S	0,55	Moderado risco de viés
LONGITUDINAIS																
(Lee et al., 1995)	S	S	NR	NR	NR	S	S	S	S	NR	S	NR	NR	S	0,57	Moderado risco de viés
(Taaffe et al., 1997)	S	S	NR	NR	NR	S	S	S	S	NR	S	NR	NR	N	0,50	Moderado risco de viés
(Rourke et al., 1998)	S	S	NR	NR	NR	S	S	S	S	S	S	NR	NR	S	0,64	Moderado risco de viés
(Bemben et al., 2004)	S	S	S	NR	NR	S	S	S	S	S	S	NR	S	S	0,79	Baixo risco de viés
(Carbuhn et al., 2010)	S	S	NR	NR	NR	S	S	S	S	S	S	NR	NR	N	0,57	Moderado risco de viés
(Nepocatyč, Balilionis, e O’Neal, et al., 2017)	S	S	NR	NR	NR	S	S	S	S	S	S	NR	NR	N	0,57	Moderado risco de viés
(Scerpella et al., 2018)	S	S	NR	NR	NR	S	S	S	S	S	S	NR	NR	N	0,57	Moderado risco de viés
MISTOS (TRANSVERSAIS E LONGITUDINAIS)																

(Hirsch et al., 2016)	S	S	NR	NR	NR	S	S	S	S	S	S	NR	N	S	0,64	Moderado risco de viés
(Stanforth et al.,2016)	S	S	NR	NR	S	N	S	S	S	S	S	NR	N	S	0,64	Moderado risco de viés

Q1 – A questão de pesquisa ou objetivo deste artigo foi claramente declarado?; Q2 – A população do estudo foi claramente especificada e definida?; Q3 – A taxa de participação de pessoas elegíveis era de pelo menos 50%?; Q4 – Todos os indivíduos foram selecionados ou recrutados da mesma população ou de populações semelhantes (incluindo o mesmo período de tempo)? Os critérios de inclusão e exclusão para o estudo foram pré-especificados e aplicados uniformemente a todos os participantes?; Q5 – Foi fornecida uma justificativa do tamanho da amostra, descrição da potência ou estimativas de variância e efeito?; Q6 – Para as análises deste artigo, a (s) exposição (ões) de interesse foi medida antes do (s) resultado (s) ser medido (s)?; Q7 – O prazo foi suficiente para que se pudesse razoavelmente esperar uma associação entre exposição e resultado, se existisse?; Q8 – Para exposições que podem variar em quantidade ou nível, o estudo examinou diferentes níveis da exposição em relação ao resultado (por exemplo, categorias de exposição ou exposição medida como variável contínua)?; Q9 – As medidas de exposição (variáveis independentes) foram claramente definidas, válidas, confiáveis e implementadas consistentemente em todos os participantes do estudo?; Q10 – A exposição foi avaliada mais de uma vez ao longo do tempo?; Q11 – As medidas de resultado (variáveis dependentes) foram claramente definidas, válidas, confiáveis e implementadas consistentemente em todos os participantes do estudo?; Q12 – Os avaliadores dos resultados foram cegados quanto ao status de exposição dos participantes?; Q13 – A perda de acompanhamento após a linha de base foi de 20% ou menos?; Q14 – As principais variáveis potenciais de confusão foram medidas e ajustadas estatisticamente para seu impacto na relação entre exposição (s) e desfecho (s)?; S – sim; N – não; NR – não reportado; * – o cálculo utilizado foi: total de perguntas válidas (14 perguntas) dividido pelo número de questões com resposta “sim”; ** – critérios utilizados: $\geq 0,70$ (baixo risco de viés), $< 0,70$ (moderado risco de viés); $< 0,50$ (elevado risco de viés).

Tabela Suplementar 1. Descrição da estratégia completa de busca de artigos nas bases eletrônicas

<u>Objetivo da revisão:</u>	Descrever os aspectos metodológicos (parâmetros e regiões ósseas investigadas, erro de precisão da medida e covariáveis) e comparar os resultados relacionados ao CMO e DMO mensurado pela absorciometria por dupla emissão de raio-X (DXA) entre atletas universitários
<u>Data das buscas:</u>	13 de Julho a 08 de setembro de 2018.

Tabela suplementar 1a. Descritores e palavras-chave em inglês e em português

GRUPOS	DESCRITORES E PALAVRAS-CHAVE EM INGLÊS
Desfecho (Massa óssea)	"bone density" OR "bone mineral content" OR "bone mineral density" OR "bone mass" OR "bone health"
Método (DXA)	"Absorptiometry,Photon" OR DXA OR DEXA OR "dual energy x-ray absorptiometry" OR "dual energy x-ray absorptiometer"
População (atletas universitários)	athletes OR players OR collegiate OR "university athletes" OR "university players" OR "college players" OR "college athletes" OR "varsity players" OR "varsity athletes" OR "collegiate athletes" OR "collegiate players"
GRUPOS	DESCRITORES E PALAVRAS-CHAVE EM PORTUGUÊS
Desfecho (Massa óssea)	"densidade óssea" OR "conteúdo mineral ósseo" OR "densidade mineral óssea" OR "massa óssea" OR "saúde óssea"
Método (DXA)	"absorciometria, fóton" OR DXA OR DEXA OR "absorciometria de raio-X de dupla energia" OR "absorciômetro de raio-X de dupla energia"

População (atletas universitários)	atletas OR jogadores OR colegiados OR “atletas universitários” OR “jogadores universitários” OR “jogadores da faculdade” OR “atletas da faculdade” OR “jogadores do time universitário” OR “atletas do time universitário” OR “atletas colegiados” OR “jogadores colegiados”
---	--

OR: usado para adicionar na pesquisa avançada ao menos uma palavra-chave ou descritor de cada grupo; AND: usado para relacionar os grupos de palavras-chaves/descriptores entre si; Aspas (“exemplo”): foram utilizadas para buscar as palavras compostas na íntegra.

Tabela suplementar 1b. Número de artigos e filtros utilizados por grupo na base PubMed.**PubMed (04-09-2018 as 21:54) – TEXT WORD****Número de estudos localizados sem filtros: 417****Filtros:** idade (adultos [+19 anos], jovens adultos [19 a 24 anos], adultos [19 a 44 anos]).**Número de estudos após a aplicação dos filtros: 277 artigos**

Grupos	Descritores e palavras-chave	Número de estudos localizados se filtros	Número de estudos após a aplicação dos filtros
#1	("bone density"[Text Word] OR "bone mineral content"[Text Word] OR "bone mineral density"[Text Word] OR "bone mass"[Text Word] OR "bone health"[Text Word])	82.478	39.008
#2	("Absorptiometry,Photon"[Text Word] OR DXA[Text Word] OR DEXA[Text Word] OR "dual energy x-ray absorptiometry"[Text Word] OR "dual energy x-ray absorptiometer"[Text Word])	32.645	19.810
#3	(athletes[Text Word] OR players[Text Word] OR collegiate[Text Word] OR "university athletes"[Text Word] OR "university players"[Text Word] OR "college players"[Text Word] OR "college athletes"[Text Word] OR "varsity players"[Text Word] OR "varsity athletes"[Text Word] OR "collegiate athletes"[Text Word] OR "collegiate players"[Text Word])	71.656	27.415
#1 AND #2 AND #3	((("bone density"[Text Word] OR "bone mineral content"[Text Word] OR "bone mineral density"[Text Word] OR "bone mass"[Text Word] OR "bone health"[Text Word]) AND ("Absorptiometry, Photon"[Text Word] OR DXA[Text Word] OR DEXA[Text Word] OR "dual energy x-ray absorptiometry"[Text Word] OR "dual energy x-ray absorptiometer"[Text Word])) AND (athletes[Text Word] OR players[Text Word] OR collegiate[Text Word] OR "university athletes"[Text Word] OR "university players"[Text Word])	417	277

Word] OR "college players"[Text Word] OR "college athletes"[Text Word] OR "varsity players"[Text Word] OR "varsity athletes"[Text Word] OR "collegiate athletes"[Text Word] OR "collegiate players"[Text Word]))		
--	--	--

Tabela suplementar 1c. Número de artigos e filtros utilizados por grupo na base *Web of Science*.**WEB OF SCIENCE (04-09-2018 as 22:00) – TOPIC****Número de estudos localizados sem filtros: 480****Filtros:** tipo de document (artigos)**Número de estudos após a aplicação dos filtros: 469 artigos**

Grupos	Descritores e palavras-chave	Número de estudos localizados sem filtros	Número de estudos após a aplicação dos filtros
#1	TOPIC: ("bone density" OR "bone mineral content" OR "bone mineral density" OR "bone mass" OR "bone health")	82.898	58.126
#2	TOPIC: ("Absorptiometry,Photon" OR DXA OR DEXA OR "dual energy x-ray absorptiometry" OR "dual energy x-ray absorptiometer")	24.734	21.588
#3	TOPIC: (athletes OR players OR collegiate OR "university athletes" OR "university players" OR "college players" OR "college athletes" OR "varsity players" OR "varsity athletes" OR "collegiate athletes" OR "collegiate players")	156.418	106.836
#1 AND #2 AND #3	TOPIC: ("bone density" OR "bone mineral content" OR "bone mineral density" OR "bone mass" OR "bone health") AND TOPIC: ("Absorptiometry,Photon" OR DXA OR DEXA OR "dual energy x-ray absorptiometry" OR "dual energy x-ray absorptiometer") AND TOPIC: (athletes OR players OR collegiate OR "university athletes" OR "university players" OR "college players" OR "college athletes" OR "varsity players" OR "varsity athletes" OR "collegiate athletes" OR "collegiate players")	480	469

Tabela suplementar 1d. Número de artigos e filtros utilizados por grupo na base Scopus.
SCOPUS (04-09-2018 as 22:59) ALL FIELDS + Text
Número de estudos localizados: 952
Filtros: artigos e conference paper
Número de estudos após a aplicação dos filtros: 812 artigos

Grupos	Descritores e palavras-chave	Número de estudos localizados sem filtros	Número de estudos após a aplicação dos filtros
#1	ALL ("bone density" OR "bone mineral content" OR "bone mineral density" OR "bone mass" OR "bone health")	232.415	164.196
#2	ALL ("Absorptiometry,Photon" OR dxa OR dexta OR "dual energy x-ray absorptiometry" OR "dual energy x-ray absorptiometer")	75.063	53.369
#3	TX athletes OR players OR collegiate OR "university athletes" OR "university players" OR "college players" OR "college athletes" OR "varsity players" OR "varsity athletes" OR "collegiate athletes" OR "collegiate players"	213.564	136.876
#1 AND #2 AND #3	(ALL ("bone density" OR "bone mineral content" OR "bone mineral density" OR "bone mass" OR "bone health") AND ALL ("Absorptiometry,Photon" OR dxa OR dexta OR "dual energy x-ray absorptiometry" OR "dual energy x-ray absorptiometer") AND TITLE-ABS-KEY (athletes OR players OR collegiate OR "university athletes" OR "university players" OR "college players" OR "college athletes" OR "varsity players" OR "varsity athletes" OR "collegiate athletes" OR "collegiate players"))	952	812

Tabela suplementar 1e. Número de artigos e filtros utilizados por grupo na base *Scencedirect*.**SCIENCE DIRECT (08-09-2018 as 21:33) Title, abstract, keywords.****Número de estudos localizados: 60****Filtros:** research articles**Número de estudos após a aplicação dos filtros: 52 artigos**

Grupos	Descritores e palavras-chave ***	Número de estudos localizados sem filtros	Número de estudos após a aplicação dos filtros
#1	Title, abstract, keywords: ("bone mineral content" OR "bone mineral density" OR "bone mass")	13.673	9.706
#2	Title, abstract, keywords: (DXA OR DEXA OR "dual energy x-ray absorptiometry" OR "dual energy x-ray absorptiometer")	5.964	4.899
#3	Title, abstract, keywords: (athletes OR college OR "college athletes" OR "university athletes")	55.156	29.915
#1 AND #2 AND #3	Title, abstract, keywords: ("bone mineral content" OR "bone mineral density" OR "bone mass") AND (DXA OR DEXA OR "dual energy x-ray absorptiometry" OR "dual energy x-ray absorptiometer") AND (athletes OR college OR "college athletes" OR "university athletes")	60	52

*** Essa base não suporta mais de 8 operadores booleanos repetidos. Por isso, foi reduzido o número de termos na busca.

Tabela suplementar 1f. Número de artigos e filtros utilizados por grupo na base MEDLINE (EBSCOhost).**MEDLINE - EBSCOhost (04-09-2018 as 22:17) TX ALL TEXT****Número de estudos localizados sem filtros: 1.767****Filtros:** idade (adultos [+19 anos], jovens adultos [19 a 24 anos], adultos [19 a 44 anos]).**Número de estudos após a aplicação dos filtros: 887 artigos**

Grupos	Descritores e palavras-chave	Número de estudos localizados sem filtros	Número de estudos após a aplicação dos filtros
#1	TX "bone density" OR "bone mineral content" OR "bone mineral density" OR "bone mass" OR "bone health"	121.273	53.861
#2	TX "Absorptiometry,Photon" OR DXA OR DEXA OR "dual energy x-ray absorptiometry" OR "dual energy x-ray absorptiometer"	53.063	29.452
#3	TX athletes OR players OR collegiate OR "university athletes" OR "university players" OR "college players" OR "college athletes" OR "varsity players" OR "varsity athletes" OR "collegiate athletes" OR "collegiate players"	203.949	56.003
#1 AND #2 AND #3	TX ("bone density" OR "bone mineral content" OR "bone mineral density" OR "bone mass" OR "bone health") AND TX ("Absorptiometry,Photon" OR DXA OR DEXA OR "dual energy x-ray absorptiometry" OR "dual energy x-ray absorptiometer") AND TX (athletes OR players OR collegiate OR "university athletes" OR "university players" OR "college players" OR "college athletes" OR "varsity players" OR "varsity athletes" OR "collegiate athletes" OR "collegiate players")	1.767	887

Tabela suplementar 1g. Número de artigos e filtros utilizados por grupo na base SportDiscus (EBSCOhost).**SPORTDISCUS (04-09-2018 as 22:25) TX ALL TEXT**

Número de estudos localizados: 955

Filtros: revistas acadêmicas

Número de estudos após a aplicação dos filtros: 904 artigos

Grupos	Descritores e palavras-chave	Número de estudos localizados sem filtros	Número de estudos após a aplicação dos filtros
#1	TX "bone density" OR "bone mineral content" OR "bone mineral density" OR "bone mass" OR "bone health"	12.771	9.814
#2	TX "Absorptiometry,Photon" OR DXA OR DEXA OR "dual energy x-ray absorptiometry" OR "dual energy x-ray absorptiometer"	5.202	4.937
#3	TX athletes OR players OR collegiate OR "university athletes" OR "university players" OR "college players" OR "college athletes" OR "varsity players" OR "varsity athletes" OR "collegiate athletes" OR "collegiate players"	533.018	118.903
#1 AND #2 AND #3	TX ("bone density" OR "bone mineral content" OR "bone mineral density" OR "bone mass" OR "bone health") AND TX ("Absorptiometry,Photon" OR DXA OR DEXA OR "dual energy x-ray absorptiometry" OR "dual energy x-ray absorptiometer") AND TX (athletes OR players OR collegiate OR "university athletes" OR "university players" OR "college players" OR "college athletes" OR "varsity players" OR "varsity athletes" OR "collegiate athletes" OR "collegiate players")	955	904

Tabela suplementar 1h. Número de artigos e filtros utilizados por grupo na base LILACS.

LILACS (04-09-2018 as 23:51) – PALAVRAS EM INGLÊS E PORTUGUÊS

Número de estudos localizados: 2

Filtros: sem filtros

Número de estudos após a aplicação dos filtros: 2 artigos

Grupos	Descritores e palavras-chave*	Número de estudos localizados sem filtros	Número de estudos após a aplicação dos filtros
#1	(tw:("bone density" OR "bone mineral content" OR "bone mineral density" OR "bone mass" OR "bone health"))	219	NA
#2	(tw:("Absorptiometry,Photon" OR DXA OR DEXA OR "dual energy x-ray absorptiometry" OR "dual energy x-ray absorptiometer"))	635	NA
#3	(tw:(athletes OR players OR collegiate OR "university athletes" OR "university players" OR "college players" OR "college athletes" OR "varsity players" OR "varsity athletes" OR "collegiate athletes" OR "collegiate players"))	1217	NA
#1 AND #2 AND #3	(tw:("bone density" OR "bone mineral content" OR "bone mineral density" OR "bone mass" OR "bone health")) AND (tw:("Absorptiometry,Photon" OR DXA OR DEXA OR "dual energy x-ray absorptiometry" OR "dual energy x-ray absorptiometer")) AND (tw:(athletes OR players OR collegiate OR "university athletes" OR "university players" OR "college players" OR "college athletes" OR "varsity players" OR "varsity athletes" OR "collegiate athletes" OR "collegiate players"))	2	NA

NA: não aplicável; * palavras escritas em inglês e português.

