

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta
tese será disponibilizado
somente a partir de 10/04/2028.

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO
MOVIMENTO – INTERUNIDADES**

YURI DA SILVA VENTURA FAUSTINO DA SILVA

**ASSOCIAÇÃO DA PRÁTICA ESPORTIVA, PARÂMETROS DE
TREINAMENTO E FORÇA MUSCULAR COM PARÂMETROS DE
SAÚDE ÓSSEA DE ADOLESCENTES ENGAJADOS EM DIFERENTES
MODALIDADES ESPORTIVAS: ABCD – GROWTH STUDY**

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO – INTERUNIDADES

Yuri da Silva Ventura Faustino da Silva

ASSOCIAÇÃO DA PRÁTICA ESPORTIVA, PARÂMETROS DE TREINAMENTO E FORÇA MUSCULAR COM PARÂMETROS DE SAÚDE ÓSSEA DE ADOLESCENTES ENGAJADOS EM DIFERENTES MODALIDADES ESPORTIVAS: ABCD – GROWTH STUDY

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento, da Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Câmpus de Presidente Prudente, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências do Movimento.

Orientador: Professor Dr. Ricardo R. Agostinete

Presidente Prudente – SP

2026

FICHA CATALOGRÁFICA

F268a Faustino-da-Silva, Yuri
Associação da prática esportiva, parâmetros de treinamento e força muscular com parâmetros de saúde óssea de adolescentes engajados em diferentes modalidades esportivas: ABCD – Growth Study / Yuri Faustino-da-Silva. -- Presidente Prudente, 2026
97 p. : il., tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente
Orientador: Ricardo Agostinete

1. Educação física. 2. Densidade óssea. 3. Crianças esportes. 4. Força muscular. 5. Aptidão física em adolescentes. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Dados fornecidos pelo autor(a).

Impacto do trabalho relacionado aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) compõem uma agenda global estabelecida pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 2015, formada por 17 objetivos voltados à promoção do desenvolvimento social, econômico e ambiental de forma sustentável até 2030. No contexto desta agenda, pesquisas científicas desempenham papel importante ao gerar conhecimento que contribua para a melhoria das condições de vida e saúde da população.

Este trabalho está alinhado principalmente ao **ODS 3 – Saúde e Bem-Estar**, ao investigar fatores associados à saúde óssea de adolescentes praticantes de esportes. Considerando que a adolescência é um período decisivo para o desenvolvimento musculoesquelético e do pico de massa óssea, os achados desta tese podem contribuir para a prevenção de agravos futuros, como baixa massa óssea e osteoporose. Ao analisar a relação entre parâmetros de treinamento esportivo, força muscular e indicadores ósseos, o estudo gera evidências relevantes para estratégias de promoção da saúde em jovens.

Além disso, a pesquisa também se relaciona com o **ODS 4 – Educação de Qualidade**, ao produzir conhecimento aplicável a contextos esportivos e educacionais, favorecendo práticas de treinamento mais seguras e baseadas em evidências científicas. De forma complementar, a tese também dialoga com o **ODS 10 – Redução das Desigualdades**, ao reforçar o potencial do esporte como ferramenta de promoção da saúde, desenvolvimento humano e inclusão social.

Impact of the research related to the Sustainable Development Goals (SDGs)

The Sustainable Development Goals (SDGs) are part of a global agenda established by the United Nations (UN) in 2015, consisting of 17 goals aimed at promoting sustainable social, economic, and environmental development by 2030. Within this framework, scientific research plays an important role by generating knowledge that contributes to improving population health and well-being.

This research is mainly aligned with **SDG 3 – Good Health and Well-being**, as it investigates factors associated with bone health in adolescent athletes. Since adolescence is a critical period for musculoskeletal development and peak bone mass acquisition, the findings of this thesis may contribute to the prevention of future conditions such as low bone mass and osteoporosis. By examining the relationship between sport training parameters, muscular strength, and bone indicators, this study provides relevant evidence to support health promotion strategies in youth.

Furthermore, this work is also related to **SDG 4 – Quality Education**, as it generates knowledge that can be applied in both sport and educational settings, supporting safer and more evidence-based training practices. In addition, it relates to **SDG 10 – Reduced Inequalities**, by highlighting the role of sport as a tool for health promotion, human development, and social inclusion.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: ASSOCIAÇÃO DA PRÁTICA ESPORTIVA, PARÂMETROS DE TREINAMENTO E FORÇA MUSCULAR COM PARÂMETROS DE SAÚDE ÓSSEA DE ADOLESCENTES ENGAJADOS EM DIFERENTES MODALIDADES ESPORTIVAS: ABCD – GROWTH STUDY

AUTOR: YURI DA SILVA VENTURA FAUSTINO DA SILVA

ORIENTADOR: RICARDO RIBEIRO AGOSTINETE

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em Ciências do Movimento, área: Biodinâmica do Movimento pela Comissão Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 **LUIS ALBERTO GOBBO**
Data: 08/06/2026 20:48:59-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. LUIS ALBERTO GOBBO (Participação Virtual)
Departamento de Educação Física / UNESP / Câmpus de Presidente Prudente - FCT

Documento assinado digitalmente
 **EZEQUIEL MOREIRA GONÇALVES**
Data: 03/06/2026 15:56:39-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. EZEQUIEL MOREIRA GONÇALVES (Participação Virtual)
Departamento de Educação Física / Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Documento assinado digitalmente
 **TATHYANE KRAHENBÜHL**
Data: 05/06/2026 12:49:13-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Profa. Dra. TATHYANE KRAHENBÜHL (Participação Virtual)
Departamento de Educação Física / Universidade Federal do Amazonas - UFAM

Documento assinado digitalmente
 **WILLIAM RODRIGUES TEBAR**
Data: 05/06/2026 16:38:39-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. WILLIAM RODRIGUES TEBAR (Participação Virtual)
Departamento de Educação Física / UNESP / Câmpus de Presidente Prudente - FCT

Documento assinado digitalmente
 **JULIO CESAR DA COSTA**
Data: 05/06/2026 15:04:30-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. JULIO CESAR DA COSTA (Participação Virtual)
Departamento de Educação Física / Universidade Estadual de Londrina - UEL

Presidente Prudente, 10 de abril de 2026.