Tabela suplementar 1i. Número de artigos e filtros utilizados por grupo na base SciELO.**SciELO (04-09-2018 as 23:49) TOPICO – INGLÊS E PORTUGUÊS**

Número de estudos localizados: não se aplica

Filtros: sem filtros

Número de estudos após a aplicação dos filtros: 4 artigos

Grupos	Descritores e palavras-chave*	Número de estudos localizados sem filtros	Número de estudos após a aplicação dos filtros
#1	TOPIC: ("bone density" OR "bone mineral content" OR "bone mineral density" OR "bone mass" OR "bone health")	864	NA
#2	OPIC: ("Absorptiometry,Photon" OR DXA OR DEXA OR "dual energy x-ray absorptiometry" OR "dual energy x-ray absorptiometer")	378	NA
#3	TOPIC: (athletes OR players OR collegiate OR "university athletes" OR "university players" OR "college players" OR "college athletes" OR "varsity players" OR "varsity athletes" OR "collegiate athletes" OR "collegiate players")	3.274	NA
#1 AND #2 AND #3	TOPIC: ("bone density" OR "bone mineral content" OR "bone mineral density" OR "bone mass" OR "bone health") AND TOPIC: ("Absorptiometry,Photon" OR DXA OR DEXA OR "dual energy x-ray absorptiometry" OR "dual energy x-ray absorptiometer") AND TOPIC: (athletes OR players OR collegiate OR "university athletes" OR "university players" OR "college players" OR "college athletes" OR "varsity players" OR "varsity athletes" OR "collegiate athletes" OR "collegiate players")	4	NA

NA: não aplicável; * palavras escritas em inglês e português

Tabela suplementar 2. Blocos de variáveis de ajuste, predictoras ou covariáveis

Blocos (quantidade de variáveis)	Variáveis de ajuste, predictoras ou covariáveis	Número de artigos
Sociodemográficos <i>(contém três variáveis)</i>	Idade	3
	Sexo	1
	Etnia	2
Crescimento físico <i>(contém uma variável)</i>	Estatura	4
Composição corporal <i>(contém nove variáveis)</i>	Massa corporal total	8
	Massa magra	5
	Massa gorda	3
	Massa livre de gordura	1
	Massa muscular	1
	Massa corporal ideal	1
	Comprimento de fêmur	1
	Índice de massa corporal	1
Aspectos endócrinos <i>(contém quatro variáveis)</i>	Testosterona total	1
	Testosterona livre	1
	Oestradiol total	1
	Oestradiol livre	1
Aptidão física <i>(contém duas variáveis)</i>	Força de prensão manual	1
	VO ² _{max.}	1
Treinamento esportivo <i>(contém três variáveis)</i>	Anos de treinamento	1
	Esporte praticado	2
	Treinamento resistido	1
Aspectos ginecológicos <i>(contém três variáveis)</i>	Idade menarca	2
	Estado menstrual	2
	Idade ginecológica	1

VO²_{max}: consumo máximo de oxigênio

2.3 ARTIGO 2

Massa óssea, geometria e força do quadril em atletas universitários de esportes com diferentes níveis de impacto: comparação entre esportes e associação a múltiplos fatores

Resumo

O objetivo foi comparar os parâmetros de composição óssea, de geometria e de força do quadril e verificar a associação destes parâmetros ósseos com múltiplos fatores em atletas universitários de esportes com diferentes níveis de impacto. O total de 167 atletas universitários (92 masculinos), com idade média de 22,07 anos ($\pm 3,27$). A densidade mineral óssea (DMO) e o conteúdo mineral ósseo corrigido pela estatura (CMO/estatura) total do corpo e regional (braços, pernas, tronco, pelve, coluna lombar e fêmur proximal) foram mensurados por absorciometria dupla emissão de raio-X (DXA). Ainda, o índice de força (IF), a área transversal no momento da inércia (CSMI), o módulo de sessão (Z), a área de secção transversal (CSA), o ângulo do eixo do pescoço (NSA) e o comprimento do eixo do quadril (CEQ) foram obtidas por meio do *Advanced Hip Assessment*. Os esportes foram categorizados por nível osteogênico, BLU elevada (mais osteogênico) e BLU moderada/baixa (menos osteogênico). As covariáveis foram idade, massa gorda (MG), massa isenta de gordura e osso (MIGO), volume de treino (VT) e tempo de prática (TP), suplementação alimentar, uso de contraceptivo oral e menstruação regular. Atletas do sexo masculino com maiores valores dos parâmetros de composição óssea, geometria e força do quadril (exceto NSA) comparadas as atletas do sexo feminino. O CEQ foi maior em atletas masculinos de esportes com BLU elevada comparados com BLU moderada/baixa. No sexo feminino, o NSA foi maior nas atletas de esportes com BLU moderada/baixa comparadas com BLU elevada. A MG e a MIGO estiveram diretamente associadas a DMO e CMO/estatura do corpo todo e regional, independente do esporte praticado, em ambos os sexos. A MIGO esteve fortemente associada ao CSMI, Z, CSA em atletas do sexo masculino com BLU moderado/baixo e em atletas do sexo feminino, independentemente nível osteogênico do esporte. O VT foi inversamente associado e o TP diretamente associado aos parâmetros de composição, rigidez e resistência óssea em atletas do sexo masculino de esportes com BLU moderado/baixo. Estes resultados sugerem que o CEQ (masculino) e o NSA (feminino) apresentaram diferenças

entre os tipos de esportes, a MG e a MIGO estiveram diretamente associadas a todos os parâmetros ósseos, independente do sexo e do esporte praticado.

Palavras-Chave: Densidade óssea. Remodelação óssea. Ciências nutricionais do esporte. Universidade.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da massa óssea na população atlética varia principalmente de acordo com o esporte praticado. A manutenção do sistema esquelético no final da adolescência e durante a juventude não é apenas um importante determinante para o melhor desempenho esportivo, mas também para promover saúde, pois reduz o risco de osteoporose em outras fases da vida (15,28). Portanto, a prática de exercícios continua sendo um dos principais fatores modificáveis que contribui para o aprimoramento dos parâmetros ósseos.

O efeito osteogênico é maior para atletas do que para praticantes de esportes recreacionais ou sujeitos sedentários (11,19,34,35,39). Entretanto, nem todos os tipos esportes são igualmente benéficos para o desenvolvimento ósseo (41), pois as adaptações ósseas geradas por deformações produzidas por forças axiais (compressão, torção, flexão e tração) e influenciadas pela magnitude, velocidade e frequência da carga da atividade, ou seja, varia conforme o esporte praticado (9). Atletas de esportes com impactos verticais de alta magnitude como o voleibol, basquetebol e ginástica tendem a apresentar maiores valores de conteúdo mineral ósseo (CMO) e densidade mineral óssea (DMO) que atletas de esportes com impacto de magnitude moderada (*flag football*, futebol de campo, hóquei em grama e tênis em quadra) (26,30,33) com aplicações de forças musculares de alta magnitude (judô) (1,22) com aplicações de força musculares com baixo impacto (corrida de longa distância) (1,5,22,36) e com cargas repetidas sem impacto (natação) (12,33,36,37). Embora haja essa compreensão, a aplicação destes níveis de impacto em pesquisas com atletas é recente e a ainda limitada (28), pois classificam o efeito osteogênico dos esportes com base nas comparações de variância estatística. Portanto, ao comparar esportes de acordo com o impacto mecânico é necessário que a magnitude, a velocidade e a frequência da carga do esporte sejam analisadas por *experts* e apresentem reprodutibilidade, como é o caso do *bone loading unit* (BLU) (9). Essa estratégia de classificação dos esportes ainda não foi empregada nas pesquisas com atletas universitários, o que carece de investigação.

Poucos estudos com atletas universitários corrigiram por alometria os valores de CMO pela estatura (25), seguiram protocolos padronizados para o cálculo do erro de precisão em atletas (17) e utilizaram técnicas como *Advanced Hip Assessment* (AHA) para estimativas de parâmetros de rigidez e resistência ósseas em locais específicos do fêmur proximal (4). Tais estratégias metodológicas são recomendadas pela *Internacional Society for Clinical Densitometry* (ISCD) (17) e, ainda são pouco adotadas nas pesquisas no meio do esporte, o

que dificulta a comparação entre estudos conduzidos com diferentes populações de atletas universitários.

Além desses aspectos metodológicos importantes de serem discutidos, fatores modificáveis podem estar diferentemente associados aos parâmetros ósseos (DMO, CMO, geometria e força do quadril) em atletas de esportes com diferentes níveis de impacto (15,29). Esses fatores modificáveis, como a composição corporal, volume e intensidade de treinamento, suplementação alimentar e, uso de medicamentos são variáveis que podem interferir nas adaptações dos parâmetros ósseos à categoria esportiva praticada (15,30) e, por essa razão, devem ser controlados nas análises de comparações entre esportes. Além disso, as mulheres têm menor quantidade de massa muscular, maior quantidade de massa gorda e, conseqüentemente, menor tamanho dos ossos, quando comparadas aos homens, fatores que são inversamente associados a formação óssea (24,29). Em atletas, essas diferenças entre os sexos nos parâmetros de composição óssea, de força e geometria do quadril é aumentado devido ao impacto mecânico do esporte, portanto, desfechos relacionados a massa óssea em atletas devem ser investigados de acordo com o sexo (4,15,18).

Portanto os objetivos desse artigo foram: 1) comparar de acordo com o sexo os parâmetros de composição óssea (DMO e CMO total e regional) e de rigidez e resistência óssea (geometria e força do quadril) entre atletas universitários de esportes com diferentes níveis de impacto; 2) verificar a associação entre estes parâmetros ósseos e fatores não modificáveis (idade) e modificáveis (composição corporal; volume de treino semanal; tempo de prática no esporte; suplementação alimentar; uso de contraceptivo oral e menstruação regular) em atletas universitários de esportes com diferentes níveis de impacto e de acordo com o sexo.

MÉTODOS

Desenho do estudo

Este foi um estudo transversal realizado de setembro a outubro de 2017 com atletas universitários da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), localizada na cidade de Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos da UFSC com o número de parecer 2.308.476. Todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e o protocolo de pesquisa está de acordo com a Declaração de Helsinki.

População e amostra

A população foi composta por atletas universitários de diferentes esportes, regularmente matriculados em cursos de graduação e pós-graduação da universidade. A amostra do estudo foi não probabilística, em que todos os atletas que participavam dos treinos para as competições esportivas regionais, nacionais e internacionais, na faixa etária de 18 a 35 anos de idade, de ambos os sexos, foram convidados. De acordo com a Secretaria de Esportes da universidade, 179 atletas de diferentes esportes representavam a instituição em competições esportivas.

Os critérios de elegibilidade foram: 1) regularmente matriculados em curso de graduação e pós-graduação da universidade; 2) participar de pelo menos uma competição esportiva estadual, regional, nacional e/ou internacional ao longo de uma temporada esportiva no ano de 2017. Os critérios de exclusão foram: 1) atletas que foram submetidos a procedimentos que alteravam a composição corporal, como cirurgia bariátrica; 2) atletas sem vínculo acadêmico com a universidade. Os atletas que rejeitaram o convite para participar do estudo foram considerados como recusas ($n = 6$) e os atletas que aceitaram participar do estudo, porém não compareceram ao encontro de coleta de dados, em até três tentativas foram considerados como perdas ($n = 6$).

O tamanho da amostra foi calculado a *posteriori* considerando o erro do tipo I ($\alpha=0,05$) e erro de tipo II ($\beta=0,80$) para identificar a associação com os grupos de BLU elevado e BLU moderado/baixo investigadas com tamanho de efeito médio (0,50) (8) para o CMO. Para análise de correlação parcial, a poder da amostra a *posteriori* indicou que com $\alpha=0,05$ e $\beta=1,00$, a amostra de 167 atletas permitiu identificar associações com tamanho de efeito de 0,50. Todos os cálculos foram realizados no software G*Power® versão 3.1.9.2 (Universitat Dusseldorf, Alemanha).

Variáveis dependentes

As variáveis dependentes foram os parâmetros de composição óssea (DMO e CMO/estatura do corpo todo e regional) e os parâmetros de rigidez e resistência óssea (geometria e força do quadril). A DXA da GE® *Lunar Prodigy Advance* (GE Medical Systems Lunar, Madison, WI, USA) foi usada para avaliação dos parâmetros ósseos. A aquisição das varreduras (*scans*) foi computada por *software* EnCORE® 2011 (GE Medical Systems Lunar, Madison, WI, USA), versão 13.60.03.

A DMO e o CMO dos braços, das pernas, do tronco, da pelve e total do corpo foram obtidos a partir da varredura do corpo inteiro. Além dessas regiões corporais, a DMO e o CMO da coluna lombar (L1 a L4), foram obtidos por meio da varredura da coluna lombar anteroposterior e, a DMO e o CMO total do fêmur por meio da varredura do terço proximal do fêmur. Na varredura de corpo inteiro, o atleta permanecia deitado na posição de decúbito dorsal, com os braços ao lado do corpo e as palmas das mãos voltadas para baixo (13). Nenhuma estimativa de tecido ósseo foi obtida por meio de avaliação do hemitórax, pois todos os atletas ficaram dentro dos limites da maca. Na varredura da coluna lombar anteroposterior, o atleta permanecia na posição de decúbito dorsal com os braços ao lado do corpo, com o quadril flexionado e mantendo as pernas apoiadas sobre uma almofada na posição de 90° graus (13). Na varredura do terço proximal do fêmur, foi adotada a mesma posição descrita para a varredura de corpo inteiro, adicionando apenas a abdução das pernas com rotação interna dos pés. Os pés estavam fixados a um acessório recomendado pelo fabricante do equipamento (13). Após a varredura e quando necessário, ajustes manuais das regiões de interesse (ROI) e das áreas ósseas não identificadas pelo *software* (pintura dos *pixels*) foram realizados para todos os atletas. Todas as varreduras e ajustes foram realizados por um técnico treinado de acordo com as padronizações da ISCD (31). Informações de idade, estatura, massa corporal, sexo e etnia foram personalizados para cada atleta.

Os parâmetros de geometria e força do quadril foram calculados pelo software *Advanced Hip Assessment*® (AHA) (GE Medical Systems Lunar, Madison, WI, USA). Os parâmetros investigados foram o índice de força (IF), a área transversal no momento da inércia (CSMI, mm⁴), o módulo de seção (Z, mm³), a área de seção transversal (CSA, mm²), o ângulo do eixo do pescoço (NSA, graus) e o comprimento do eixo do quadril (CEQ, mm). O IF é um parâmetro da resistência do fêmur à fratura da força gerada durante uma queda no trocânter maior, calculado conforme idade, sexo, estatura e massa corporal (43). O CSMI é a distribuição de massa mineral ao redor do centro do pescoço femoral e o Z é um indicador da força máxima de flexão em uma seção transversal, ambos são índices da rigidez estrutural à carga de flexão (2,4). O CSA é a área total da superfície do quadril excluindo a área de tecido mole e osso trabecular, sendo considerada um índice de resistência às forças axiais de compressão, tensão, torção e flexão (2,4). Adicionalmente, o NSA é a interseção entre o pescoço femoral e o eixo da diáfise femoral e pode ser um parâmetro eficaz para prever o

risco de fratura no quadril (2). O CEQ representa a distância ao longo do eixo do colo femoral desde a borda pélvica interna até a borda externa do trocânter maior (45).

O controle de qualidade foi garantido com processo diário e semanal de calibração realizado pelas manhãs (13). Para a realização dos exames, os atletas foram orientados a: 1) vestirem roupas leves (*shorts, tops, lycra, maiô, biquíni, sunga, entre outros*); 2) retirarem qualquer artigo e acessório que possa atenuar o feixe de raios-X (fechos de correr, molas, fivelas, botões, brincos, anéis, *piercing*, entre outros); 3) não realizarem o exame em caso de gestação (sexo feminino); 4) não terem ingerido ou injetado radionuclídeos e agentes radiopacos, nos cinco dias anteriores à coleta de dados. Além disso, a variação biológica foi padronizada para todos os atletas em que os mesmos foram orientados a: 1) não realizarem atividade física de intensidade moderada ou vigorosa nas 12 horas anteriores à coleta de dados; 2) esvaziarem a bexiga antes da realização do teste; 3) não ingerirem álcool a menos de 48 horas do teste; 4) não tomarem medicamentos diuréticos a menos de sete dias do teste; 5) não estarem no período menstrual (sexo feminino), caso isso acontecesse, o teste era agendado para outro momento.

O erro de precisão específico para este estudo foi calculado com a finalidade de controlar a variação de posicionamento, do instrumento e do operador (17). Todas as etapas para o cálculo do erro de precisão foram padronizadas de acordo com as recomendações da ISCD (31). Para o protocolo de precisão, 30 estudantes universitários praticantes de esportes recreacionais, que não participaram da amostra do estudo, com idade e sexo semelhantes aos da população do estudo foram avaliados duas vezes (17), em dias consecutivos (44) e com reposicionamento após cada medição (17). Essas avaliações foram anteriores à coleta de dados da pesquisa com os atletas. A variação biológica foi padronizada em que, nas duas avaliações, os avaliados seguiram as mesmas orientações pré-exame que os atletas universitários. O erro de precisão [expresso em Raiz do Valor Quadrático Médio com Desvio Padrão (RVQM \pm DP)] e *Least Significant Change* (LSC) para cada região corporal investigada neste estudo foi calculado utilizando a “ferramenta de cálculo de precisão de densitometria óssea” (*bone densitometry precision calculating tool*) versão 2.1 disponibilizado pela ISCD (ISCD, 2019). Adicionalmente, o coeficiente de variação em percentual foi calculado para todas as regiões corporais. O erro de precisão para cada região corporal foi: 1) braços 0,028 g/cm² (RVQM \pm SD); 0,079 g/cm² (LSC); 1,38% (CV); 2) pernas 0,019 g/cm² (RVQM \pm SD); 0,054 g/cm² (LSC); 0,77% (CV); 3) tronco 0,031 g/cm²

(RVQM \pm SD); 0,085 g/cm² (LSC); 1,04% (CV); 4) pelves 0,060 g/cm² (RVQM \pm SD); 0,165 g/cm² % (LSC); 1,62% (CV); 5) total do corpo 0,009 g/cm² (RVQM \pm SD); 0,024 g/cm² (LSC); 0,4% (CV); 6) coluna lombar (L1 a L4) 0,022 g/cm² (RVQM \pm SD); 0,060 g/cm² (LSC); 1,2% (CV); 7) fêmur proximal total 0,014 g/cm² (RVQM \pm SD); 0,038 g/cm² (LSC); 0,58% (CV).

Variável independente

O esporte praticado foi a variável independente. Do total da população (n = 179) foram avaliados 167 atletas universitários, em que 92 atletas eram do sexo masculino [atletismo (n = 11), badminton (n = 02), basquetebol (n = 01), futebol de campo (n = 30), futsal (n = 14), hóquei em grama (n = 03), judô (n = 08), natação (n = 07), skate (n = 01), tênis de mesa (n = 04) e voleibol (n = 11)] e 75 atletas eram do sexo feminino [atletismo (n = 06), badminton (n = 01), *flag football* (n = 13), futsal (n = 20), handebol (n = 09), hóquei em grama (n = 04), judô (n = 06), skate (n = 03), tênis de mesa (n = 01) e voleibol (n = 12)].

Os esportes foram classificados de acordo com as cargas aplicadas ao esqueleto usando unidades de carga óssea (*bone loading units- BLU*) propostas por Dolan et al. (9). As listas com as BLUs das 36 atividades e a reprodutibilidade desta classificação estão descritas na literatura (9). Os esportes futsal, skate, judô e tênis de mesa não tiveram a BLU calculada no estudo de Dolan et al. (9). Por esse motivo, esses esportes receberam a pontuação de BLU, de esportes similares em relação aos efeitos osteogênicos: futsal = futebol de campo; skate = *snowboarding*; tênis de mesa = badminton; judô = caratê, *tae bo*, taekwondo. Cada esporte foi classificado em elevada carga óssea (escore final $\geq 11,0$), moderada carga óssea (escore final $> 4,0 < 11,0$) e baixa carga óssea (escore final $\leq 4,0$). No presente estudo, os esportes atletismo, basquetebol, voleibol foram considerados de elevada carga óssea; os esportes *flag football*, futebol de campo, futsal, handebol, hóquei em grama, judô e *skate* foram considerados de moderada carga óssea; os esportes badminton, natação e tênis de mesa foram considerados de baixa carga óssea. Devido à distribuição amostral nos esportes investigados, as categorias de baixa carga óssea e moderada carga óssea foram agrupadas em uma única categoria.

Variáveis de caracterização e estratificação

As variáveis de caracterização foram a estatura (cm) e massa corporal (kg). As medidas foram coletadas de acordo com a padronização propostas por Marfell-Jones et al. (21) e tomadas por avaliador com certificação nível um da *International Society for the Advancement of Kinanthropometry* (ISAK). Para a estatura, o instrumento utilizado foi o estadiômetro portátil, da marca Altuxata® (Belo Horizonte, Brasil), com resolução em milímetros e estatura máxima de 213 cm. A massa corporal foi medida com balança integrada ao equipamento de bioimpedância elétrica (BIA) modelo InBody 720® (Biospace, Los Angeles, USA), com capacidade de até 250 quilos.

O sexo (masculino e feminino) foi utilizado como variável de estratificação para todos os desfechos do estudo e foi coletado por meio de questionário auto administrado.

Covariáveis

As covariáveis do estudo foram idade (em anos completos); componentes da composição corporal investigados por meio do DXA – massa gorda (em gramas) e massa isenta de gordura e osso (MIGO, em gramas); variáveis de treinamento do esporte investigados por meio de Anamnese – volume de treino semanal (minutos/semana) e tempo de prática total no esporte (em anos completos); suplementação alimentar investigada por meio de Anamnese – uso de suplementação de cálcio, vitamina D e proteína (“sim” ou “não”); aspectos ginecológicos (somente para o sexo feminino) investigados por meio de Anamnese – menstruação regular (“sim” ou “não”) e uso de contraceptivo oral (“sim” ou “não”).

Análise estatística

Para análise dos dados, inicialmente foi realizada a estatística descritiva (média e desvio padrão). A normalidade dos dados foi verificada por meio da distância entre a média e a mediana, da análise de histogramas e da observação de assimetria e curtose (intervalo de -3 e +3 como critério) (20). Todas as variáveis apresentaram distribuição normal. O tamanho de efeito para variáveis contínuas e com distribuição normal (Cohen'D) foi utilizado na comparação entre os sexos em que valores abaixo de 0,2; 0,5 e 0,8 são classificados, respectivamente, em baixo, médio e elevado tamanho de efeito (8).

A análise de covariância (ANCOVA) foi utilizada para comparar as diferenças entre os esportes com BLU elevada e BLU moderada/baixa. Para ambos os sexos, foi adotada a mesma lógica para entrada de covariáveis nos modelos da ANCOVA: no modelo 1 (bruto)

nenhuma covariável foi incluída; no modelo 2 foi incluída a variável idade; no modelo 3 foram incluídas as variáveis do modelo 2 e os componentes da composição corporal (massa gorda e MIGO); no modelo 4 foram incluídas as variáveis do modelo 3 e as variáveis de treinamento físico (volume de treino semanal e tempo de prática total no esporte); no modelo 5 foi incluído as variáveis do modelo 4 e o uso de suplementação alimentar (cálcio, vitamina D e proteína). Adicionalmente, o modelo 6 foi construído somente para atletas do sexo feminino e foi incluído as variáveis do modelo 5 e os aspectos ginecológicos (menstruação regular e uso de contraceptivo oral). Nesse artigo, estão apresentadas as informações do primeiro e do último modelo para melhor visualização das tabelas, entretanto, na Tabela Suplementar 1 e 2 encontram-se as informações para cada um dos modelos de ajuste.

Com intuito de verificar a associação entre os parâmetros ósseos e as covariáveis foram construídos modelos de correlação parcial para estimativas de coeficientes de correlação, estratificados por sexo e por cada um dos tipos de esportes (BLU elevada vs BLU moderada/baixa). Para isso, testou-se separadamente um modelo de correlação para cada uma das variáveis dependentes. As covariáveis foram ajustadas entre si [idade, massa gorda, MIGO, volume de treino, tempo de prática na modalidade, suplementação alimentar, regularidade do ciclo menstrual (sexo feminino) e uso de contraceptivo (sexo feminino)]. Para identificar os coeficientes de correlação das variáveis dependentes com as co-variáveis suplementação alimentar, regularidade do ciclo menstrual (sexo feminino) e uso de contraceptivo (sexo feminino) foi estimada a correlação de Spearman. Em todas as análises foi considerado nível de significância de 5%. O programa STATA® (*Statistical Software for Professionals*, Texas, USA), versão 13.0 foi utilizado para as análises de dados.

RESULTADOS

Ao todo 167 atletas, sendo 92 do sexo masculino e 75 do sexo feminino participaram do estudo. A média de idade para os atletas do sexo masculino foi 21,75 ($\pm 3,39$) anos e para o feminino foi 22,45 ($\pm 3,39$) anos. Os atletas do sexo masculino apresentaram maiores valores para a massa corporal, estatura, todos os parâmetros de composição óssea (DMO e CMO dos braços, pernas, tronco, pelves, total do corpo, coluna lombar e fêmur proximal) e de geometria e força do quadril (índice de força, CSMI, Z, CSA e CEQ) comparados as atletas do sexo feminino ($p < 0,01$). O tamanho de efeito foi considerado alto ($> 0,8$) para maior parte das

variáveis na comparação entre os sexos. Não houve diferenças na comparação da média de idade e do NSA entre os sexos (Tabela 1).

Entre os atletas do sexo masculino, àqueles que pertenciam aos esportes com a BLU elevada apresentaram maiores valores de CEQ quando comparado aos atletas de esportes com a BLU moderada/baixa (modelo bruto, $p=0,04$), mesmo após ajuste por todas as covariáveis (modelo ajustado, $p=0,04$). Para os demais parâmetros ósseos investigados não houve diferenças entre os tipos de esportes praticados (Tabela 2). Na Tabela Suplementar 1 encontram-se as informações de cada um dos modelos de ajuste.

As atletas do sexo feminino que pertenciam aos esportes com a BLU moderada/baixa apresentaram maiores valores para o NSA comparadas as atletas que pertenciam aos esportes com a BLU elevada, tanto no modelo bruto ($p=0,04$), quanto no ajustado ($p=0,03$). Para os demais parâmetros ósseos investigados não houve diferenças entre os tipos de esportes praticados (Tabela 3). Na Tabela Suplementar 2 encontram-se as informações de cada um dos modelos de ajuste.

Nos atletas do sexo masculino que pertenciam aos esportes com a BLU elevada, os parâmetros de composição óssea (DMO e CMO) estiveram em maior parte associados às variáveis de composição corporal massa gorda e MIGO, indicando que à medida que se aumentavam os valores de massa gorda e MIGO aumentavam os valores de DMO e CMO total e regional (Tabela 4).

Nos atletas do sexo masculino que pertenciam aos esportes com a BLU moderada/baixa, os parâmetros de composição óssea (DMO e CMO), e de rigidez e resistência óssea (geometria e força do quadril) estiveram associados, em maior parte, à MIGO e ao volume de treino semanal, indicando que à medida que se aumentavam os valores de MIGO aumentavam-se os valores de parâmetros de composição óssea e de rigidez e resistência óssea. Por outro lado, à medida que se aumentava o volume de treino semanal, os valores de parâmetros de composição óssea e de rigidez e resistência óssea diminuía. Além disso, o tempo de prática na modalidade foi associado a maiores valores de CMO e de geometria e força do quadril (Tabela 4).

Nas atletas do sexo feminino que pertenciam aos esportes com a BLU elevada, o aumento da idade esteve associado a menores valores de CMO e de geometria e força do quadril. Além disso, encontrou-se que maiores valores de MIGO nessas atletas estavam associados a maiores valores de DMO, CMO e de geometria e força do quadril (Tabela 5).

Nas atletas do sexo feminino que pertenciam aos esportes com a BLU moderada/baixa, os parâmetros de composição óssea (DMO e CMO), e de rigidez e resistência óssea (geometria e força do quadril) estiveram associados, em maior parte, à massa gorda e a MIGO, indicando que maiores valores dessas variáveis resultavam em maiores valores de parâmetros de composição óssea e de rigidez e resistência óssea (Tabela 5).

DISCUSSÃO

Os principais resultados desse estudo foram que: 1) o CEQ foi maior em atletas do sexo masculino dos esportes com a BLU elevada quando comparado aos atletas de esportes com a BLU moderada/baixa; 2) as atletas do sexo feminino que pertenciam aos esportes com a BLU moderada/baixa apresentaram maiores valores para o NSA comparadas as atletas que pertenciam aos esportes com a BLU elevada; 3) a massa gorda e a MIGO estiveram associadas aos parâmetros de composição óssea (DMO e CMO/estatura do corpo todo e regional), independente da modalidade praticada, em ambos os sexos; 4) a MIGO esteve mais fortemente associada aos parâmetros de rigidez e resistência óssea (geometria e força do quadril) em atletas do sexo masculino de esportes com moderado/baixo impacto e em atletas do sexo feminino, independentemente do tipo de impacto do esporte; 5) o volume de treinamento semanal foi inversamente associado com parâmetros de composição, rigidez e resistência óssea em atletas do sexo masculino com BLU Moderado/baixo, por outro lado o tempo de prática na modalidade foi diretamente associado a maiores valores desses indicadores ósseos.

Na comparação entre os diferentes tipos de esportes, em atletas do sexo masculino, o CEQ foi maior nos esportes com a BLU elevada quando comparado aos atletas de esportes com a BLU moderada/baixa, mesmo após ajustar por todas as covariáveis. Estudo com atletas profissionais britânicos do sexo masculino identificou que após ajuste por idade, estatura e massa corporal, atletas de ginástica (elevado impacto) e nadadores (baixo impacto) apresentaram valores semelhantes de CEQ que os corredores (moderado impacto) (16). Entretanto, uma diferença entre o estudo citado (16) e o presente estudo é o tamanho de amostra que no presente estudo foi maior, o que aumenta o poder das inferências estatísticas. Atletas do sexo masculino que praticam esportes com BLU elevada, ou seja, com maior impacto, têm maior potencial osteogênico, devido a taxa e a magnitude que as forças axiais de torção, compressão, tração e flexão exercem no esqueleto ao realizar o impacto no solo (9,45).

Desta forma, o CEQ pode ser interpretado de acordo com os princípios biomecânicos de alavanca, em que quanto maior o CEQ, maior é a força absorvida pelo fêmur proximal, ou seja, mais força e resistência no quadril o atleta conseguirá produzir (14).

No sexo feminino, as atletas que pertenciam aos esportes com a BLU moderada/baixa apresentaram maiores valores para o NSA comparadas as atletas que pertenciam aos esportes com a BLU elevada. Resultados similares foram encontrados por Mayes et al. (23) em que dançarinas profissionais de balé apresentaram maiores valores de NSA que atletas do sexo feminino de basquetebol e tênis de quadra. O NSA é um parâmetro ósseo dependente de atividades de sustentação do peso corporal, assim quanto mais osteogênico for o esporte menor será o ângulo do NSA (3,32). Nos esportes com maior impacto (BLU elevado), a potência utilizada para saltar gera uma elevada força de reação do solo nas aterrissagens. Em longo prazo, essas forças podem levar a um pescoço femoral alongado e NSA reduzido o que justifica os resultados do presente estudo (32).

No geral, a massa gorda e a MIGO dos atletas do presente estudo estiveram associadas aos parâmetros de composição óssea (DMO e CMO/estatura do corpo todo e regional), independentemente do tipo de esporte praticado, em ambos os sexos. A literatura parece divergir em relação a associação da massa gorda e parâmetros de composição óssea. Estudo com atletas universitárias de ginástica identificou associação direta da massa gorda com a DMO das pernas e braços (26). Outro estudo, não encontrou associação entre os parâmetros de composição óssea e massa gorda em atletas universitárias de ginástica e de natação (37). Ainda, foi encontrado associação inversa entre massa gorda e DMO total, lombar, dos braços e das pernas de arremessadores do atletismo (*throwers*) (42). Uma possível justificativa é que a matriz celular em que as células de gordura (adipócitos) e as células de formação ósseas (osteoblastos) são originadas é a mesma, ou seja, ambas as células são provenientes do mesmo local (células-tronco mesenquimais) (6). Além disso, em pessoas com excesso de gordura corporal, os adipócitos estimulam a produção de estrogênio, a secreção de leptina e, conseqüentemente, inibem a ativação dos osteoclastos, o que retarda o processo de remodelação óssea (29). Entretanto, para atletas parece existir um platô em que até certo ponto a massa gorda contribui para o aumento do estresse mecânico, o que favorece os processos osteogênicos e, conseqüentemente, contribui para o aumento dos parâmetros de composição óssea, o que explica a correlação positiva entre massa gorda e os parâmetros de composição óssea no presente estudo (29).

Similar aos resultados da presente pesquisa, diversos estudos com atletas universitários de diferentes esportes mostraram correlação positiva entre MIGO e parâmetros de composição óssea total do corpo e regional (1,26,42), identificando que maiores valores de MIGO resultaram em maiores valores de DMO e CMO. A explicação biológica para essa correlação é que, principalmente em atletas, o aumento da MIGO leva a um aumento da força muscular (ou vice-versa) e, conseqüentemente, da carga tensional dos músculos nos ossos. Todo esse estresse mecânico estimula a formação óssea (osteoblastos e osteócitos) (29). Adicionalmente, maior MIGO permite aos atletas produzirem saltos, corridas e a ações específicas de cada esporte com maior potência, vigor e resistência ou vice-versa (15). Portanto, a relação entre MIGO e parâmetros de composição óssea em atletas, produz um sistema osteogênico contínuo, com retroalimentação positiva, e que estão diretamente associados ao desempenho esportivo.