Dedico esta tese às minhas filhas, Ana Alicia e Maria Luiza, e à minha mãe, Regina Célia, por serem o combustível que me inspira a buscar sempre mais.

AGRADECIMENTOS

“Se vi mais longe, foi por estar sobre ombros de gigantes.” Essa frase de Isaac Newton nunca fez tanto sentido para mim neste momento. Ela representa cada oportunidade que tive ao longo da minha trajetória até à chegada deste grande marco. Se pude enxergar tão longe, foi porque pessoas se dispuseram a me apoiar em seus ombros.

Uma das primeiras dessas pessoas, embora talvez não tenha dimensão da grandiosidade que é a defesa de um doutorado, é minha mãe, Regina Célia. Em sua simplicidade, humildade e força, mesmo diante de todas as dificuldades que enfrentávamos para sobreviver, ela sempre esteve ali, oferecendo tudo o que podia para que eu pudesse chegar até aqui.

Agradeço também às minhas filhas, Ana Alicia e Maria Luiza, que foram e continuam sendo meu combustível para querer crescer cada vez mais. Aos meus irmãos, Kauã Ventura e Caroline Ventura, obrigado por todo o apoio, carinho e admiração.

Não poderia deixar de mencionar, neste contexto familiar, a pessoa que hoje está ao meu lado, construindo esse futuro junto comigo: Danilo Vieira. Você esteve presente em todos os momentos finais deste projeto, me apoiando, cuidando de mim e tornando essa caminhada mais leve. Meu agradecimento é imenso. Te amo!

Estendo ainda meu carinho e gratidão a todos os meus primos, primas, tias e tios, que sei que se alegram com a possibilidade de ver surgir o primeiro Doutor da família Ventura. Não poderia deixar de agradecer, in memoriam, a Valmir Faili, que esteve comigo em todo o processo de ingresso e nos primeiros anos das disciplinas da pós-graduação. Sei que, onde quer que esteja, se alegraria com esta conquista

Durante muito tempo, o mundo da educação me pareceu distante, quase inalcançável. Para um menino preto, gay, periférico, nascido e criado no Rio de Janeiro, imaginar-se ocupando espaços como este não era algo óbvio. Pelo contrário, muitas vezes outros caminhos pareciam mais próximos, mais visíveis e até mais acessíveis do que o caminho da formação, do estudo e da construção de um futuro por meio do conhecimento. Ainda assim, foi na educação e no esporte que encontrei possibilidade, direção e transformação. Foram eles que me permitiram sonhar para além das circunstâncias, ressignificar minha própria trajetória e acreditar que eu poderia romper barreiras que, por muito tempo, pareciam impostas ao meu lugar no mundo.

E foi nesse percurso que os gigantes foram surgindo em minha vida. Entre eles, o Prof. Dr. Ricardo Cielo, que, embora tenha chegado primeiro como um amigo da pós-graduação, eu sempre soube que se tornaria um professor extremamente competente em tudo aquilo a que se propusesse. Cielo, lembro-me de quando estávamos construindo este projeto, ambos vivendo o intercâmbio, e, entre uma ligação e outra, entre desabafos e choros por estarmos longe da família e dos amigos, essa ideia foi tomando forma. E, por ironia, ou talvez presente, do destino, quatro anos após sua construção, estamos aqui, orientador e orientando. Agradeço imensamente pela condução deste processo, pelas orientações, por acreditar em mim, pela amizade e pela irmandade. Estendo também meus agradecimentos à minha amiga Laura Faria, por toda a amizade e acolhimento ao longo dessa trajetória.

Agradeço ao Prof. Dr. Rômulo Araújo que, embora hoje esteja formalmente como meu coorientador, foi quem me ensinou o que é ciência, pesquisa e me orientou ao longo de nove anos. Com seu jeito paciente, foi me mostrando os caminhos que eu poderia trilhar. Sou profundamente grato por ter aceitado me orientar durante todos esses anos. O senhor foi responsável por me fazer alcançar um nível que, um dia, eu jamais imaginei ser possível: fazer um intercâmbio, tornar-me mestre e chegar até aqui. Tudo isso também foi fruto dos seus incentivos, da sua confiança e da sua generosidade.

Agradeço aos membros da banca de defesa desta tese de doutorado, por terem aceitado o convite para avaliar este trabalho e contribuir com reflexões e apontamentos tão importantes para seu aprimoramento.

Agradeço ao Prof. Dr. Fábio Lira, por seus conselhos, apoio e amizade ao longo de todo este processo de doutorado. Estendo também esse agradecimento à sua esposa, Sabrina, pela amizade, pelo acolhimento e pelos conselhos compartilhados durante essa trajetória. Aproveito ainda para agradecer a todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Movimento, por todo o conhecimento transmitido e pela contribuição fundamental para a minha formação acadêmica e pessoal.

Não poderia deixar de agradecer aos meus companheiros de estudos e de vida, meus amigos da “casinha”: Pedro Narciso, Santiago Vanegas, Rafael Luiz, André Werneck e Wesley Torres. Obrigado pela parceria, convivência, apoio e por tornarem essa caminhada mais leve. Agradeço também a todos os integrantes do GICRAF, por todo o suporte durante os períodos de coleta, pelas trocas de conhecimento e pela ajuda no desenvolvimento deste projeto.

Agradeço, igualmente, a todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Movimento da Universidade Estadual Paulista (UNESP), bem como aos servidores técnico-administrativos, em especial àqueles

do Câmpus de Presidente Prudente, pelo suporte oferecido ao longo dessa trajetória.

Registro meu agradecimento aos participantes do ABCD-Growth Study, sem os quais este trabalho não seria possível. Agradeço à Secretaria Municipal de Esportes de Presidente Prudente, pela parceria com as equipes esportivas, e às escolas que abriram suas portas para o recrutamento dos adolescentes. Agradeço, ainda, aos técnicos esportivos, atletas, pais e responsáveis legais, que autorizaram e tornaram possível a participação dos adolescentes no estudo.

Agradeço a todos os meus amigos de Presidente Prudente, São Paulo e Rio de Janeiro, que sempre vibraram com as minhas conquistas. Obrigado pelo apoio emocional, pela escuta, pelo carinho e pela presença, mesmo nos momentos mais difíceis.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), Brasil. Processo nº 2022/09796-1. As opiniões, hipóteses e conclusões ou recomendações expressas neste material são de responsabilidade do(s) autor(es) e não necessariamente refletem a visão da FAPESP

Eles combinaram de nos matar, mas nós combinamos de não morrer.

(Conceição Evaristo)

RESUMO

Associação da prática esportiva, parâmetros de treinamento e força muscular com parâmetros de saúde óssea de adolescentes engajados em diferentes modalidades esportivas: ABCD – Growth Study

Esta tese analisou a relação entre prática esportiva, aptidão muscular, características do treinamento e saúde óssea em adolescentes. Participaram 197 adolescentes de ambos os sexos, distribuídos em grupo controle e grupos esportivos classificados de acordo com o nível de impacto mecânico da modalidade: sem impacto, médio impacto e alto impacto. A saúde óssea foi avaliada por DXA, considerando densidade mineral óssea, geometria femoral, trabecular bone score e tecido mole magro. Também foram analisados os marcadores de remodelação óssea CTX e P1NP. A força de membros superiores foi avaliada pela preensão manual, a potência de membros inferiores pelo salto vertical, e as variáveis de treinamento incluíram volume semanal e intensidade monitorada pela frequência cardíaca. As análises estatísticas incluíram análise de variância (ANOVA), análise de covariância (ANCOVA), regressão hierárquica e análises de mediação simples e em série, realizadas no SPSS versão 29, adotando-se nível de significância de $p < 0,05$. De modo geral, os adolescentes envolvidos em modalidades com maior impacto mecânico apresentaram melhores indicadores ósseos, principalmente para DMOa de pernas, DMOa de corpo total sem cabeça e parâmetros de geometria femoral. Nas análises de regressão hierárquica, a força de preensão manual se associou positivamente a diferentes desfechos ósseos. Além disso, a exposição a modalidades de impacto potencializou essa relação, principalmente em parâmetros de saúde óssea, voltado a sustentação do corpo. Os marcadores CTX e P1NP também foram mais elevados nos grupos de impacto. Por outro lado, o volume semanal de treinamento e a intensidade mensurada pela frequência cardíaca não apresentaram contribuição consistente para os parâmetros ósseos nos modelos ajustados. Nas análises de mediação, o tecido mole magro teve papel importante na relação entre impacto esportivo e saúde óssea. O maior nível de impacto da modalidade esteve associado a maior tecido mole magro, que, por sua vez, se associou a melhores indicadores ósseos, especialmente DMOa de pernas, DMOa de corpo total sem cabeça e parâmetros de geometria femoral. Quando a força de preensão manual foi inserida nos modelos de mediação em série, sua contribuição foi menos consistente. Conclui-se que a prática de modalidades com maior impacto mecânico está associada a melhores indicadores de saúde óssea em adolescentes. Os resultados sugerem que esses benefícios não dependem apenas de estar envolvido em treinamento esportivo, mas principalmente do tipo de estímulo mecânico gerado pela modalidade e das adaptações musculares associadas à prática. Nesse contexto, a força muscular se mostrou relevante, sobretudo quando combinada à exposição a esportes de impacto, enquanto o tecido mole magro parece ser um dos principais mecanismos envolvidos na relação entre esporte e saúde óssea durante a adolescência.

Palavras-Chave: Saúde óssea, Esporte, Aptidão Muscular, Adolescentes.

ABSTRACT

Association of sports participation, training parameters, and muscular strength with aspects of bone health in adolescents engaged in different sports modalities: ABCD – Growth Study

This thesis analyzed the relationship between sports participation, muscular fitness, training characteristics, and bone health in adolescents. A total of 197 adolescents of both sexes participated in the study and were distributed into a control group and sports groups classified according to the mechanical impact level of the sport modality: non-impact, odd-impact, and high-impact. Bone health was assessed by DXA, considering bone mineral density, femoral geometry, trabecular bone score, and lean soft tissue. Bone remodeling markers, including CTX and PINP, were also analyzed. Upper-limb strength was assessed by handgrip strength, lower-limb power by the vertical jump test, and training variables included weekly training volume and heart-rate-monitored intensity. Statistical analyses included analysis of variance (ANOVA), analysis of covariance (ANCOVA), hierarchical regression, and simple and serial mediation analyses, performed in SPSS version 29, adopting a significance level of $p < 0.05$. Overall, adolescents involved in sports with greater mechanical impact showed better bone indicators, especially for leg aBMD, total body less head aBMD, and femoral geometry parameters. In the hierarchical regression analyses, handgrip strength was positively associated with different bone outcomes. In addition, exposure to impact sports potentiated this relationship, mainly for bone health parameters related to body-weight support. CTX and PINP levels were also higher in the impact groups. On the other hand, weekly training volume and heart-rate-measured intensity did not show a consistent contribution to bone parameters in the adjusted models. In the mediation analyses, lean soft tissue played an important role in the relationship between sport impact and bone health. A higher impact level of the sport modality was associated with greater lean soft tissue, which, in turn, was associated with better bone indicators, especially leg aBMD, total body less head aBMD, and femoral geometry parameters. When handgrip strength was included in the serial mediation models, its contribution was less consistent. It is concluded that participation in sports with greater mechanical impact is associated with better bone health indicators in adolescents. The results suggest that these benefits do not depend only on being involved in sports training, but mainly on the type of mechanical stimulus generated by the sport modality and the muscular adaptations associated with practice. In this context, muscular strength was relevant, especially when combined with exposure to impact sports, while lean soft tissue appears to be one of the main mechanisms involved in the relationship between sports participation and bone health during adolescence.