Em relação aos parâmetros de rigidez e resistência óssea (geometria e força do quadril), a MIGO esteve mais fortemente associada ao CSMI, Z, CSA em atletas do sexo masculino de esportes com moderado/baixo impacto e em atletas do sexo feminino, independentemente do tipo de impacto do esporte. Similar aos resultados do presente estudo, a massa magra esteve associada ao CSMI em atletas de esportes com diferentes níveis de impacto (corredores de longa distância e ginastas) (16). Os parâmetros de rigidez e resistência óssea como áreas, bem como a forma e a força do quadril são determinados em grande parte pelas forças mecânicas exercidas no corpo e são resultado das atividades físicas praticadas (27). Isto ocorre devido ao processo de resposta do osso às cargas axiais denominado mecanotransdução (15). A mecanotransdução que tem como princípio fundamental que a deformação física do osso estimula diretamente a formação, a resistência e a rigidez óssea (15), o que explica a forte associação do CSMI, Z, CSA com a MIGO, uma vez que o aumento da MIGO também está associado ao aumento do estresse mecânico gerado pelo impacto ou tensão muscular (27).

Neste estudo, o volume de treinamento semanal foi inversamente associado com parâmetros de composição, rigidez e resistência óssea em atletas do sexo masculino que pertenciam a esportes com BLU moderado/baixo. Os resultados do presente estudo foram divergentes ao consenso estabelecido pela literatura, em que os parâmetros composição, geometria e força do quadril foram diretamente associados ao volume de treinamento semanal (10,38). Uma possível explicação para os resultados do presente estudo é que os atletas de

esportes com BLU moderada/baixa apresentaram menor volume de treino que os atletas de BLU elevada (~ 5,0 vs 6,5 horas por semana; dados não apresentados em tabelas). Adicionalmente, outro fator que pode explicar a associação inversa foi que os atletas foram avaliados no final da temporada em que a intensidade das sessões de treinamento é reduzida e a ênfase em exercícios de destreinamento é maior (7), o que pode implicar na diminuição dos parâmetros de composição, rigidez e resistência óssea.

Por outro lado, o tempo de prática no esporte foi diretamente associado a maiores valores dos parâmetros de composição óssea (apenas CMO/estatura) e de rigidez e resistência óssea em atletas do sexo masculino de esportes com BLU moderada/baixa. Confirmando os resultados do presente artigo, estudo realizado com atletas universitários de diferentes esportes identificou aumento do CMO total do corpo dos atletas da linha de base até o final de 24 meses (duas temporadas) (33). Isso ocorre, pois, o processo de formação óssea é acumulativo, ou seja, à medida que aumenta os anos de prática do esporte a tendência é que aumente também o CMO, a geometria e a força do quadril (40).

A quantidade de esportes investigados é um ponto forte do estudo. Adicionalmente, destaca-se a categorização dos esportes de acordo com o BLU, pois esta foi criada por *experts* de diferentes áreas do conhecimento e por considerar a magnitude, velocidade e frequência da carga de cada esporte no cálculo do BLU (9). Além disso, outro ponto forte do estudo foi que os modelos estatísticos foram ajustados por diversos fatores que influenciam nos parâmetros ósseos, o que permite melhores inferências dos achados. Ainda, o cálculo do erro de precisão e a coleta de dados no DXA seguiu as recomendações da ISCD (17), o que garantiu aos dados menor erro de posicionamento, maior padronização da variação biológica e, conseqüentemente, garantiu qualidade na análise de dados. O poder da amostra permitiu identificar associações das covariáveis com os grupos de BLU elevado e BLU moderado/baixo em ambos os sexos, o que também é um ponto forte do artigo.

O estudo apresenta como limitações o delineamento transversal, que não permitiu verificar o efeito osteogênico de cada grupo de esportes ao decorrer de uma temporada esportiva. Além disso, o agrupamento feito entre os esportes com BLU moderado e os esportes com BLU baixo, é uma fragilidade do estudo. Por fim, a não investigação da utilização de medicamento ou suplemento com base em corticoides pode ser considerada uma limitação do estudo.

CONCLUSÃO

Os atletas do sexo masculino apresentaram maiores valores para todos os parâmetros de composição óssea e de geometria e força do quadril (exceto NSA) comparados as atletas do sexo feminino. Para o sexo masculino, o CEQ foi maior em atletas dos esportes com a BLU elevada quando comparados aos atletas de esportes com a BLU moderada/baixa. As atletas do sexo feminino que pertenciam aos esportes com a BLU moderada/baixa apresentaram maiores valores para o NSA comparadas as atletas que pertenciam aos esportes com a BLU elevada. Além disso, a massa gorda e a MIGO estiveram associadas aos parâmetros de composição óssea (DMO e CMO/estatura do corpo todo e regional), independente da modalidade praticada, em ambos os sexos. Também, a MIGO esteve mais fortemente associada aos parâmetros de rigidez e resistência óssea (geometria e força do quadril) em atletas do sexo masculino de esportes com moderado/baixo impacto e em atletas do sexo feminino, independentemente do tipo de impacto do esporte. Por fim, o volume de treinamento semanal foi inversamente associado com parâmetros de composição, rigidez e resistência óssea em atletas do sexo masculino com BLU Moderado/baixo, por outro lado o tempo de prática na modalidade foi diretamente associado a maiores valores desses indicadores ósseos.

A realização deste estudo contribui para a área de Educação Física, pois permitirá que treinadores tenham conhecimento a respeito das variações nos parâmetros ósseos em diferentes esportes, o que permitirá melhor controle do treinamento e da preparação atlética para competições universitárias a níveis locais, nacionais ou internacionais. Além disso, proporcionará aos técnicos de esportes e outros profissionais do desempenho, a compressão dos múltiplos fatores (i.e. composição corporal, treinamento físico, suplementação alimentar, aspectos ginecológicos) que podem interferir nos parâmetros de composição e de rigidez óssea e que precisam ser considerados nos ciclos de treinamento esportivo. Por fim, este artigo poderá auxiliar profissionais de diversos campos de atuação quanto ao cálculo do erro de precisão nas medidas de DXA que poderão ser úteis para o uso clínico e no monitoramento dos parâmetros de composição, rigidez e resistência óssea.

REFERÊNCIAS

1. Ackerman, KE, Skrinar, GS, Medvedova, E, Misra, M, and Miller, KK. Estradiol levels predict bone mineral density in male collegiate athletes: A pilot study. *Clin Endocrinol (Oxf)* 76: 339–345, 2012.
2. Al Rassy, N, Matta, J, Frenn, F, Maalouf, G, Rizkallah, M, Bachour, F, et al. Bone Geometric Properties of the Femoral Neck in Underweight Eumenorrheic Women. *J Clin Densitom* 22: 272–278, 2017.
3. Anderson, JY and Trinkaus, E. Patterns of sexual, bilateral and interpopulational variation in human femoral neck-shaft angles. *J Anat* 192: 279–285, 1998.
4. Beck, TJ. Extending DXA beyond bone mineral density: understanding hip structure analysis. *Curr Osteoporos Rep* 5: 49–55, 2007.
5. Bemben, DA, Buchanan, TD, Bemben, MG, and Knehans, AW. Influence of Type of Mechanical Loading, Menstrual Status, and Training Season on Bone Density in Young Athletes. *J Strength Cond Res* 18: 220–226, 2004.
6. Bermeo, S, Gunaratnam, K, and Duque, G. Fat and bone interactions. *Curr Osteoporos Rep* 12: 235–242, 2014.
7. Bompa, T and Buzzichelli, C. *Periodization Training for Sports*, 3E. Human kinetics, 2015.
8. Cohen, J. *The t test for means. Statistical power analysis for the behavioural sciences.* Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1988.
9. Dolan, SH, Williams, DP, Ainsworth, BE, and Shaw, JM. Development and reproducibility of the bone loading history questionnaire. *Med Sci Sports Exerc* 38: 1121–1131, 2006.
10. Ducher, G, Daly, RM, and Bass, SL. Effects of repetitive loading on bone mass and geometry in young male tennis players: a quantitative study using MRI. *J Bone Miner Res* 24: 1686–1692, 2009.
11. Evans, EM, Prior, BM, Arngrimsson, SA, Modlesky, CM, and Cureton, KJ. Relation of bone mineral density and content to mineral content and density of the fat-free mass. *J Appl Physiol* 91: 2166–2172, 2001.
12. Fehling, PC, Alekel, L, Clasey, J, Rector, A, and Stillman, RJ. A comparison of bone mineral densities among female athletes in impact loading and active loading sports. *Bone* 17: 205–210, 1995.
13. GE HEALTHCARE. *Manual do operador enCORE: instruções de uso para densitômetro ósseo lunar prodigy dos modelos Prodigy/ Prodigyadvance/ Prodigy Pro/ Prodigy Primo.* , 2011.

14. Gnudi, S, Sitta, E, and Pignotti, E. Prediction of incident hip fracture by femoral neck bone mineral density and neck–shaft angle: a 5-year longitudinal study in post-menopausal females. *Br J Radiol* 85: e467–e473, 2012.
15. Goolsby, MA and Boniquit, N. Bone health in athletes: the role of exercise, nutrition, and hormones. *Sports Health* 9: 108–117, 2017.
16. Hind, K, Gannon, L, Whatley, E, Cooke, C, and Truscott, J. Bone cross-sectional geometry in male runners, gymnasts, swimmers and non-athletic controls: a hip-structural analysis study. *Eur J Appl Physiol* 112: 535–541, 2012.
17. Hind, K, Slater, G, Oldroyd, B, Lees, M, Thurlow, S, Barlow, M, et al. Interpretation of Dual-Energy X-Ray Absorptiometry-Derived Body Composition Change in Athletes: A Review and Recommendations for Best Practice. *J Clin Densitom* 21: 429–443, 2018.
18. Hirsch, KR, Smith-Ryan, AE, Trexler, ET, and Roelofs, EJ. Body composition and muscle characteristics of division i track and field athletes. *J Strength Cond Res* 30: 1231–1238, 2016.
19. Kirchner, EM, Lewis, RD, and O’Connor, PJ. Bone mineral density and dietary intake of female college gymnasts. *Med Sci Sports Exerc* 27: 543–549, 1995.
20. Kline, RB. Principles and practice of structural equation modeling 2nd ed. 2nd ed. Guilford Publications, 2005.
21. Marfell-Jones, MJ, Stewart, AD, and De Ridder, JH. International standards for anthropometric assessment. International Society for the Advancement of Kinanthropometry, 2012.
22. Matsumoto, T, Nakagawa, S, Nishida, S, and Hirota, R. Bone density and bone metabolic markers in active collegiate athletes: findings in long-distance runners, judoists, and swimmers. *Int J Sports Med* 28: 408–412, 1997.
23. Mayes, S, Ferris, A-R, Smith, P, Garnham, A, and Cook, J. Bony morphology of the hip in professional ballet dancers compared to athletes. *Eur Radiol* 27: 3042–3049, 2017.
24. Naganathan, V and Sambrook, P. Gender differences in volumetric bone density: a study of opposite-sex twins. *Osteoporos Int* 14: 564–569, 2003.
25. Nevill, AM, Holder, RL, Maffulli, N, Cheng, JC, Leung, SS, Lee, WT, et al. Adjusting bone mass for differences in projected bone area and other confounding variables: an allometric perspective. *J Bone Miner Res* 17: 703–708, 2002.
26. Nichols, DL, Sanborn, CF, Bonnicks, SL, Gench, B, and DiMarco, N. Relationship of regional body composition to bone mineral density in college females. *Med Sci Sports Exerc* 27: 178–182, 1995.

27. Nikander, R, Kannus, P, Rantalainen, T, Uusi-Rasi, K, Heinonen, A, and Sievänen, H. Cross-sectional geometry of weight-bearing tibia in female athletes subjected to different exercise loadings. *Osteoporos Int* 21: 1687–1694, 2010.
28. Nikander, R, Sievänen, H, Heinonen, A, Daly, RM, Uusi-Rasi, K, and Kannus, P. Targeted exercise against osteoporosis: A systematic review and meta-analysis for optimising bone strength throughout life. *BMC Med* 8, 2010. Available from: <http://bmcmedicine.biomedcentral.com/articles/10.1186/1741-7015-8-47>
29. Sarkis, KS, de Medeiros Pinheiro, M, Szejnfeld, VL, and Martini, LA. High bone density and bone health. *Endocrinol Nutr* 59: 207–214, 2012.
30. Scerpella, JJ, Buehring, B, Hetzel, SJ, and Heiderscheit, BC. Increased leg bone mineral density and content during the initial years of college sport. *J Strength Cond Res* 32: 1123–1130, 2018.
31. Shepherd, JA, Schousboe, JT, Broy, SB, Engelke, K, and Leslie, WD. Executive Summary of the 2015 ISCD Position Development Conference on Advanced Measures From DXA and QCT: Fracture Prediction Beyond BMD. *J Clin Densitom* 3: 274–286, 2015.
32. Song, Y, Zhang, X, and Rong, K. Effects of long-term high-load exercise on the anatomy of the hip joints: a preliminary report. *J Pediatr Orthop B* 27: 231–235, 2018.
33. Stanforth, D, Lu, T, Stults-Kolehmainen, MA, Crim, BN, and Stanforth, PR. Bone mineral content and density among female NCAA division 1 athletes across the competitive season and over a multi-year time frame. *J Strength Cond Res* 30: 2828–2838, 2016.
34. Taaffe, DR and Marcus, R. Regional and total body bone mineral density in elite collegiate male swimmers. *J Sport Med Phys Fit* 39: 154–159, 1999.
35. Taaffe, DR and Marcus, R. The muscle strength and bone density relationship in young women: dependence on exercise status. *J Sport Med Phys Fit* 44: 98–103, 2004.
36. Taaffe, DR, Robinson, TL, Snow, CM, and Marcus, R. High-impact exercise promotes bone gain in well-trained female athletes. *J Bone Miner Res* 12: 255–260, 1997.
37. Taaffe, DR, Snow-Harter, C, Connolly, DA, Robinson, TL, Brown, MD, and Marcus, R. Differential effects of swimming versus weight-bearing activity on bone mineral status of eumenorrheic athletes. *J Bone Miner Res* 10: 586–593, 1995.
38. Tenforde, AS and Fredericson, M. Influence of sports participation on bone health in the young athlete: a review of the literature. *PM & R* 3: 861–867, 2011.
39. Trexler, E, Smith-Ryan, A, Roelofs, E, and Hirsch, K. Body Composition, Muscle Quality and Scoliosis in Female Collegiate Gymnasts: A Pilot Study. *Int J Sports Med* 36: 1087–1092, 2015.

40. Trexler, ET, Smith-Ryan, AE, Mann, JB, Ivey, PA, Hirsch, KR, and Mock, MG. Longitudinal Body Composition Changes in NCAA Division I College Football Players: *J Strength Cond Res* 31: 1–8, 2017.
41. Vlachopoulos, D, Barker, AR, Ubago-Guisado, E, Fatouros, IG, Knapp, KM, Williams, CA, et al. Longitudinal Adaptations of Bone Mass, Geometry, and Metabolism in Adolescent Male Athletes: The PRO-BONE Study: BONE ACQUISITION IN ADOLESCENT MALE ATHLETES. *J Bone Miner Res* 32: 2269–2277, 2017.
42. Whittington, J, Schoen, E, Labounty, LL, Hamdy, R, Ramsey, MW, Stone, ME, et al. Bone mineral density and content of collegiate throwers: influence of maximum strength. *J Sports Med Phys Fitness* 49: 464–473, 2009.
43. Yoshikawa, T, Turner, CH, Peacock, M, Slemenda, CW, Weaver, CM, Teegarden, D, et al. Geometric structure of the femoral neck measured using dual-energy X-ray absorptiometry. *J Bone Miner Res* 9: 1053–1064, 1994.
44. Zemski, AJ, Hind, K, Keating, SE, Broad, EM, Marsh, DJ, and Slater, GJ. Same-Day Vs Consecutive-Day Precision Error of Dual-Energy X-Ray Absorptiometry for Interpreting Body Composition Change in Resistance-Trained Athletes. *J Clin Densitom* 22: 104–114, 2019.
45. Zymbal, V, Baptista, F, Fernandes, P, and Janz, KF. Determining Skeletal Geometry. In: *Biomarkers in Bone Disease*. Springer Netherlands, 2017. pp. 1–25

Tabela 1 – Características da amostra de atletas universitários de acordo com o sexo.