KEYWORDS: Bone Health, Sport, Muscle Fitness, Adolescent.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Ganho anual de conteúdo mineral ósseo na adolescência.....	15
FIGURA 2. Delineamento do estudo e distribuição dos participantes nas ondas de coleta de 2023 e 2024.....	22
FIGURA 3. Representação gráfica dos pontos anatomicos que determina cada ROIs.....	24
FIGURA 4. Representação da cartografia do TBS nas vértebras lombares L1–L4.....	25
FIGURA 5. Artigo 2 - Diagramas dos modelos de mediação serial que testaram a associação entre o nível de impacto esportivo e os parâmetros de DMOa por meio do tecido mole magro (TMM) e da força de preensão manual (FPM) do sexo masculino.....	61
FIGURA 6. Artigo 2 - Diagramas dos modelos de mediação serial que testaram a associação entre o nível de impacto esportivo e os parâmetros de geometria e microarquitetura óssea por meio do tecido mole magro (TMM) e da força de preensão manual (FPM) do sexo masculino.....	62
FIGURA 7. Artigo 2 - Diagramas dos modelos de mediação serial que testaram a associação entre o nível de impacto esportivo e os parâmetros de DMOa por meio do tecido mole magro (TMM) e da força de preensão manual (FPM) do sexo feminino.....	66
FIGURA 8. Artigo 2 - Diagramas dos modelos de mediação serial que testaram a associação entre o nível de impacto esportivo e os parâmetros de geometria e microarquitetura óssea por meio do tecido mole magro (TMM) e da força de preensão manual (FPM) do sexo feminino.....	67

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Fórmulas propostas por Moore et al., 2015 para calcular a maturação somática.....	29
TABELA 2. Artigo 1 – Característica descritivas da amostra do estudo de acordo com o nível de impacto esportivo.....	37
TABELA 3. Artigo 1 – Modelos de regressão linear hierárquica examinando a associação entre densidade óssea, biomarcadores ósseos e variáveis relacionadas ao treinamento.....	39
TABELA 4. Artigo 1 - Modelos de regressão linear hierárquica examinando a associação entre geometria óssea, microarquitetura óssea e variáveis relacionadas ao treinamento.....	40
TABELA 5. Artigo 1- Comparações ajustadas das variáveis ósseas, bioquímicas e de treinamento esportivo.....	41
TABELA 6. Artigo 2 - Características dos participantes de acordo com os grupos de carga mecânica do sexo masculino.....	57
TABELA 7. Características dos participantes de acordo com os grupos de carga mecânica do sexo feminino.....	58
TABELA 8. Artigo 2 - Correlações parciais entre os parâmetros ósseos e as variáveis de desempenho muscular do sexo masculino, ajustadas pelo pico de velocidade do crescimento (PVC).....	59
TABELA 9. Artigo 2 - Correlações parciais entre os parâmetros ósseos e as variáveis de desempenho muscular do sexo feminino, ajustadas pelo pico de velocidade do crescimento (PVC).....	59
TABELA 10. Artigo 2 - Análises de mediação serial da associação entre o nível de impacto esportivo e a densidade mineral óssea areal, com tecido mole magro e força de preensão manual como mediadores sequenciais do sexo masculino.....	63
TABELA 11. Artigo 2 - Análises de mediação serial da associação entre o nível de impacto esportivo e os desfechos de geometria óssea e microarquitetura óssea, com tecido mole magro e força de preensão manual como mediadores sequenciais do sexo masculino.....	64
TABELA 12. Artigo 2 - Análises de mediação serial da associação entre o nível de impacto esportivo e a densidade mineral óssea areal, com tecido mole magro e força de preensão manual como mediadores sequenciais do sexo feminino.....	69

TABELA 13. Artigo 2 - Análises de mediação serial da associação entre o nível de impacto esportivo e os desfechos de geometria óssea e microarquitetura óssea, com tecido mole magro e força de preensão manual como mediadores sequenciais do sexo feminino.....70

LISTA DE ABREVEATURAS E SIGLAS

ABCD – Analise de Comportamento de criança durante o crescimento

aBMD – areal bone mineral density

AF – Atividade física

ANCOVA – Análise de covariância

ANOVA – Análise de variância

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

BMC – Bone mineral content

BMD – Bone mineral density

CLSI – Clinical and Laboratory Standards Institute

CSA – Cross-sectional area

CSMI – Cross-sectional moment of inertia

CTX – Telopectídeo carboxiterminal do colágeno tipo I

CTX - C-terminal telopeptide of type I collagen

DCNT – Doenças crônicas não transmissíveis

DMO – Densidade mineral óssea

DXA – Dual-energy X-ray absorptiometry

EDTA – Ácido etilenodiamino tetra-acético

FC – Frequência cardíaca

FC_{máx} – Frequência cardíaca máxima

HSA – Análise Estrutural do quadril

HSG – Força de Pressão Manual

MVPA – Atividade física de intensidade moderada a vigorosa

ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

OMS – Organização Mundial da Saúde

P1NP – Propeptídeo aminoterminal do procolágeno tipo I

P1NP - Type I procollagen amino-terminal propeptide

PHV – Peak height velocity

PVC – Pico de velocidade de crescimento

PW – Potência do salto vertical

RDC – Resolução da Diretoria Colegiada

ROI – Região de interesse

SDGs – Sustainable Development Goals

SEE – Erro-padrão da estimativa

SPSS – Statistical Package for the Social Sciences

TBLH – Corpo total sem cabeça.

TBS – Trabecular Bone Score

TMM – Tecido mole magro

VPA – Atividade física de intensidade vigorosa

SUMÁRIO

1 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2 – OBJETIVOS	20
2.1 Geral	20
2.2 Específico	20
3 – MÉTODOS	20
3.1 ABCD – Growth Study	20
3.2 Procedimentos éticos	21
3.3 Amostragem e critérios de inclusão e exclusão	21
3.4 Cálculo do tamanho amostral	22
3.5 Delineamento do estudo	23
3.6 Variáveis Dependentes	24
3.6.1 Densidade mineral óssea areal	24
3.6.2 Geometria e Microarquitetura óssea	25
3.6.3 – Marcadores Sanguíneos	27
3.7 Variáveis independentes	28
3.7.1 Parâmetros de treinamento (volume e intensidade)	28
3.7 Variáveis Mediadoras	29
3.7.1 Força de pressão manual	29
3.7.2 Potência dos membros inferiores	29
3.7.3 Tecido mole e magro	30
3.8 Variáveis de confusão	30
3.9 Análise estatística	31
4. RESULTADO E DISCUSSÃO:	31
4.1 Manuscrito 1	32
4.2 Manuscrito 2	55
5. CONCLUSÃO DA TESE	81
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA	82
6. ANEXO	87

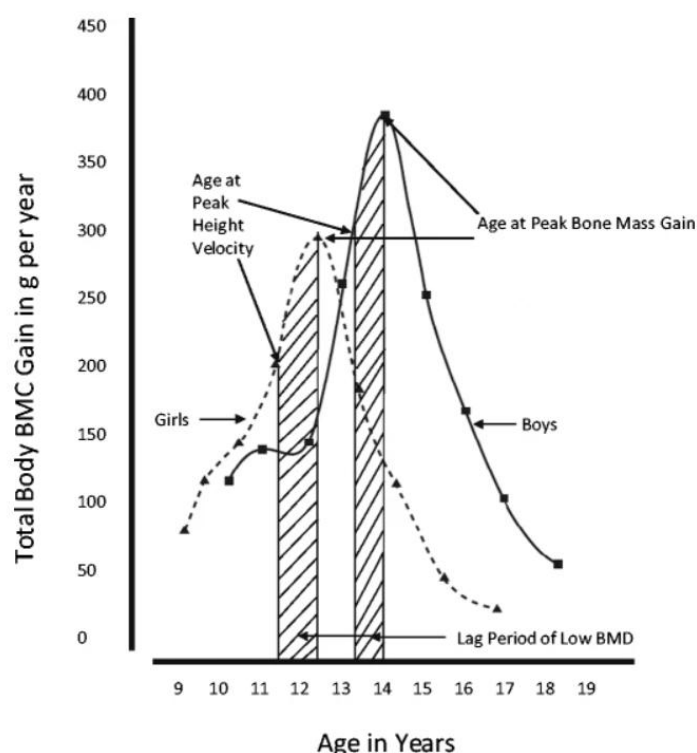
1 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Há um crescente número de estudos na literatura que evidencia o impacto do estilo de vida sobre diferentes desfechos de saúde (Guthold et al., 2020; Hallal, Martins, & Ramírez, 2014). Tais evidências indicam que hábitos saudáveis iniciados nas primeiras décadas de vida, como a prática regular de atividade física (AF), podem exercer efeito protetor contra o desenvolvimento de doenças em idades mais avançadas, especialmente as doenças crônicas não transmissíveis (DCNT) na fase adulta (Fernandes & Zanesco, 2015). Diante desse cenário, com vistas à prevenção de doenças, órgãos internacionais como a Organização Mundial da Saúde (OMS) têm incentivado o cumprimento das recomendações atuais para a prática de AF entre crianças e adolescentes, as quais preconizam pelo menos 60 minutos diários de atividade física de intensidade moderada a vigorosa (WHO, 2010).

Entre as DCNT com origem ainda na fase pediátrica, destaca-se a osteoporose, cuja principal característica é a acentuada redução da massa óssea (Weaver et al., 2016). Trata-se de um importante problema de saúde pública, com elevada prevalência mundial (Zamani et al., 2018), gerando expressivo impacto econômico e social em escala global. No Brasil, por exemplo, entre 2008 e 2010, foram gastos aproximadamente US\$ 72 milhões com diagnóstico e tratamento da doença (Moraes et al., 2014). Nesse sentido, a osteoporose tem recebido crescente atenção tanto da sociedade quanto do meio acadêmico.

A relação entre osteoporose e desenvolvimento esquelético nas duas primeiras décadas de vida fundamenta-se no fato de que, embora a doença se manifeste predominantemente em idades mais avançadas (Weaver et al., 2016), aproximadamente 39% do conteúdo mineral ósseo observado na idade adulta é acumulado no período situado entre -2 e +2 anos do pico de velocidade de crescimento, durante a adolescência (Baxter-Jones et al., 2011) (**Figura 1**). Dessa forma, a interação entre fatores genéticos, hormonais, nutricionais e extrínsecos, entre os quais se destaca a atividade física, durante a infância e a adolescência pode influenciar o pico de massa óssea e, consequentemente, o risco futuro de osteoporose (Baxter-Jones et al., 2011; Vierucci, Saggese, & Cimaz, 2017).

Figura 1. Ganho anual de conteúdo mineral ósseo na adolescência



Nota: Figura reproduzida de Weaver et al. (2016), licenciada sob Creative Commons Attribution-NonCommercial. Uso acadêmico sem fins comerciais..

Nesse contexto, esforços têm sido empreendidos para compreender a interação entre atividade física e tecido ósseo durante a infância e a adolescência (Gómez-Bruton et al., 2020; Pate et al., 2019). Dentre as diferentes manifestações da atividade física nesse período, o exercício físico tem recebido especial atenção por contribuir significativamente para o alcance das recomendações atuais de AF (Schubert et al., 2016). A prática esportiva, em particular, é considerada uma das principais manifestações de exercício físico entre adolescentes (Hulteen et al., 2017), podendo impactar positivamente o tecido ósseo ao longo do crescimento (Gomez-Bruton et al., 2018).

A literatura especializada tem indicado que a prática esportiva, especialmente em modalidades com maior impacto mecânico, parece potencializar os ganhos de massa óssea durante a adolescência (Ubago-Guisado et al., 2015; Weaver et al., 2016). Uma das justificativas para esse efeito é que atividades esportivas realizadas no solo, como futebol, basquete, badminton, ginástica e atletismo, aumentam a sobrecarga mecânica sobre o esqueleto e, conseqüentemente, estimulam o processo de remodelação óssea (Agostinete et al., 2020; Tenforde & Fredericson, 2011). Além disso, estudos do nosso grupo de

pesquisa evidenciam que a prática esportiva realizada no solo também parece reduzir o risco de fraturas traumáticas em adolescentes (Lynch et al., 2017, 2019a, 2019b).

Para além da densidade e do conteúdo mineral ósseo, outros parâmetros relacionados ao metabolismo ósseo, como os marcadores séricos de formação e reabsorção óssea, Propeptídeo aminoterminal do procolágeno tipo I (P1NP) e telopeptídeo carboxiterminal do colágeno tipo I (CTX), respectivamente, também parecem ser responsivos à prática esportiva (Milanovc et al., 2022). Kottaras et al. (2022) observaram que adolescentes futebolistas apresentaram maiores níveis séricos de P1NP quando comparado a nadadores e ao grupo controle. Por outro lado, o CTX não demonstrou diferença entre os grupos.