	Total (n=167)	Masculino (n=92)	Feminino (n=75)		
	Média (±DP)	Média (±DP)	Média (±DP)	p	Cohen'D
Idade (anos)	22,07 ± 3,27	21,75 ± 3,39	22,45 ± 3,10	0,17	0,21
Massa corporal (kg)	66,48 ± 10,53	71,95 ± 8,85	59,77 ± 8,35	<0,01*	1,41
Estatura (cm)	171,72 ± 9,08	177,60 ± 6,29	164,51 ± 6,36	<0,01*	2,07
DMO					
Braços (g/cm ²)	0,94 ± 0,11	0,99 ± 0,55	0,88 ± 0,09	<0,01*	1,1
Pernas (g/cm ²)	1,40 ± 0,16	1,50 ± 0,14	1,29 ± 0,10	<0,01*	1,67
Tronco (g/cm ²)	1,00 ± 0,09	1,04 ± 0,09	0,95 ± 0,08	<0,01*	1,07
Pelves (g/cm ²)	1,29 ± 0,15	1,36 ± 0,15	1,20 ± 0,11	<0,01*	1,16
Total do corpo (g/cm ²)	1,24 ± 0,10	1,28 ± 0,97	1,18 ± 0,07	<0,01*	1,22
Lombar L1 a L4 (g/cm ²)	1,22 ± 0,14	1,25 ± 0,15	1,18 ± 0,11	<0,01*	0,57
Fêmur proximal (g/cm ²)	1,18 ± 0,17	1,26 ± 0,17	1,09 ± 0,11	<0,01*	1,17
CMO/estatura					
Braços (g/cm)	2,04 ± 0,40	2,30 ± 0,31	1,72 ± 0,22	<0,01*	2,12
Pernas (g/cm)	6,54 ± 1,19	7,27 ± 0,97	5,64 ± 0,75	<0,01*	1,85
Tronco (g/cm)	5,66 ± 1,04	6,07 ± 0,96	5,16 ± 0,92	<0,01*	0,96
Pelves (g/cm)	2,25 ± 0,47	2,48 ± 0,44	1,97 ± 0,34	<0,01*	1,28
Total do corpo (g/cm)	17,11 ± 2,55	18,46 ± 2,25	15,46 ± 1,82	<0,01*	1,45
Lombar L1 a L4 (g/cm)	0,43 ± 0,07	0,47 ± 0,07	0,40 ± 0,05	<0,01*	1,1
Fêmur proximal (g/cm)	0,23 ± 0,46	0,26 ± 0,04	0,20 ± 0,02	<0,01*	1,7
Geometria/força do quadril					
Índice de força	1,86 ± 0,42	1,97 ± 0,44	1,73 ± 0,35	<0,01*	0,56
CSMI (mm ⁴)	14534,82 ± 6123,04	18624,22 ± 5146,67	9518,49 ± 2287,98	<0,01*	2,21
Z (mm ³)	867,24 ± 285,71	1054,05 ± 241,45	638,07 ± 121,71	<0,01*	2,11
CSA (mm ²)	187,11 ± 40,34	212,06 ± 34,73	156,49 ± 21,06	<0,01*	1,89
NSA (graus)	129,90 ± 4,11	129,40 ± 3,85	130,51 ± 4,35	0,08	0,27
CEQ (mm)	112,15 ± 10,28	119,07 ± 7,44	103,67 ± 6,04	<0,01*	2,25

DP: desvio padrão; DMO: densidade mineral óssea; CMO/ estatura: conteúdo mineral ósseo corrigido pela estatura; CSMI: área transversal no momento de inércia; Z: módulo seccional; CSA: área de seção transversal; NSA: ângulo de eixo cervical do fêmur; CEQ: comprimento do eixo do quadril; *p-valor <0,05 (Teste t de Student).

Tabela 2 – Comparação dos parâmetros ósseos de acordo com o tipo de esporte praticado em atletas universitários do sexo masculino.

	Masculino			
	BLU Elevado (n=23)	BLU Moderado/ baixo (n=69)		
	Média (EP)	Média (EP)	p	R ²
DMO braços (g/cm²)				
Modelo Bruto	0,98 (0,02)	0,98 (0,01)	0,87	0,01
Modelo Ajustado	0,96 (0,02)	0,99 (0,01)	0,17	0,28
DMO pernas (g/cm²)				
Modelo Bruto	1,39 (0,03)	1,41 (0,01)	0,50	0,01
Modelo Ajustado	1,49 (0,03)	1,50 (0,02)	0,77	0,26
DMO tronco (g/cm²)				
Modelo Bruto	1,03 (0,02)	1,04 (0,01)	0,66	0,01
Modelo Ajustado	1,03 (0,02)	1,04 (0,01)	0,78	0,27
DMO pelves (g/cm²)				
Modelo Bruto	1,33 (0,03)	1,37 (0,02)	0,25	<0,01
Modelo Ajustado	1,34 (0,03)	1,36 (0,02)	0,62	0,14
DMO total (g/cm²)				
Modelo Bruto	1,27 (0,02)	1,29 (0,01)	0,55	0,01
Modelo Ajustado	1,27 (0,02)	1,29 (0,01)	0,53	0,24
DMO coluna lombar (L1 a L4) (g/cm²)				
Modelo Bruto	1,27 (0,03)	1,25 (0,02)	0,64	0,01
Modelo Ajustado	1,28 (0,03)	1,25 (0,02)	0,44	0,13
DMO fêmur proximal total (g/cm²)				
Modelo Bruto	1,23 (0,03)	1,27 (0,02)	0,25	<0,01
Modelo Ajustado	1,24 (0,04)	1,27 (0,02)	0,56	0,06
CMO/estatura braços (g/cm)				
Modelo Bruto	2,35 (0,06)	2,28 (0,04)	0,39	0,01
Modelo Ajustado	2,29 (0,05)	2,30 (0,03)	0,82	0,54
CMO/estatura pernas (g/cm)				
Modelo Bruto	7,32 (0,20)	7,25 (0,12)	0,78	0,01
Modelo Ajustado	7,36 (0,16)	7,24 (0,09)	0,51	0,49
CMO/estatura tronco (g/cm)				
Modelo Bruto	6,02 (0,20)	6,09 (0,12)	0,79	0,01
Modelo Ajustado	6,04 (0,15)	6,08 (0,08)	0,82	0,51
CMO/estatura pelves (g/cm)				
Modelo Bruto	2,45 (0,09)	2,49 (0,05)	0,71	0,01
Modelo Ajustado	2,49 (0,08)	2,48 (0,04)	0,86	0,36
CMO/estatura total (g/cm)				
Modelo Bruto	18,43 (0,47)	18,47 (0,27)	0,94	0,01
Modelo Ajustado	18,42 (0,36)	18,48 (0,19)	0,89	0,53
CMO/estatura lombar (L1 a L4) (g/cm)				
Modelo Bruto	0,48 (0,02)	0,46 (0,01)	0,45	0,01
Modelo Ajustado	0,48 (0,01)	0,46 (0,01)	0,30	0,27
CMO/estatura fêmur proximal total (g/cm)				
Modelo Bruto	0,26 (0,01)	0,26 (0,01)	0,75	0,01
Modelo Ajustado	0,26 (0,01)	0,26 (<0,01)	0,96	0,29
Índice de força				

Modelo Bruto	1,84 (0,09)	2,00 (0,05)	0,13	0,02
Modelo Ajustado	1,88 (0,09)	2,00 (0,05)	0,30	0,22
CSMI (mm⁴)				
Modelo Bruto	18011,57 (1076,52)	18828,43 (621,53)	0,51	0,01
Modelo Ajustado	18332,19 (1003,35)	18721,56 (543,17)	0,75	0,28
Z (mm³)				
Modelo Bruto	1023,26 (50,49)	1064,32 (29,15)	0,48	0,01
Modelo Ajustado	1042,22 (47,80)	1058,00 (25,88)	0,78	0,26
CSA (mm²)				
Modelo Bruto	209,09 (7,27)	213,06 (4,20)	0,64	0,01
Modelo Ajustado	213,91 (6,63)	211,45 (3,59)	0,76	0,31
NSA (graus)				
Modelo Bruto	129,65 (0,81)	129,32 (0,47)	0,72	0,01
Modelo Ajustado	130,04 (0,90)	129,19 (0,49)	0,43	0,02
CEQ (mm)				
Modelo Bruto	121,77 (1,53)	118,18 (0,88)	0,04*	0,03
Modelo Ajustado	121,81 (1,44)	118,15 (0,78)	0,04*	0,03

BLU: *bone loading unit*; EP: erro padrão; R²: coeficiente de determinação ajustado; DMO: densidade mineral óssea; CMO/estatura: conteúdo mineral ósseo corrigido pela estatura; CSMI: área transversal no momento de inércia; Z: módulo seccional; CSA: área de seção transversal; NSA: ângulo de eixo cervical do fêmur; CEQ: comprimento do eixo do quadril; Modelo bruto: sem covariáveis; Modelo ajustado por idade, massa gorda, massa isenta de gordura e osso, volume de treino semanal, tempo de prática total no esporte, e uso de suplementação (cálcio, vitamina D e proteína); *p-valor <0,05. Análise de covariância (ANCOVA).

Tabela 3 – Comparação dos parâmetros ósseos de acordo com o tipo de esporte praticado em atletas universitários do sexo feminino.

	Feminino			
	BLU Elevado (n=18)	BLU Moderado (n=57)	p	R ²
	Média (EP)	Média (EP)		
DMO braços (g/cm²)				
Modelo Bruto	0,88 (0,02)	0,88 (0,01)	0,98	0,01
Modelo Ajustado	0,87 (0,02)	0,88 (0,01)	0,67	0,19
DMO pernas (g/cm²)				
Modelo Bruto	1,28 (0,02)	1,29 (0,01)	0,52	0,01
Modelo Ajustado	1,27 (0,020)	1,30 (0,01)	0,36	0,27
DMO tronco (g/cm²)				
Modelo Bruto	0,95 (0,02)	0,95 (0,01)	0,90	0,01
Modelo Ajustado	0,94 (0,02)	0,95 (0,01)	0,80	0,13
DMO pelves (g/cm²)				
Modelo Bruto	1,19 (0,03)	1,21 (0,02)	0,54	0,01
Modelo Ajustado	1,19 (0,03)	1,21 (0,02)	0,54	0,11
DMO total (g/cm²)				
Modelo Bruto	1,18 (0,02)	1,18 (0,01)	0,95	0,01
Modelo Ajustado	1,17 (0,01)	1,18 (0,01)	0,57	0,19
DMO coluna lombar (L1 a L4) (g/cm²)				
Modelo Bruto	1,18 (0,03)	1,18 (0,02)	0,88	0,01
Modelo Ajustado	1,18 (0,03)	1,18 (0,02)	0,97	0,01
DMO fêmur proximal total (g/cm²)				
Modelo Bruto	1,07 (0,03)	1,10 (0,02)	0,30	<0,01
Modelo Ajustado	1,05 (0,03)	1,10 (0,02)	0,11	0,06
CMO/estatura braços (g/cm)				
Modelo Bruto	1,71 (0,05)	1,73 (0,03)	0,75	0,01
Modelo Ajustado	1,72 (0,04)	1,72 (0,02)	0,97	0,51
CMO/estatura pernas (g/cm)				
Modelo Bruto	5,63 (0,18)	5,64 (0,10)	0,96	0,01
Modelo Ajustado	5,68 (0,12)	5,63 (0,06)	0,72	0,67
CMO/estatura tronco (g/cm)				
Modelo Bruto	5,15 (0,22)	5,17 (0,12)	0,95	0,01
Modelo Ajustado	5,03 (0,19)	5,21 (0,10)	0,45	0,39
CMO/estatura pelves (g/cm)				
Modelo Bruto	1,90 (0,08)	1,99 (0,05)	0,33	0,01
Modelo Ajustado	1,87 (0,07)	1,99 (0,04)	0,12	0,44
CMO/estatura total (g/cm)				
Modelo Bruto	15,50 (0,43)	15,46 (0,24)	0,93	0,01
Modelo Ajustado	15,37 (0,35)	15,49 (0,18)	0,77	0,49
CMO/estatura lombar (L1 a L4) (g/cm)				
Modelo Bruto	0,40 (0,01)	0,40 (0,01)	0,62	0,01
Modelo Ajustado	0,40 (0,01)	0,40 (0,01)	0,93	0,25
CMO/estatura fêmur proximal total (g/cm)				
Modelo Bruto	0,19 (0,01)	0,20 (<0,01)	0,38	0,01
Modelo Ajustado	0,19 (0,01)	0,20 (<0,01)	0,26	0,3

Índice de força				
Modelo Bruto	1,80 (0,08)	1,72 (0,05)	0,39	0,01
Modelo Ajustado	1,83 (0,09)	1,71 (0,05)	0,28	0,04
CSMI (mm⁴)				
Modelo Bruto	9661,00 (542,63)	9473,50 (304,93)	0,76	0,01
Modelo Ajustado	9825,20 (366,84)	9421,64 (188,88)	0,36	0,65
Z (mm³)				
Modelo Bruto	650,30 (28,84)	634,21 (16,20)	0,63	0,01
Modelo Ajustado	652,11 (21,13)	633,64 (10,88)	0,47	0,59
CSA (mm²)				
Modelo Bruto	155,89 (5,00)	156,68 (2,81)	0,89	0,01
Modelo Ajustado	155,03 (4,22)	156,96 (2,17)	0,70	0,45
NSA (graus)				
Modelo Bruto	128,67 (1,00)	131,09 (0,56)	0,04*	0,04
Modelo Ajustado	128,28 (1,11)	131,21 (0,57)	0,03*	0,11
CEQ (mm)				
Modelo Bruto	103,24 (1,43)	103,81 (0,81)	0,73	0,01
Modelo Ajustado	104,12 (1,25)	103,53 (0,65)	0,70	0,41

BLU: *bone loading unit*; EP: erro padrão; R²: coeficiente de determinação ajustado; DMO: densidade mineral óssea; CMO/estatura: conteúdo mineral ósseo corrigido pela estatura; CSMI: área transversal no momento de inércia; Z: módulo seccional; CSA: área de seção transversal; NSA: ângulo de eixo cervical do fêmur; CEQ: comprimento do eixo do quadril; Modelo bruto: sem co-variáveis; Modelo ajustado por idade, massa gorda, massa isenta de gordura e osso, volume de treino semanal, tempo de prática total no esporte, uso de suplementação (cálcio, vitamina D e proteína), menstruação regular e uso de contraceptivo oral; *p-valor <0,05. Análise de covariância (ANCOVA).

Tabela 4 – Matriz de correlação entre os parâmetros ósseos e as covariáveis em atletas universitários do sexo masculino.

	BLU Elevado (n=23)						BLU Moderado/baixo (n=69)					
	Idade	MG	MIGO	VT	TP	Supl.§	Idade	MG	MIGO	VT	TP	Supl.§
	Coeficiente de correlação parcial‡						Coeficiente de correlação parcial‡					
DMO												
Braços	0,32	0,11	0,64†	-0,23	-0,23	0,11	0,16	0,23	0,41†	0,28*	0,22	0,25*
Pernas	0,04	0,35	0,72†	0,24	0,09	-0,01	0,01	0,17	0,41†	-0,39†	0,23	0,09
Tronco	-0,01	0,44	0,66†	0,32	0,05	0,12	0,13	0,14	0,46†	-0,17	0,24	0,03
Pelve	-0,17	0,57†	0,62†	0,30	-0,02	0,09	0,02	0,08	0,28*	-0,20	0,18	0,02
Total	0,19	0,33	0,67†	0,21	-0,07	0,04	0,12	0,17	0,44†	-0,22	0,19	0,09
Lombar	0,31	0,51*	0,60*	0,33	0,22	0,05	0,19	0,01	0,22	-0,10	0,20	0,02
Fêmur	0,17	0,44	0,53*	0,61†	-0,03	-0,01	-0,10	-0,09	0,20	-0,40†	0,19	0,17
CMO/estatura												
Braços	0,42	0,22	0,78†	0,15	-0,33	0,09	0,17	0,20	0,72†	-0,04	0,07	0,18
Pernas	-0,05	0,43	0,74†	0,25	0,02	0,09	-0,06	0,32†	0,66†	-0,44†	0,28*	0,05
Tronco	-0,14	0,72†	0,79†	0,38	0,21	0,09	0,20	0,41†	0,63†	-0,11	0,24*	-0,01
Pelve	-0,07	0,60†	0,73†	0,34	0,20	0,14	0,11	0,17	0,51†	-0,29*	0,30*	-0,02
Total	0,14	0,51*	0,74†	0,23	-0,01	0,12	0,15	0,38†	0,70†	-0,28*	0,28*	0,04
Lombar	0,35	0,56*	0,70†	0,13	0,28	0,03	0,20	0,04	0,39†	-0,06	0,27*	-0,07
Fêmur	-0,12	0,28	0,73†	0,36	0,24	-0,09	0,04	-0,32	0,39†	-0,35†	0,35†	0,10
Geometria e força do quadril												
IF	0,11	-0,01	-0,07	0,25	0,07	-0,12	0,06	-0,47†	0,13	-0,41†	0,27*	-0,02
CSMI	0,05	0,08	0,29	0,32	0,32	0,01	0,09	-0,05	0,49†	-0,32*	0,29*	0,07
Z	0,16	-0,15	0,18	0,21	0,48*	0,04	0,06	0,09	0,52†	-0,27*	0,24*	0,07
CSA	0,01	0,09	0,58	0,23	0,38	0,02	-0,05	-0,05	0,45†	-0,43†	0,34*	0,11
NSA	0,23	0,04	-0,29	-0,03	0,07	0,04	-0,09	-0,05	0,04	0,15	0,22	-0,21
CEQ	-0,19	-0,11	0,15	0,01	0,29	0,45*	0,01	0,15	0,57†	-0,11	0,18	0,01

BLU: *bone loading units*; DMO: densidade mineral óssea; CMO/estatura: conteúdo mineral ósseo corrigido pela estatura; CSMI: área transversal no momento de inércia; Z: módulo seccional; CSA: área de seção transversal; NSA: ângulo de eixo cervical do fêmur; CEQ: comprimento do eixo do quadril; MG: massa de gordura; MIGO: massa isenta de gordura e osso; VT: volume de treino semanal; TP: tempo de prática total no esporte; Supl: suplementação alimentar *p-valor <0,05; † p-valor <0,01; ‡coeficiente de correlação parcial: modelo ajustado por idade, massa gorda, massa isenta de gordura e osso, volume de treino, tempo de prática e suplementação. §coeficiente de correlação de *Spearman* (análise bivariada).