Apesar do P1NP e CTX serem indicadores valiosos do processo de remodelação óssea, ainda há lacunas importantes na literatura sobre os efeitos de diferentes modalidades esportivas sobre esses marcadores (Rapún López et al., 2017). Embora o impacto positivo da prática esportiva sobre a formação óssea nas duas primeiras décadas de vida tenha sido demonstrado em diferentes estudos (Faustino-da-Silva et al., 2018; Exupério et al., 2019; Agostinete et al., 2020 Stojanovic et al., 2020; De Marco et al., 2025), ainda são escassas as investigações que analisam o papel específico dos parâmetros do treinamento esportivo, como intensidade, volume, frequência e carga, nesse fenômeno complexo, bem como a relevância das adaptações da aptidão física decorrentes da prática esportiva para os desfechos ósseos (Gracia-Marco et al., 2011; Vlachopoulos et al., 2017).

Em levantamento recente sobre o estado da arte, Rowlands et al. (2020) investigaram a importância do volume e da intensidade da atividade física acumulados ao final da adolescência para a saúde óssea no início da idade adulta, encontrando resultados inconclusivos. Quando se trata especificamente do exercício físico estruturado e, sobretudo, da prática esportiva, as evidências são ainda mais escassas. Varley et al. (2017), por exemplo, observaram que 12 semanas de aumento do volume de treinamento em adolescentes futebolistas promoveram melhoras na força e na estrutura óssea tibial. Em contrapartida, Agostinete et al. (2017) encontraram associação negativa entre carga de treinamento e ganhos de densidade mineral óssea em adolescentes nadadores. Assim, ainda não está claro como os diferentes componentes do treinamento esportivo se associam aos desfechos ósseos em modalidades com distintos padrões de impacto mecânico, o que dificulta a compreensão de qual componente do treinamento seria mais determinante nessa relação.

Outra característica da prática esportiva que necessita ser melhor explorada diz respeito à sua capacidade de desenvolver componentes da aptidão física relacionados à saúde e, conseqüentemente, aos seus possíveis efeitos sobre o tecido ósseo. Isso se torna ainda mais relevante diante da especificidade de cada modalidade esportiva no desenvolvimento desses componentes (Schubert et al., 2016). Embora a literatura apresente evidências mais consistentes sobre a relação entre aptidão cardiorrespiratória e doenças cardiovasculares (Ortega et al., 2008), o mesmo não parece ocorrer em relação aos componentes da aptidão física e ao tecido ósseo em populações pediátricas praticantes de diferentes modalidades esportivas.

As informações disponíveis ainda são conflitantes. Ubago-Guisado et al. (2018) encontraram que o desempenho no salto vertical não explicou mudanças na densidade mineral óssea em meninos atletas. Em contrapartida, outros estudos apontam associações positivas entre variáveis de aptidão física, como força e agilidade/velocidade, e parâmetros ósseos em crianças (Gómez-Bruton et al., 2020). Padrão semelhante também tem sido observado em estudos que analisaram componentes da aptidão muscular como preditores de desfechos ósseos (Vlachopoulos et al., 2017), sugerindo que a qualidade funcional do tecido muscular, expressa pela força, pode ser determinante para mudanças na resistência óssea de crianças e adolescentes, independentemente da quantidade de músculo (Gómez-Bruton et al., 2020; Janz et al., 2015).

Nesse ponto reside uma questão particularmente relevante e ainda pouco esclarecida. Embora a literatura frequentemente enfatize o papel da massa muscular sobre a formação óssea, muitas vezes assume-se, de forma implícita, uma relação linear entre quantidade de músculo e capacidade de gerar força. No entanto, indivíduos com menor quantidade de massa muscular podem apresentar elevada capacidade de produção de força, especialmente em função das adaptações decorrentes do treinamento físico. Isso suscita a dúvida sobre qual aspecto seria mais importante para a saúde óssea: o volume de massa muscular ou a capacidade funcional de produzir força. Ademais, ainda se sabe pouco sobre o papel de ambos na associação entre prática esportiva e saúde óssea (Henriques-Neto et al., 2020).

Outro ponto relevante é que os poucos estudos que analisaram o efeito dos parâmetros de treinamento sobre o tecido ósseo têm se concentrado sobretudo em medidas de conteúdo e densidade mineral óssea (Agostinete et al., 2017), estimadas por meio da absorciometria por dupla emissão de raios X (dual-energy X-ray absorptiometry

– DXA). Entretanto, recentemente, outros parâmetros ósseos têm sido considerados potenciais indicadores de risco de fraturas e osteoporose, mesmo em adolescentes aparentemente saudáveis, como a geometria óssea do fêmur (Fonseca et al., 2014; Friedman, 2006). A geometria óssea pode ser definida como um conjunto de parâmetros que estimam a forma como o material inorgânico está distribuído na estrutura óssea, aspecto diretamente relacionado à resistência óssea, isto é, à capacidade do osso de suportar carga ou deformar-se antes de uma falha estrutural (Fonseca et al., 2014). Esses parâmetros refletem características físicas não capturadas exclusivamente pela densidade mineral óssea, como espessura trabecular, capacidade de flexão sem colapso e distribuição da massa óssea em relação ao centro da estrutura (Ferry et al., 2011), apresentando importante relevância clínica (Rapún López et al., 2017).

A região do quadril, além de ser uma das áreas mais acometidas pela osteoporose e por fraturas associadas à doença (Bandeira & de Carvalho, 2007), é também uma das regiões mais expostas aos impactos mecânicos gerados durante a prática esportiva, devido ao seu envolvimento na maioria dos movimentos necessários ao desempenho esportivo, sobretudo em modalidades de impacto (Rapún López et al., 2017). Estudos recentes têm demonstrado que adolescentes engajados em esportes de impacto, como futebol e ginástica, apresentam melhores índices de geometria óssea do quadril quando comparados a praticantes de esportes sem impacto, como a natação, e a adolescentes do grupo controle (Exupério et al., 2019; Lozano-Berges et al., 2018). Todavia, tais estudos geralmente consideram poucos parâmetros de treinamento, frequentemente apenas o volume. Além disso, embora seja reconhecida a participação relevante da massa muscular na formação óssea dos membros inferiores (Luiz-de-Marco et al., 2025), ainda não está claro se esse efeito decorre predominantemente da quantidade de massa muscular ou da sua capacidade de produzir força.