Tabela 5 – Matriz de correlação entre os parâmetros ósseos e as covariáveis em atletas universitários do sexo feminino

	BLU Elevado (n=18)								BLU Moderado/baixo (n=57)							
	Idade	MG	MIGO	VT	TP	Supl.§	Menstr.§	Contracep.§	Idade	MG	MIGO	VT	TP	Supl.§	Menstr.§	Contracep.§
	Coeficiente de correlação parcial‡								Coeficiente de correlação parcial‡							
DMO																
Braços	0,20	0,11	0,34	0,61*	-0,34	-0,01	NE	0,10	0,16	0,41†	0,48†	-0,14	0,03	-0,05	0,04	-0,12
Pernas	-0,50	-0,66*	0,66†	0,16	-0,20	0,01	NE	0,19	0,18	0,43†	0,59†	-0,09	0,30*	-0,21	0,03	-0,23
Tronco	-0,33	-0,10	0,48	0,17	0,07	-0,21	NE	-0,02	-0,03	0,30*	0,45†	0,01	-0,07	-0,17	-0,04	-0,19
Pelve	-0,51	-0,33	0,57*	0,19	0,10	-0,33	NE	0,04	0,01	0,20	0,43†	-0,09	-0,01	-0,16	0,01	-0,09
Total	-0,42	-0,32	0,54	0,27	0,01	-0,07	NE	-0,12	0,05	0,38†	0,50†	0,02	0,07	-0,19	-0,01	-0,19
Lombar	-0,45	-0,19	0,31	0,13	0,27	-0,50*	NE	0,17	-0,03	0,21	0,39†	-0,05	0,06	-0,14	-0,11	-0,21
Fêmur	-0,50	-0,47	0,63*	-0,05	0,33	0,07	NE	-0,15	-0,07	0,29*	0,27	0,15	0,15	-0,01	0,01	-0,06
CMO/estatura																
Braços	-0,17	-0,44	0,76†	0,14	-0,37	-0,35	NE	0,30	0,02	0,30*	0,75†	-0,18	0,04	-0,14	-0,02	-0,26*
Pernas	-0,28	-0,16	0,75†	0,04	-0,16	-0,15	NE	0,56*	0,16	0,61†	0,82†	-	0,23	-0,21	-0,08	-0,28*
												0,31*				
Tronco	-0,40	0,35	0,60*	0,16	-0,06	0,10	NE	-0,08	-0,06	0,60†	0,49†	-0,10	0,06	-0,18	-0,05	-0,15
Pelve	-0,60*	0,25	0,68*	-0,01	-0,02	-0,10	NE	0,06	-0,13	0,54†	0,57†	-0,14	0,09	-0,17	-0,06	-0,19
Total	-0,43	0,13	0,68*	0,11	-0,06	-0,10	NE	0,12	-0,04	0,58†	0,66†	-0,13	0,08	-0,21	-0,05	-0,22
Lombar	-0,61*	-0,26	0,61*	0,26	-0,03	-0,33	NE	-0,12	-0,03	0,17	0,59†	0,04	0,02	-0,15	-0,16	-0,13
Fêmur	-0,47	-0,17	0,62*	-0,18	0,29	0,12	NE	0,19	-0,01	0,27	0,54†	-0,07	0,16	-0,14	0,18	-0,12
Geometria e força do quadril																
IF	-0,62*	-0,46	0,26	-0,56	0,53	0,04	NE	0,03	-0,23	0,01	-0,01	-0,06	0,12	-0,14	0,15	-0,05
	-0,39	0,11	0,74†	-0,15	0,13	0,10	NE	0,40	0,07	0,46†	0,79†	-	-0,05	-0,07	0,01	-0,28*
CSMI												0,32*				
Z	-0,58*	0,13	0,77†	-0,27	0,45	0,12	NE	0,23	0,13	0,53†	0,73†	-0,25	0,07	-0,08	0,03	-0,20
CSA	-0,69†	-0,02	0,77†	-0,31	0,43	-0,07	NE	0,32	0,01	0,41†	0,64†	-0,04	0,10	-0,19	-0,04	-0,21
NSA	-0,10	0,11	-0,41	0,45	-0,39	-0,18	NE	-0,31	0,32*	-0,27	0,10	0,05	-0,11	0,03	0,06	-0,02
CEQ	0,24	0,16	0,50	0,16	-0,31	0,07	NE	0,38	0,22	0,04	0,62†	-0,22	-0,07	-0,08	-0,04	-0,03

BLU: bone loading units; DMO: densidade mineral óssea; CMO/estatura: conteúdo mineral ósseo corrigido pela estatura; CSMI: área transversal no momento de inércia; Z: módulo seccional; CSA: área de seção transversal; NSA: ângulo de eixo cervical do fêmur; CEQ: comprimento do eixo do quadril; MG: massa de gordura; MIGO: massa isenta de gordura e osso; VT: volume de treino semanal; TP: tempo de prática total no esporte; NE: coeficiente não estimado em decorrência do pequeno número amostral; Supl.: suplementação alimentar (0=não; 1=sim); Menstr.: ciclo menstrual regular (0=não; 1=sim); Contracep.: uso de contraceptivo oral (0=não; 1=sim); *p-valor

<0,05; † p-valor <0,01; ‡coeficiente de correlação parcial: modelo ajustado por idade, massa gorda, massa isenta de gordura e osso, volume de treino, tempo de prática e suplementação. §coeficiente de correlação de *Spearman* (análise bivariada).

Tabela Suplementar 1 – Comparação da DMO, CMO e geometria óssea de esportes com elevado impacto e moderado/baixo impacto em atletas universitários do sexo masculino

	BLU Elevado (n=23)	BLU Moderado/ baixo (n=69)	p-valor	R ² ajustado
	Média (EP)	Média (EP)		
DMO braços (g/cm²)				
Modelo 1	0,98 (0,02)	0,98 (0,01)	0,87	0,01
Modelo 2	0,99 (0,02)	0,98 (0,01)	0,89	0,01
Modelo 3	0,98 (0,02)	0,99 (0,01)	0,59	0,23
Modelo 4	0,96 (0,02)	1,00 (0,01)	0,12	0,28
Modelo 5	0,96 (0,02)	0,99 (0,01)	0,17	0,28
DMO pernas (g/cm²)				
Modelo 1	1,39 (0,03)	1,41 (0,01)	0,50	0,01
Modelo 2	1,39 (0,03)	1,41 (0,01)	0,51	0,01
Modelo 3	1,46 (0,03)	1,51 (0,02)	0,14	0,19
Modelo 4	1,49 (0,03)	1,50 (0,02)	0,76	0,27
Modelo 5	1,49 (0,03)	1,50 (0,02)	0,77	0,26
DMO tronco (g/cm²)				
Modelo 1	1,03 (0,02)	1,04 (0,01)	0,66	0,01
Modelo 2	1,03 (0,02)	1,04 (0,01)	0,63	0,01
Modelo 3	1,02 (0,02)	1,04 (0,01)	0,22	0,25
Modelo 4	1,03 (0,02)	1,04 (0,01)	0,81	0,28
Modelo 5	1,03 (0,02)	1,04 (0,01)	0,78	0,27
DMO pelves (g/cm²)				
Modelo 1	1,33 (0,03)	1,37 (0,02)	0,25	<0,01
Modelo 2	1,33 (0,03)	1,37 (0,02)	0,25	0,01
Modelo 3	1,31 (0,03)	1,37 (0,02)	0,11	0,11
Modelo 4	1,34 (0,03)	1,36 (0,02)	0,59	0,15
Modelo 5	1,34 (0,03)	1,36 (0,02)	0,62	0,14
DMO total (g/cm²)				
Modelo 1	1,27 (0,02)	1,29 (0,01)	0,55	0,01
Modelo 2	1,27 (0,02)	1,29 (0,01)	0,53	0,02
Modelo 3	1,26 (0,02)	1,29 (0,01)	0,16	0,24
Modelo 4	1,27 (0,02)	1,29 (0,01)	0,54	0,25
Modelo 5	1,27 (0,02)	1,29 (0,01)	0,53	0,24
DMO coluna lombar (L1 a L4) (g/cm²)				
Modelo 1	1,27 (0,03)	1,25 (0,02)	0,64	0,01
Modelo 2	1,27 (0,03)	1,25 (0,02)	0,66	0,04
Modelo 3	1,26 (0,03)	1,25 (0,02)	0,96	0,10
Modelo 4	1,28 (0,03)	1,25 (0,02)	0,37	0,13
Modelo 5	1,28 (0,03)	1,25 (0,02)	0,44	0,13
DMO fêmur proximal total (g/cm²)				
Modelo 1	1,23 (0,03)	1,27 (0,02)	0,25	<0,01
Modelo 2	1,23 (0,04)	1,27 (0,02)	0,25	0,01
Modelo 3	1,21 (0,04)	1,28 (0,02)	0,10	0,04
Modelo 4	1,24 (0,04)	1,27 (0,02)	0,45	0,06
Modelo 5	1,24 (0,04)	1,27 (0,02)	0,56	0,06
CMO/estatura braços (g/cm)				
Modelo 1	2,35 (0,06)	2,28 (0,04)	0,39	0,01
Modelo 2	2,35 (0,06)	2,28 (0,04)	0,40	0,04

Modelo 3	2,29 (0,04)	2,30 (0,03)	0,72	0,55
Modelo 4	2,29 (0,05)	2,30 (0,03)	0,82	0,54
Modelo 5	2,29 (0,05)	2,30 (0,03)	0,82	0,54
CMO/estatura pernas (g/cm)				
Modelo 1	7,32 (0,20)	7,25 (0,12)	0,78	0,01
Modelo 2	7,32 (0,20)	7,26 (0,12)	0,80	0,01
Modelo 3	7,19 (0,16)	7,30 (0,09)	0,55	0,41
Modelo 4	7,38 (0,16)	7,24 (0,09)	0,45	0,49
Modelo 5	7,36 (0,16)	7,24 (0,09)	0,51	0,49
CMO/estatura tronco (g/cm)				
Modelo 1	6,02 (0,20)	6,09 (0,12)	0,79	0,01
Modelo 2	6,02 (0,20)	6,09 (0,11)	0,75	0,03
Modelo 3	5,95 (0,15)	6,12 (0,08)	0,27	0,48
Modelo 4	6,07 (0,15)	6,07 (0,08)	0,98	0,51
Modelo 5	6,04 (0,15)	6,08 (0,08)	0,82	0,51
CMO/estatura pelves (g/cm)				
Modelo 1	2,45 (0,09)	2,49 (0,05)	0,71	0,01
Modelo 2	2,45 (0,09)	2,49 (0,05)	0,68	0,01
Modelo 3	2,40 (0,08)	2,51 (0,05)	0,26	0,28
Modelo 4	2,50 (0,08)	2,47 (0,04)	0,78	0,36
Modelo 5	2,49 (0,08)	2,48 (0,04)	0,86	0,36
CMO/estatura total (g/cm)				
Modelo 1	18,43 (0,47)	18,47 (0,27)	0,94	0,01
Modelo 2	18,41 (0,46)	18,48 (0,27)	0,91	0,03
Modelo 3	18,12 (0,34)	18,57 (0,19)	0,26	0,50
Modelo 4	18,47 (0,35)	18,46 (0,19)	0,97	0,53
Modelo 5	18,42 (0,36)	18,48 (0,19)	0,89	0,53
CMO/estatura lombar (L1 a L4) (g/cm)				
Modelo 1	0,48 (0,02)	0,46 (0,01)	0,45	0,01
Modelo 2	0,48 (0,01)	0,46 (0,01)	0,47	0,05
Modelo 3	0,47 (0,01)	0,47 (0,01)	0,83	0,20
Modelo 4	0,48 (0,01)	0,46 (0,01)	0,18	0,26
Modelo 5	0,48 (0,01)	0,46 (0,01)	0,30	0,27
CMO/estatura fêmur proximal total (g/cm)				
Modelo 1	0,26 (0,01)	0,26 (0,01)	0,75	0,01
Modelo 2	0,26 (0,01)	0,26 (0,01)	0,74	0,02
Modelo 3	0,25 (0,01)	0,26 (0,01)	0,14	0,19
Modelo 4	0,26 (0,01)	0,26 (0,01)	0,95	0,30
Modelo 5	0,26 (0,01)	0,26 (<0,01)	0,96	0,29
Índice de força				
Modelo 1	1,84 (0,09)	2,00 (0,05)	0,13	0,02
Modelo 2	1,84 (0,09)	2,00 (0,05)	0,12	0,01
Modelo 3	1,80 (0,09)	2,02 (0,05)	0,03	0,12
Modelo 4	1,89 (0,09)	1,99 (0,05)	0,36	0,22
Modelo 5	1,88 (0,09)	2,00 (0,05)	0,30	0,22
CSMI (mm⁴)				
Modelo 1	18011,57 (1076,52)	18828,43 (621,53)	0,51	0,01
Modelo 2	17974,41 (1059,67)	18840,82 (611,74)	0,48	0,03

Modelo 3	17293,33 (963,39)	19067,85 (548,46)	0,12	0,23
Modelo 4	18346,05 (982,55)	18716,94 (536,94)	0,75	0,29
Modelo 5	18332,19 (1003,35)	18721,56 (543,17)	0,75	0,28
Z (mm³)				
Modelo 1	1023,26 (50,49)	1064,32 (29,15)	0,48	0,01
Modelo 2	1021,70 (49,91)	1064,84 (28,82)	0,46	0,02
Modelo 3	986,92 (46,21)	1076,43 (26,31)	0,10	0,19
Modelo 4	1040,54 (46,82)	1058,56 (25,59)	0,75	0,27
Modelo 5	1042,22 (47,80)	1058,00 (25,88)	0,78	0,26
CSA (mm²)				
Modelo 1	209,09 (7,27)	213,06 (4,20)	0,64	0,01
Modelo 2	209,00 (7,29)	213,09 (4,21)	0,63	0,01
Modelo 3	203,64 (6,73)	214,87 (3,83)	0,16	0,17
Modelo 4	213,41 (6,50)	211,62 (3,55)	0,82	0,32
Modelo 5	213,91 (6,63)	211,45 (3,59)	0,76	0,31
NSA (graus)				
Modelo 1	129,65 (0,81)	129,32 (0,47)	0,72	0,01
Modelo 2	129,66 (0,81)	129,32 (0,47)	0,72	0,02
Modelo 3	129,80 (0,83)	129,27 (0,47)	0,59	0,03
Modelo 4	130,19 (0,88)	129,14 (0,48)	0,32	0,02
Modelo 5	130,04 (0,90)	129,19 (0,49)	0,43	0,02
CEQ (mm)				
Modelo 1	121,77 (1,53)	118,18 (0,88)	0,04	0,03
Modelo 2	121,74 (1,53)	118,18 (0,88)	0,05	0,03
Modelo 3	120,80 (1,34)	118,49 (0,76)	0,14	0,28
Modelo 4	121,81 (1,41)	118,15 (0,77)	0,03	0,31
Modelo 5	121,81 (1,44)	118,15 (0,78)	0,04	0,30

n: número amostral; BLU: bone loading unit; EP: erro padrão; R²: coeficiente de determinação ajustado; DMO: densidade mineral óssea; g/cm²: gramas por centímetros ao quadrado; CMO/estatura: conteúdo mineral ósseo corrigido pela estatura; g/cm: gramas por centímetro; CSMI: área transversal no momento de inércia; mm⁴: milímetros elevado a quarta potência; Z: módulo seccional; mm³: milímetros elevado ao cubo; CSA: área de seção transversal; mm²: milímetros elevado ao quadrado; NSA: ângulo de eixo cervical do fêmur; CEQ: comprimento do eixo do quadril; mm: milímetros; Modelo 1: bruto (sem co-variáveis); Modelo 2: ajustado por idade; Modelo 3: ajustado por idade, massa gorda e massa isenta de gordura e osso; Modelo 4: ajustado por idade, massa gorda, massa isenta de gordura e osso, volume de treino semanal e tempo de prática total no esporte; Modelo 5: ajustado por idade, massa gorda, massa isenta de gordura e osso, volume de treino semanal, tempo de prática total no esporte e uso de suplementação (cálcio; vitamina D e proteína) – p-valor <0,05. Análise de covariância (ANCOVA).

Tabela Suplementar 2 – Comparação da DMO, CMO e geometria óssea de esportes com elevado impacto e moderado/baixo impacto em atletas universitários do sexo feminino.

	BLU Elevado (n=18)	BLU Moderado (n=57)		
	Média (EP)	Média (EP)	p-valor	R² ajustado
DMO braços (g/cm²)				
Modelo 1	0,88 (0,02)	0,88 (0,01)	0,98	0,01
Modelo 2	0,88 (0,02)	0,88 (0,01)	0,86	<0,01
Modelo 3	0,87 (0,02)	0,88 (0,01)	0,83	0,20
Modelo 4	0,87 (0,02)	0,88 (0,01)	0,74	0,18
Modelo 5	0,87 (0,02)	0,88 (0,01)	0,78	0,17
Modelo 6	0,87 (0,02)	0,88 (0,01)	0,67	0,19
DMO pernas (g/cm²)				
Modelo 1	1,28 (0,02)	1,29 (0,01)	0,52	0,01
Modelo 2	1,28 (0,02)	1,29 (0,01)	0,59	0,01
Modelo 3	1,27 (0,02)	1,30 (0,01)	0,35	0,24
Modelo 4	1,27 (0,02)	1,30 (0,01)	0,35	0,24
Modelo 5	1,28 (0,02)	1,30 (0,01)	0,48	0,25
Modelo 6	1,27 (0,020)	1,30 (0,01)	0,36	0,27
DMO tronco (g/cm²)				
Modelo 1	0,95 (0,02)	0,95 (0,01)	0,90	0,01
Modelo 2	0,95 (0,02)	0,95 (0,01)	0,89	0,03
Modelo 3	0,95 (0,02)	0,95 (0,01)	0,89	0,14
Modelo 4	0,94 (0,02)	0,95 (0,01)	0,65	0,12
Modelo 5	0,94 (0,02)	0,95 (0,01)	0,80	0,13
Modelo 6	0,94 (0,02)	0,95 (0,01)	0,80	0,13
DMO pelves (g/cm²)				
Modelo 1	1,19 (0,03)	1,21 (0,02)	0,54	0,01
Modelo 2	1,19 (0,03)	1,21 (0,02)	0,53	0,02
Modelo 3	1,18 (0,03)	1,21 (0,01)	0,38	0,11
Modelo 4	1,18 (0,03)	1,21 (0,02)	0,37	0,09
Modelo 5	1,19 (0,03)	1,21 (0,01)	0,54	0,12
Modelo 6	1,19 (0,03)	1,21 (0,02)	0,54	0,11
DMO total (g/cm²)				
Modelo 1	1,18 (0,02)	1,18 (0,01)	0,95	0,01
Modelo 2	1,18 (0,02)	1,18 (0,01)	0,92	0,03
Modelo 3	1,18 (0,02)	1,18 (0,01)	0,86	0,15
Modelo 4	1,17 (0,02)	1,18 (0,01)	0,52	0,15
Modelo 5	1,17 (0,02)	1,18 (0,01)	0,65	0,15
Modelo 6	1,17 (0,01)	1,18 (0,01)	0,57	0,19
DMO coluna lombar (L1 a L4) (g/cm²)				
Modelo 1	1,18 (0,03)	1,18 (0,02)	0,88	0,01
Modelo 2	1,18 (0,03)	1,18 (0,02)	0,88	0,02
Modelo 3	1,18 (0,03)	1,18 (0,02)	0,96	0,03
Modelo 4	1,17 (0,03)	1,18 (0,02)	0,77	0,01
Modelo 5	1,18 (0,03)	1,18 (0,02)	0,93	0,03
Modelo 6	1,18 (0,03)	1,18 (0,02)	0,97	0,01
DMO fêmur proximal total (g/cm²)				
Modelo 1	1,07 (0,03)	1,10 (0,02)	0,30	<0,01
Modelo 2	1,07 (0,03)	1,10 (0,02)	0,33	0,01

Modelo 3	1,07 (0,03)	1,10 (0,02)	0,28	0,04
Modelo 4	1,06 (0,03)	1,10 (0,02)	0,17	0,06
Modelo 5	1,06 (0,03)	1,10 (0,02)	0,18	0,05
Modelo 6	1,05 (0,03)	1,10 (0,02)	0,11	0,06
CMO/estatura braços (g/cm)				
Modelo 1	1,71 (0,05)	1,73 (0,03)	0,75	0,01
Modelo 2	1,71 (0,05)	1,72 (0,03)	0,82	0,01
Modelo 3	1,70 (0,04)	1,73 (0,02)	0,50	0,48
Modelo 4	1,71 (0,04)	1,73 (0,02)	0,73	0,47
Modelo 5	1,72 (0,04)	1,72 (0,02)	0,99	0,50
Modelo 6	1,72 (0,04)	1,72 (0,02)	0,97	0,51
CMO/estatura pernas (g/cm)				
Modelo 1	5,63 (0,18)	5,64 (0,10)	0,96	0,01
Modelo 2	5,66 (0,18)	5,64 (0,10)	0,27	0,01
Modelo 3	5,58 (0,11)	5,66 (0,06)	0,51	0,64
Modelo 4	5,64 (0,12)	5,64 (0,06)	0,96	0,64
Modelo 5	5,68 (0,11)	5,63 (0,06)	0,70	0,68
Modelo 6	5,68 (0,12)	5,63 (0,06)	0,72	0,67
CMO/estatura tronco (g/cm)				
Modelo 1	5,15 (0,22)	5,17 (0,12)	0,95	0,01
Modelo 2	5,15 (0,22)	5,17 (0,12)	0,95	0,03
Modelo 3	5,04 (0,17)	5,21 (0,09)	0,38	0,41
Modelo 4	5,05 (0,19)	5,20 (0,10)	0,51	0,39
Modelo 5	5,07 (0,19)	5,20 (0,10)	0,57	0,38
Modelo 6	5,03 (0,19)	5,21 (0,10)	0,45	0,39
CMO/estatura pelves (g/cm)				
Modelo 1	1,90 (0,08)	1,99 (0,05)	0,33	0,01
Modelo 2	1,89 (0,08)	1,99 (0,05)	0,30	0,01
Modelo 3	1,85 (0,06)	2,00 (0,03)	0,03	0,45
Modelo 4	1,87 (0,07)	2,00 (0,04)	0,10	0,44
Modelo 5	1,88 (0,07)	2,00 (0,04)	0,14	0,44
Modelo 6	1,87 (0,07)	1,99 (0,04)	0,12	0,44
CMO/estatura total (g/cm)				
Modelo 1	15,50 (0,43)	15,46 (0,24)	0,93	0,01
Modelo 2	15,51 (0,44)	15,45 (0,25)	0,91	0,03
Modelo 3	15,30 (0,31)	15,52 (0,18)	0,55	0,48
Modelo 4	15,34 (0,35)	15,50 (0,18)	0,70	0,46
Modelo 5	15,42 (0,35)	15,48 (0,18)	0,88	0,47
Modelo 6	15,37 (0,35)	15,49 (0,18)	0,77	0,49
CMO/estatura lombar (L1 a L4) (g/cm)				
Modelo 1	0,40 (0,01)	0,40 (0,01)	0,62	0,01
Modelo 2	0,40 (0,01)	0,40 (0,01)	0,66	0,02
Modelo 3	0,40 (0,01)	0,40 (0,01)	0,75	0,23
Modelo 4	0,39 (0,01)	0,40 (0,01)	0,69	0,23
Modelo 5	0,40 (0,01)	0,40 (0,01)	0,83	0,24
Modelo 6	0,40 (0,01)	0,40 (0,01)	0,93	0,25
CMO/estatura fêmur proximal total (g/cm)				
Modelo 1	0,19 (0,01)	0,20 (<0,01)	0,38	0,01
Modelo 2	0,19 (0,01)	0,20 (<0,01)	0,44	0,01

Modelo 3	0,19 (0,01)	0,20 (<0,01)	0,24	0,28
Modelo 4	0,19 (0,01)	0,20 (<0,01)	0,45	0,28
Modelo 5	0,19 (0,01)	0,20 (<0,01)	0,53	0,27
Modelo 6	0,19 (0,01)	0,20 (<0,01)	0,26	0,30
Índice de força				
Modelo 1	1,80 (0,08)	1,72 (0,05)	0,39	0,01
Modelo 2	1,79 (0,08)	1,72 (0,05)	0,12	0,03
Modelo 3	1,79 (0,08)	1,72 (0,05)	0,45	0,01
Modelo 4	1,84 (0,09)	1,71 (0,05)	0,18	0,06
Modelo 5	1,85 (0,09)	1,70 (0,05)	0,16	0,05
Modelo 6	1,83 (0,09)	1,71 (0,05)	0,28	0,04
CSMI (mm⁴)				
Modelo 1	9661,00 (542,63)	9473,50 (304,93)	0,76	0,01
Modelo 2	9737,02 (539,49)	9449,49 (302,33)	0,64	0,01
Modelo 3	9519,93 (331,03)	9518,04 (184,81)	0,99	0,63
Modelo 4	9853,86 (353,20)	9412,59 (185,91)	0,29	0,65
Modelo 5	9902,08 (356,71)	9397,36 (186,61)	0,24	0,65
Modelo 6	9825,20 (366,84)	9421,64 (188,88)	0,36	0,65
Z (mm³)				
Modelo 1	650,30 (28,84)	634,21 (16,20)	0,63	0,01
Modelo 2	655,09 (28,47)	632,70 (15,96)	0,50	0,02
Modelo 3	642,90 (19,15)	636,55 (10,69)	0,77	0,56
Modelo 4	658,36 (20,59)	631,67 (10,84)	0,28	0,58
Modelo 5	660,35 (20,86)	631,04 (10,92)	0,24	0,57
Modelo 6	652,11 (21,13)	633,64 (10,88)	0,47	0,59
CSA (mm²)				
Modelo 1	155,89 (5,00)	156,68 (2,81)	0,89	0,01
Modelo 2	156,30 (5,02)	156,56 (2,82)	0,96	0,02
Modelo 3	154,42 (3,71)	157,15 (2,07)	0,52	0,45
Modelo 4	155,00 (4,05)	156,97 (2,13)	0,68	0,45
Modelo 5	155,69 (4,07)	156,75 (2,13)	0,83	0,46
Modelo 6	155,03 (4,22)	156,96 (2,17)	0,70	0,45
NSA (graus)				
Modelo 1	128,67 (1,00)	131,09 (0,56)	0,04	0,04
Modelo 2	128,71 (1,01)	131,08 (0,57)	0,05	0,03
Modelo 3	128,91 (1,00)	131,01 (0,56)	0,07	0,06
Modelo 4	128,12 (1,05)	131,26 (0,55)	0,01	0,14
Modelo 5	128,18 (1,07)	131,24 (0,56)	0,02	0,13
Modelo 6	128,28 (1,11)	131,21 (0,57)	0,03	0,11
CEQ (mm)				
Modelo 1	103,24 (1,43)	103,81 (0,81)	0,73	0,01
Modelo 2	103,57 (1,38)	103,71 (0,78)	0,93	0,06
Modelo 3	103,22 (1,11)	103,82 (0,62)	0,64	0,41
Modelo 4	103,71 (1,21)	103,66 (0,64)	0,97	0,41
Modelo 5	103,86 (1,23)	103,62 (0,64)	0,87	0,40
Modelo 6	104,12 (1,25)	103,53 (0,65)	0,70	0,41

n: número amostral; BLU: bone loading unit; EP: erro padrão; R²: coeficiente de determinação ajustado; DMO: densidade mineral óssea; g/cm²: gramas por centímetros ao quadrado; CMO/estatura: conteúdo mineral ósseo corrigido pela estatura; g/cm: gramas por centímetro; CSMI: área transversal no momento de inércia; mm⁴:

milímetros elevado a quarta potência; Z: módulo seccional; mm^3 : milímetros elevado ao cubo; CSA: área de seção transversal; mm^2 : milímetros elevado ao quadrado; NSA: ângulo de eixo cervical do fêmur; CEQ: comprimento do eixo do quadril; mm: milímetros; Modelo 1: bruto (sem co-variáveis); Modelo 2: ajustado por idade; Modelo 3: ajustado por idade, massa gorda e massa isenta de gordura e osso; Modelo 4: ajustado por idade, massa gorda, massa isenta de gordura e osso, volume de treino semanal e tempo de prática total no esporte; Modelo 5: ajustado por idade, massa gorda, massa isenta de gordura e osso, volume de treino semanal, tempo de prática total no esporte e uso de suplementação (cálcio; vitamina D e proteína); Modelo 6: ajustado por idade, massa gorda, massa isenta de gordura e osso, volume de treino semanal, tempo de prática total no esporte, uso de suplementação (cálcio, vitamina D e proteína), menstruação regular e uso de contraceptivo oral – p-valor $<0,05$. Análise de covariância (ANCOVA).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mediante o capítulo de livro evidenciou-se a importância de conhecer os princípios da DXA. Além disso, as principais contribuições deste capítulo foram as definições de termos referentes a massa óssea, as explicações técnicas para controle de erro de precisão (protocolo específico) e as boas práticas para a interpretação dos resultados em atletas.

Por meio da revisão sistemática pôde-se evidenciar que a DMO têm sido o parâmetro ósseo mais investigado no contexto universitário. Ainda, as regiões corporais mais investigadas foram o corpo inteiro, a coluna lombar anteroposterior e o fêmur proximal total. Embora não seja recomendado pela ISCD, o %CV foi a medida de erro de precisão mais reportada. Nenhum artigo seguiu o protocolo de cálculo de erro de precisão padronizado pela ISCD para atletas. Adicionalmente, os atletas universitários dos esportes com maior impacto mecânico como voleibol, ginástica, basquetebol, *softbol* e futebol de campo apresentaram maior DMO e/ou CMO comparados aos de outras modalidades. Por fim, os fatores modificáveis de composição corporal (massa corporal total, massa gorda, massa corporal magra e a estatura) e não modificáveis (idade) foram as covariáveis investigadas.

No trabalho de campo foi evidenciado que o CEQ foi maior nos atletas masculinos com BLU elevada e o NSA em atletas femininos com BLU moderada/baixa. Ainda, a MG, a MIGO e o tempo de prática estiveram diretamente associados e, o volume de treino, inversamente associado aos esportes com diferentes tipos de impacto mecânico.

A heterogeneidade dos tipos de estudos incluídos na revisão pode ser considerada uma limitação do estudo. Devido delineamento transversal do estudo não foi possível verificar a relação causa-efeito dos achamos. Por esse motivo, não foi realizado o monitoramento dos parâmetros ósseos ao decorrer de uma temporada esportiva, o que também foi uma limitação do estudo. Ainda, a não comparação com o grupo controle não permitiu identificar similaridades/diferenças nos parâmetros ósseos de atletas verso não-atletas pode ser considerada uma limitação. Entretanto, foi identificado no processo de elaboração da revisão sistemática elevado número de artigos que concluíram que atletas universitários apresentam maiores valores nos parâmetros ósseos (total e regional) do que controles não envolvidos no esporte. Por esse motivo, a construção dos objetivos do estudo e direcionamento da coleta de campo não incluíram grupo controle, pois, partiu do pressuposto que atletas possuem maior massa óssea que não atletas, sendo necessário maior compreensão da comparação entre os

diferentes tipos de esportes. Assim, cada grupo de esporte (BLU elevado vs BLU moderado/baixo) foi o grupo comparador da pesquisa.

Além disso, ressalta-se como pontos fortes desta dissertação o capítulo de livro a respeito da explicação ampliada da utilização e interpretação dos dados do DXA. Outro ponto forte foi o número de esportes investigados o que permite melhor compreensão das diferenças nos parâmetros ósseos nestes esportes. Ainda, a garantia de qualidade da medida, o cálculo do erro de precisão, a correção do CMO (CMO/estatura) e associação a múltiplos fatores foram diferenciais positivos do estudo. A originalidade da dissertação quanto ao cálculo do erro de precisão e da garantia da qualidade da medida, em que foi identificado a padronização recomendada pela sociedade internacional de densitometria clínica e aplicado de forma inédita na presente dissertação em todos os resultados desta dissertação (capítulo de livro, artigo de revisão e artigo original), é outro ponto forte da dissertação.

Por fim, a realização desta pesquisa contribui para a área de Educação Física, pois permitirá que treinadores tenham conhecimento a respeito das variações nos parâmetros ósseos em diferentes esportes, o que permitirá melhor controle do treinamento e da preparação atlética para competições universitárias a níveis locais, nacionais ou internacionais. Além disso, proporcionará aos técnicos de esportes e outros profissionais do desempenho, a compressão dos múltiplos fatores (i.e. composição corporal, treinamento físico, suplementação alimentar, aspectos ginecológicos) que podem interferir nos parâmetros de composição e de rigidez óssea e que precisam ser considerados nos ciclos de treinamento esportivo. Por fim, esta dissertação irá auxiliar profissionais de diversos campos de atuação quanto ao uso com qualidade das medidas de DXA que poderão ser úteis para o uso clínico e no monitoramento dos parâmetros de composição, rigidez e resistência óssea.

APÊNDICE A – Termo de consentimento livre e esclarecido**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE DESPORTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA**

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Prezado(a) Atleta Universitário(a),

O Departamento de Educação Física da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) está realizando uma pesquisa sobre as condições de saúde celular dos atletas universitários da Universidade Federal de Santa Catarina.