Diante desse cenário, observa-se uma importante lacuna na literatura sobre os impactos dos parâmetros de treinamento esportivo nos desfechos de saúde óssea, bem como sobre o papel da força muscular, oriunda da prática esportiva, nessa relação. Assim, este projeto busca responder às seguintes questões:

- i) Qual componente do treinamento esportivo é mais relevante para modificações em parâmetros ósseos de adolescentes: volume ou intensidade?
- ii) Qual é a participação da força muscular no papel exercido pela massa muscular sobre a saúde óssea?

iii) Esses componentes do treinamento esportivo apresentam associações semelhantes com os desfechos ósseos em modalidades com diferentes padrões de impacto mecânico, como esportes praticados no solo e na água?

5. CONCLUSÃO DA TESE

Os resultados desta tese indicam que a saúde óssea de adolescentes envolvidos em diferentes modalidades esportivas esteve associada principalmente à maturação biológica, à massa magra e ao tipo de estímulo mecânico da modalidade praticada.

Entre os parâmetros de força muscular avaliados, a força de preensão manual apresentou maior contribuição para os indicadores ósseos quando analisada de forma isolada, ou seja, sem ajuste pela massa magra. No entanto, quando a massa magra foi considerada nas análises, a contribuição independente da força foi reduzida, sugerindo que parte importante dessa relação pode ser explicada pelo desenvolvimento muscular. Enquanto a participação em modalidades com maior impacto mecânico esteve associada a um perfil ósseo mais favorável, principalmente em regiões de sustentação de peso corporal e nos parâmetros de geometria óssea. Esse achado reforça que não apenas a participação esportiva, mas a característica mecânica da modalidade, parece ser relevante para as adaptações ósseas durante a adolescência.

Nos modelos de mediação, o tecido mole magro explicou parte da associação entre o nível de impacto esportivo e os desfechos ósseos, especialmente para a DMOa de pernas, DMOa de corpo total sem cabeça e parâmetros de geometria óssea. Esses resultados sugerem que os benefícios da prática esportiva sobre o tecido ósseo podem ocorrer, em parte, por meio do desenvolvimento do tecido muscular. Por outro lado, o volume semanal de treinamento e a intensidade monitorada pela frequência cardíaca não apresentaram contribuição consistente para os desfechos ósseos nos modelos ajustados. Dessa forma, os achados indicam que a quantidade de treino ou o tempo acumulado em maior intensidade não explicam, isoladamente, as adaptações ósseas observadas.

Assim, esta tese conclui que o desenvolvimento ósseo na adolescência parece depender da combinação entre crescimento biológico, desenvolvimento muscular e exposição a modalidades esportivas com maior impacto mecânico. Entre as variáveis analisadas, a massa magra foi o componente mais consistente na associação com os parâmetros de saúde óssea.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA DA TESE

- AGOSTINETE, R. R. et al. Basketball affects bone mineral density accrual in boys more than swimming and other impact sports: 9-mo follow-up. *Journal of Clinical Densitometry*, v. 19, n. 3, p. 375-381, 2016.
- AGOSTINETE, R. R. et al. The impact of training load on bone mineral density of adolescent swimmers: a structural equation modeling approach. *Pediatric Exercise Science*, 2017.
- AGOSTINETE, R. R. et al. Categorizing 10 sports according to bone and soft tissue profiles in adolescents. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2020.
- AGOSTINETE, Ricardo Ribeiro et al. Bone accrual over 18 months of participation in different loading sports during adolescence. *Archives of osteoporosis*, v. 15, n. 1, p. 64, 2020.
- BANDEIRA, F.; DE CARVALHO, E. F. Prevalence of osteoporosis and vertebral fractures in postmenopausal women attending reference center. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, v. 10, n. 1, p. 86-98, 2007.
- BAXTER-JONES, A. D. G. et al. Bone mineral accrual from 8 to 30 years of age: an estimation of peak bone mass. *Journal of Bone and Mineral Research*, v. 26, n. 8, p. 1729-1739, 2011.
- CORMIE, P.; McGUIGAN, M. R.; NEWTON, R. U. Developing maximal neuromuscular power: part 1—biological basis of maximal power production. *Sports Medicine*, v. 41, n. 1, p. 17-38, 2011. DOI: 10.2165/11537690-000000000-00000.
- EDWARDS, S. High performance training and racing. In: *The heart rate monitor book*. 1993. p. 113-123.
- EXUPÉRIO, I. N. et al. Impact of artistic gymnastics on bone formation marker, density and geometry in female adolescents: ABCD-Growth Study. *Journal of Bone Metabolism*, v. 26, n. 2, p. 75, 2019.
- EZZATI, M. et al. Contributions of mean and shape of blood pressure distribution to worldwide trends and variations in raised blood pressure: a pooled analysis of 1018 population-based measurement studies with 88.6 million participants. *International Journal of Epidemiology*, v. 47, n. 3, p. 872-883i, 2018.
- FAUSTINO-DA-SILVA, Y. V. et al. Reproducibility and inter-observer agreement of Greulich-Pyle protocol to estimate skeletal age among female adolescent soccer players. *BMC Pediatrics*, v. 20, n. 1, 2020.

FAUSTINO-DA-SILVA, Y. V. et al. Track and field practice and bone outcomes among adolescents: a pilot study (ABCD-Growth Study). *Journal of Bone Metabolism*, v. 25, n. 1, p. 35, 2018.

FERNANDES, R. A.; ZANESCO, A. Early sport practice is related to lower prevalence of cardiovascular and metabolic outcomes in adults independently of overweight and current physical activity. *Medicina (Lithuania)*, v. 51, n. 6, p. 336-342, 2015.

FERRY, B. et al. Bone geometry and strength adaptations to physical constraints inherent in different sports: comparison between elite female soccer players and swimmers. *Journal of Bone and Mineral Metabolism*, v. 29, n. 3, p. 342-351, 2011.

FONSECA, H. et al. Bone quality: the determinants of bone strength and fragility. *Sports Medicine*, 2014.

FOSTER, C. et al. A new approach to monitoring exercise training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, v. 15, n. 1, p. 109-115, 2001.

FOX, J. L. et al. Validity of the Polar Team Pro sensor for measuring speed and distance indoors. *Journal of Science and Medicine in Sport*, v. 22, n. 11, p. 1260-1265, 2019.

FRIEDMAN, A. W. Important determinants of bone strength: beyond bone mineral density. *Journal of Clinical Rheumatology*, v. 12, n. 2, p. 70-77, 2006.

GOMEZ-BRUTON, A. et al. The effect of swimming during childhood and adolescence on bone mineral density: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, v. 46, n. 3, p. 365-379, 2016.

GOMEZ-BRUTON, A. et al. Swimming and peak bone mineral density: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Sports Sciences*, v. 36, n. 4, p. 365-377, 2018.

GÓMEZ-BRUTON, A. et al. Association between physical fitness and bone strength and structure in 3- to 5-year-old children. *Sports Health*, 2020.

GRACIA-MARCO, L. et al. Effect of fitness and physical activity on bone mass in adolescents: the HELENA Study. *European Journal of Applied Physiology*, v. 111, n. 11, p. 2671-2680, 2011.

GUTHOLD, R. et al. Global trends in insufficient physical activity among adolescents: a pooled analysis of 298 population-based surveys with 1.6 million participants. *The Lancet Child & Adolescent Health*, v. 4, n. 1, p. 23-35, 2020.

HALLAL, P. C.; MARTINS, R. C.; RAMÍREZ, A. The Lancet Physical Activity Observatory: promoting physical activity worldwide. *The Lancet*, 2014.

HENRIQUES-NETO, D. et al. Mediating role of physical fitness and fat mass on the associations between physical activity and bone health in youth. *Journal of Sports Sciences*, v. 00, p. 1-8, 2020.

HERVÁS, G. et al. Bone health and its relationship with impact loading and the continuity of physical activity throughout school periods. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 16, n. 16, p. 2834, 2019.

HULTEEN, R. M. et al. Global participation in sport and leisure-time physical activities: a systematic review and meta-analysis. *Preventive Medicine*, 2017.

KARVONEN, J.; VUORIMAA, T. Heart rate and exercise intensity during sports activities. *Sports Medicine*, v. 5, n. 5, p. 303-311, 1988.

JANZ, K. F. et al. Muscle power predicts adolescent bone strength: Iowa Bone Development Study. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 47, n. 10, p. 2201-2206, 2015.

LOZANO-BERGES, G. et al. Soccer helps build strong bones during growth: a systematic review and meta-analysis. *European Journal of Pediatrics*, v. 177, n. 3, p. 295-310, 2018.

LYNCH, K. R. et al. Impact sports and bone fractures among adolescents. *Journal of Sports Sciences*, v. 35, n. 24, p. 2421-2426, 2017.

LYNCH, K. R. et al. Impact of sports participation on incidence of bone traumatic fractures and health-care costs among adolescents: ABCD-Growth Study. *The Physician and Sportsmedicine*, 2019a.

LYNCH, K. R. et al. Sports participation decreases the incidence of traumatic, nonsports-related fractures among adolescents. *Pediatric Exercise Science*, v. 31, n. 1, p. 47-51, 2019b.

MAILLANE-VANEGAS, S. et al. Bone mineral density and sports participation. *Journal of Clinical Densitometry*, 2018.

MCLAREN, S. J. et al. The relationships between internal and external measures of training load and intensity in team sports: a meta-analysis. *Sports Medicine*, v. 48, n. 3, p. 641-658, 2018.

MORAES, L. F. S. et al. Gastos com o tratamento da osteoporose em idosos do Brasil (2008-2010): análise dos fatores associados. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, v. 17, n. 3, p. 719-734, 2014.

ORTEGA, F. B. et al. Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health. *International Journal of Obesity*, v. 32, n. 1, p. 1-11, 2008.

PATE, R. R. et al. Physical activity and health in children younger than 6 years: a systematic review. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 51, n. 6, p. 1282-1291, 2019.

RAPÚN LÓPEZ, M. et al. Metabolismo óseo en niños y adolescentes deportistas: revisión sistemática. *Nutrición Hospitalaria*, 2017.

ROBERTS, H. C. et al. A review of the measurement of grip strength in clinical and epidemiological studies: towards a standardised approach. *Age and Ageing*, v. 40, n. 4, p. 423-429, 2011. DOI: 10.1093/ageing/afr051.

ROWLANDS, A. V. et al. Physical activity for bone health: how much and/or how hard? *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2020.

SCHUBERT, A. et al. Aptidão física relacionada à prática esportiva em crianças e adolescentes. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, v. 22, n. 2, 2016.

TENFORDE, A. S.; FREDERICSON, M. Influence of sports participation on bone health in the young athlete: a review of the literature. *PM&R*, v. 3, n. 9, p. 861-867, 2011.

UBAGO-GUISADO, E. et al. Influence of different sports on bone mass in growing girls. *Journal of Sports Sciences*, v. 33, n. 16, p. 1710-1718, 2015.

UBAGO-GUISADO, E. et al. Longitudinal determinants of 12-month changes on bone health in adolescent male athletes. *Archives of Osteoporosis*, v. 13, n. 1, 2018.

VARLEY, I. et al. Increased training volume improves bone density and cortical area in adolescent football players. *International Journal of Sports Medicine*, v. 38, n. 5, p. 341-346, 2017.

VIERUCCI, F.; SAGGESE, G.; CIMAZ, R. Osteoporosis in childhood. *Current Opinion in Rheumatology*, v. 29, n. 5, p. 535-546, 2017.

VLACHOPOULOS, D. et al. Longitudinal adaptations of bone mass, geometry, and metabolism in adolescent male athletes: the PRO-BONE Study. *Journal of Bone and Mineral Research*, v. 32, n. 11, p. 2269-2277, 2017.

WEAVER, C. M. et al. The National Osteoporosis Foundation's position statement on peak bone mass development and lifestyle factors: a systematic review and implementation recommendations. *Osteoporosis International*, v. 27, n. 4, p. 1281-1386, 2016.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Global recommendations on physical activity for health. Geneva: WHO, 2010.

ZAMANI, M. et al. Prevalence of osteoporosis with the World Health Organization diagnostic criteria in the Eastern Mediterranean Region: a systematic review and meta-analysis. Archives of Osteoporosis, v. 13, n. 1, p. 129, 2018.