A pesquisa é intitulada “EFEITOS DE UMA TEMPORADA ESPORTIVA NA SAÚDE CELULAR DE ATLETAS DE DIFERENTES MODALIDADES”, cujos objetivos são: 1) analisar os efeitos de uma temporada esportiva competitiva na saúde celular de atletas universitários de diferentes modalidades; 2) estimar os componentes corporais de água total, fluído intracelular e extracelular em atletas universitários das modalidades de futebol, voleibol, atletismo, judô, basquetebol, futsal, natação no início da temporada competitiva; 3) estimar os componentes corporais de água total, fluído intracelular e extracelular em atletas universitários das modalidades de futebol, voleibol, atletismo, judô, basquetebol, futsal, natação no decorrer da temporada competitiva; 4) estimar os componentes corporais de água total, fluído intracelular e extracelular em atletas universitários das modalidades de futebol, voleibol, atletismo, judô, basquetebol, futsal, natação ao final da temporada competitiva; 5) verificar a associação dos componentes corporais de água total, fluído intracelular e extracelular com a frequência semanal de treinamento, a duração de cada sessão de treinamento e a quantidade de competições durante a temporada; 6) verificar a associação dos componentes corporais de água total, fluído intracelular e extracelular com a massa de gordura, massa óssea e massa isenta de gordura e osso.

Você, prezado atleta, está sendo convidado a participar dessa pesquisa. Nessa pesquisa, você será submetido a uma avaliação da água corporal, que é um indicativo de saúde celular. Além da avaliação da água corporal, você também será submetido a avaliação da gordura corporal, da quantidade de peso do osso e do músculo. Essas avaliações serão realizadas nas dependências do Centro de Desportos da UFSC e não lhe trará nenhum prejuízo ou danos à saúde. Essa pesquisa está

associada ao Núcleo de Pesquisa em Cineantropometria e Desempenho Humano que forma há mais de 21 anos, alunos de graduação, mestrado e doutorado na Universidade Federal de Santa Catarina.

Os possíveis riscos em participar da pesquisa são: 1) nas avaliações da água corporal, o atleta deverá ficar de roupa de banho (sunga para os homens e maiôs para as mulheres) e sem nenhuma pulseira, corrente, *piercing*, brinco e material metálico no corpo. Sim, você poderá ficar constrangido com essa vestimenta. Mas, não se preocupe que um avaliador do mesmo sexo que o seu acompanhará a vossa avaliação. Nenhum risco potencial à saúde é observado nesse tipo de avaliação; 2) nas avaliações da gordura corporal, o atleta deverá ficar com a mesma vestimenta utilizada na avaliação da água corporal e mais uma touca de natação no cabelo para minimizar o volume corporal que aumenta em virtude do cabelo. Sim, você poderá ficar constrangido com essa vestimenta. Mas, não se preocupe que um avaliador do mesmo sexo que o seu acompanhará a vossa avaliação. Nenhum risco potencial à saúde é observado nesse tipo de avaliação; 3) nas avaliações da massa óssea e da massa isenta de gordura e osso, o atleta ficará com a mesma vestimenta usada nas avaliações de água corporal. Sim, você poderá ficar constrangido com essa vestimenta. Mas, não se preocupe que um avaliador do mesmo sexo que o seu acompanhará a vossa avaliação. Ainda, para avaliação da massa óssea e da massa isenta de gordura e osso, você será exposto à radiação que é de menor quantidade do que a exposta em um raio X, e é equivalente a um dia de exposição ao sol. Tal teste é amplamente utilizado ao redor do mundo e nenhum risco em potencial à saúde é observado.

Os principais benefícios em você participar da pesquisa é que o vosso treinador e a sua equipe terá um perfil das condições de saúde celular, de gordura corporal, de osso e de músculo de todos os atletas e poderá adotar estratégias para melhorar e/ou manter essas condições ao longo da temporada. Você realizará três avaliações ao longo da temporada, de modo que as informações podem auxiliar em que momento do ano competitivo, o atleta tem melhor ou pior desempenho. Durante os procedimentos de coleta de dados você estará sempre acompanhado por um dos pesquisadores, que lhe prestará toda a assistência necessária ou acionará pessoal competente para isso.

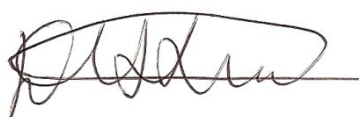
A sua participação é inteiramente voluntária, e você poderá deixar de fazer qualquer uma das avaliações, recusar-se a fazer as avaliações de água corporal, gordura, osso e músculo, ou ainda deixar de participar da pesquisa a qualquer momento, sem qualquer problema, prejuízo ou discriminação no futuro.

Não será feito qualquer pagamento pela sua participação no estudo e todos os procedimentos realizados serão inteiramente gratuitos. Você não terá nenhuma despesa advinda da sua participação na pesquisa, pois as atividades serão realizadas nas dependências da UFSC. Caso alguma despesa extraordinária associada à pesquisa venha a ocorrer, você será ressarcido nos termos da lei. A qualquer momento, você poderá ter acesso aos resultados do estudo por meio de publicações científicas e por meio de um relatório que será entregue a cada um dos treinadores das equipes.

Todas as informações obtidas serão confidenciais e o seu nome não será mencionado em nenhuma publicação científica e nem jornalística. Você será identificado por meio de um número aleatório que lhe acompanhará em todas as avaliações. As informações sobre as avaliações serão utilizadas exclusivamente para fins de análise científica e serão guardadas com segurança - somente terão acesso a elas os pesquisadores envolvidos no projeto. Mas sempre existe a remota possibilidade da quebra do sigilo, mesmo que involuntário e não intencional, cujas consequências serão tratadas nos termos da lei. Caso você tenha algum prejuízo material ou imaterial em decorrência da pesquisa poderá solicitar indenização, de acordo com a legislação vigente e amplamente consubstanciada.

O pesquisador coordenador da pesquisa é o Prof. Dr. Diego Augusto Santos Silva pertencente à Universidade Federal de Santa Catarina, lotado no Departamento de Educação Física que irá assegurar os preceitos éticos e da proteção aos participantes da pesquisa de acordo com o que preconiza a Resolução 466/12 de 12/06/2012. Com ele você poderá manter contato pelos telefones (48) 3721-8562 ou (48) 3721-6342 ou ainda pelo e-mail diego.augusto@ufsc.br. Além disso, caso você tenha alguma dúvida em relação à pesquisa pode contatar o Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Santa Catarina pelo telefone (48)3721-9206 ou pelo e-mail cep.propesq@contato.ufsc.br.

É assegurada a assistência durante toda pesquisa, bem como será garantido o livre acesso a todas as informações e esclarecimentos adicionais sobre o estudo e suas consequências, enfim, tudo o que eu queira saber antes, durante e depois da participação. Duas vias deste documento estão sendo rubricadas e assinadas por você e pelo pesquisador responsável. Guarde cuidadosamente a sua via, pois é um documento que traz importantes informações de contato e garante os seus direitos como participante da pesquisa.



Professor Diego Augusto Santos Silva
Coordenador da Pesquisa

Eu _____,
RG _____ li este documento (ou tive este documento lido para mim por uma pessoa de confiança) e obtive dos pesquisadores todas as informações que julguei necessárias para me sentir esclarecido e optar por livre e espontânea vontade participar da pesquisa EFEITOS DE UMA TEMPORADA ESPORTIVA NA SAÚDE CELULAR DE ATLETAS DE DIFERENTES MODALIDADES.

Assinatura do atleta

Florianópolis, ____/____/____

APÊNDICE B – Anamnese do estudo

Data de avaliação: ____/____/____

Identificação

Nome completo: _____
 ID: A__ Sexo: () Masculino () Feminino Data de nascimento: ____/____/____
 Endereço: _____
 Cep: _____ Bairro: _____ Cidade: _____
 Curso: _____ Turno que estuda: _____
 Telefone: () _____ Celular: () _____
 E-mail: _____

Perfil da modalidade

1. Modalidade praticada: _____
 2. Posição(ões) de jogo: _____ 3. Tempo de prática: _____ 4. Tempo de
 prática dentro do time da UFSC: _____ 5. Competições que participa por
 ano: _____ 6. Lado dominante: a) braços _____ b)
 pernas _____ 7. Possui algum tipo de lesão: () Sim () Não 8. Se sim, em qual local?
 _____ 9. Realiza ou realizou tratamento para a lesão () Sim () Não 10. Nº de treinos por semana na
 UFSC _____ 11. Duração dos treinos na UFSC: _____ 12. Treina em equipes fora da UFSC ()
 Sim () Não 13. Se sim, nº de treinos (sem) _____ 14. Duração: _____

Perfil nutricional

15. Você faz suplementação de cálcio ou vitamina D? () Sim () Não 16. Se sim, há quanto tempo? _____
 17. Tem o hábito de ingerir isotônico, ex: *gatorade*: _____ 18. Com que frequência? _____ 19. Você faz
 suplementação de proteína? () Sim () Não 20. Se sim, há quanto tempo? _____ 21. Quantos litros de água você
 bebe por dia? _____ 22. Ingera café ou bebidas com cafeína () Sim () Não. 23. Se sim, quantos copos?

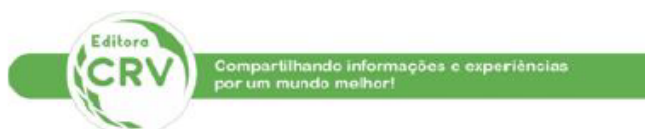
Estilo de vida

24. Pratica outra atividade física: () Sim () Não 25. Se sim, qual? Exemplo: caminhada,
 musculação: _____ 26. Nº de vezes por semana: _____ 27.
 Duração: _____ 28. Com que frequência ingere bebidas alcoólicas: _____ 29. Fuma
 cigarro: () Sim () Não 30. Horas de sono por dia na semana: _____ 31. Horas de sono
 por dia no final semana: _____

Histórico de saúde pessoal

31. Doenças adquiridas: _____ 32. Usa medicamentos
 diariamente? _____ 33. Se sim, quais? _____ 34. Nos últimos 03 meses,
 consultou um médico? _____ 35. Se sim, qual o motivo? _____ 36. Hospitalizações: () Sim ()
 Não 37. Se sim, quanto tempo? _____ 38. Queixas atuais: () Sem queixas ()
 Tonteira () Desmaios () Dor no peito () Palpitações - Outros: _____ 39. Menstruação regular: () Sim ()
 Não 40. Faz uso de anticoncepcional? () Sim () Não

ANEXO A – Aceite do capítulo de livro



DECLARAÇÃO

Declaro para os devidos fins e efeitos legais que o capítulo de livro intitulado **ABSORCIOMETRIA POR DUPLA EMISSÃO DE RAIOS-X (DXA)** de autoria dos Professores Mikael Seabra Moraes e Diego Augusto Santos Silva, foi aprovado pelo Conselho Editorial e Comitê Científico da Editora CRV e irá compor a primeira edição do livro **COMPOSIÇÃO CORPORAL HUMANA NA EDUCAÇÃO FÍSICA**, que encontra-se em processo de editoração e será publicado em 2020.

Railson Moura
Editor-Chefe
Editora CRV Ltda

ANEXO B – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SANTA CATARINA - UFSC



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: EFEITOS DE UMA TEMPORADA ESPORTIVA NA SAÚDE CELULAR DE ATLETAS DE DIFERENTES MODALIDADES

Pesquisador: Diego Augusto Santos Silva

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 72183917.6.0000.0121

Instituição Proponente: Universidade Federal de Santa Catarina

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.308.476

Apresentação do Projeto:

Trata o presente projeto, Efeitos de uma temporada esportiva na saúde celular de atletas de diferentes modalidades, de uma pesquisa submetida pelo Prof. Diego Augusto Santos Silva, que assina a folha de rosto como pesquisador responsável juntamente com o Prof. Jucemar Benedet, Chefe do Departamento de Educação Física/CDS/UFSC. Trata-se de um estudo longitudinal que pretende analisar os efeitos de uma temporada esportiva competitiva na saúde celular de atletas universitários de 7 diferentes modalidades (futebol, voleibol, atletismo, judô, basquetebol, futsal, natação). Em todos eles, a categoria selecionada será a adulta, masculino e feminino. Os critérios de inclusão são: 1) atleta da equipe principal universitária; 2) não fazer uso de diuréticos durante todo o período da pesquisa; 3) não ter nenhum tipo de lesão no início do estudo. Os critérios de exclusão são: 1) atletas que passarem mais de um mês sem treinar ao longo da temporada; 2) atletas que relataram tomar medicamentos para aumento do desempenho físico ao longo da temporada. Estima-se recrutar 120 atletas, que serão submetidos a coleta de dados em três momentos do ano competitivo (pré-temporada, durante a temporada e após a temporada). Os voluntários serão submetidos às seguintes análises, todas realizadas nas dependências do Centro de Desportos da UFSC: i) avaliação da água corporal, através do equipamento de bioimpedância espectroscópica; ii) avaliação da gordura corporal, estimada por meio do aparelho de

Endereço: Universidade Federal de Santa Catarina, Pólo Reitoria II, R: Desembargador Vitor Lima, nº 222, sala 401
Bairro: Trindade **CEP:** 88.040-400
UF: SC **Município:** FLORIANÓPOLIS
Telefone: (48)3721-6094 **E-mail:** cep.propesq@contato.ufsc.br

Continuação do Parecer: 2.308.476

pletismografia por deslocamento de ar; iii) avaliação massa óssea e da massa isenta de gordura e osso, estimada por meio da absorciometria radiológica de dupla energia.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Geral: Analisar os efeitos de uma temporada esportiva competitiva na saúde celular de atletas universitários de diferentes modalidades.

Objetivos Específicos:

- a) Estimar os componentes corporais de água total, fluido intracelular e extracelular em atletas universitários das modalidades de futebol, voleibol, atletismo, judô, basquetebol, futsal, natação no início da temporada competitiva.
- b) Estimar os componentes corporais de água total, fluido intracelular e extracelular em atletas universitários das modalidades de futebol, voleibol, atletismo, judô, basquetebol, futsal, natação no decorrer da temporada competitiva.
- c) Estimar os componentes corporais de água total, fluido intracelular e extracelular em atletas universitários das modalidades de futebol, voleibol, atletismo, judô, basquetebol, futsal, natação ao final da temporada competitiva.
- d) Verificar a associação dos componentes corporais de água total, fluido intracelular e extracelular com a frequência semanal de treinamento, a duração de cada sessão de treinamento e a quantidade de competições durante a temporada.
- e) Verificar a associação dos componentes corporais de água total, fluido intracelular e extracelular com a massa de gordura, massa óssea e massa isenta de gordura e osso.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos: Nenhum risco potencial à saúde é observado durante as intervenções que serão efetuadas. O risco previsto é o constrangimento, uma vez que durante as avaliações os participantes devem utilizar roupa de banho (sunga para os homens e maiôs para as mulheres). Para minimizar esse risco um avaliador do mesmo sexo do voluntário o acompanhará nessa avaliação. Durante a avaliação da massa óssea e da massa isenta de gordura e osso o voluntário será exposto à radiação que é de menor quantidade do que a exposta em um rai X, sendo equivalente a um dia de exposição ao sol. Este teste é amplamente utilizado ao redor do mundo e nenhum risco em potencial à saúde tem sido observado. Está ainda descrito o possível risco de quebra de sigilo involuntária e não intencional.

Benefícios: Os principais benefícios em você participar da pesquisa é que o vosso treinador e a sua equipe terá um perfil das condições de saúde celular, de gordura corporal, de osso e de músculo

Endereço: Universidade Federal de Santa Catarina, Pédio Reitoria II, R: Desembargador Vitor Lima, nº 222, sala 401
Bairro: Trindade **CEP:** 88.040-400
UF: SC **Município:** FLORIANÓPOLIS
Telefons: (48)3721-8094 **E-mail:** csp.propesq@contato.ufsc.br

Continuação do Parecer: 2.308.476

de todos os atletas e poderá adotar estratégias para melhorar e/ou manter essas condições ao longo da temporada. Você realizará três avaliações ao longo da temporada, de modo que as informações podem auxiliar em que momento do ano competitivo, o atleta tem melhor ou pior desempenho. Durante os procedimentos de coleta de dados você estará sempre acompanhado por um dos pesquisadores, que lhe prestará toda a assistência necessária ou acionará pessoal competente para isso.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Pode contribuir para o conhecimento generalizável sobre o tema.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Adequados.

Recomendações:

Sem recomendações.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Considerando que todas as pendências indicadas na primeira versão desta solicitação foram devidamente atendidas e justificadas, não há nenhuma inadequação no presente processo.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_968870.pdf	29/08/2017 11:42:25		Aceito
Outros	RESPOSTA_AS_PENDENCIAS.pdf	29/08/2017 11:40:51	Diego Augusto Santos Silva	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Propesq.pdf	29/08/2017 11:38:45	Diego Augusto Santos Silva	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_pendencias.pdf	29/08/2017 11:38:22	Diego Augusto Santos Silva	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_pendencia.pdf	29/08/2017 11:37:57	Diego Augusto Santos Silva	Aceito
Cronograma	Cronograma.pdf	27/07/2017 19:10:57	Diego Augusto Santos Silva	Aceito

Endereço: Universidade Federal de Santa Catarina, Médio Itaipava II, R. Desembargador Vitor Lima, n° 224, 884-041
Bairro: Trindade **CEP:** 88.040-400
UF: SC **Município:** FLORIANÓPOLIS
Telefone: (48)3721-6294 **E-mail:** cep.propesq@contato.ufsc.br