



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

João Pedro Alexandre Pinheiro

**PRÁTICA DESPORTIVA, MATURAÇÃO,
CRESCIMENTO E CONTEÚDO MINERAL ÓSSEO**

**Tese no âmbito do Doutoramento em Ciências do Desporto, Ramo de
Atividade Física e Saúde, orientada pelos Professores Doutores Manuel João
Cerdeira Coelho Silva e Luís Pedro Vieira Ribeiro e apresentada à Faculdade
de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra**

Junho de 2022

Tese no âmbito do Doutoramento em Ciências do Desporto, Ramo de Atividade Física e Saúde, orientada pelos Professores Doutores Manuel João Cerdeira Coelho Silva e Luís Pedro Vieira Ribeiro e apresentada à Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra 2022



UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Pinheiro, J.P.A. Prática Desportiva, Crescimento, Maturação e Conteúdo Mineral Ósseo. Tese de doutoramento. Coimbra: Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física, 2022.

Orientação Científica:

Professor Doutor Manuel João Coelho e Silva
(Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física - Universidade de Coimbra).

Professor Doutor Luís Pedro Vieira Ribeiro
(Escola Superior de Saúde – Universidade do Algarve)



CENTRO DE INVESTIGAÇÃO
DO DESPORTO
E DA ACTIVIDADE FÍSICA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

uid/dtp/04213/2020

Agradecimentos

A realização deste trabalho não se poderia ter concretizado sem a colaboração da FCDEF- UC, enquanto instituição, de todos os docentes, colegas de curso e amigos que, directa ou indirectamente, contribuíram para a sua realização. Assim lhes deixo o meu apreço.

À minha mãe, Paula Pinheiro, por ter apoiando sempre a minha procura do saber.

Ao Professor Doutor Luís Ribeiro, pela sua orientação e pelos conhecimentos transmitidos, pela paciência, pelo seu empenho, por toda a sua disponibilidade ao longo de toda a minha vida académica.

Ao Professor Doutor Manuel João Coelho e Silva, pela sua orientação, pelos conhecimentos transmitidos, pela disponibilidade, pela paciência e encorajamento durante todas as etapas deste trabalho.

Aos colegas de trabalho sempre disponíveis para ajudar um amigo e que ao longo dos últimos anos contribuíram para a minha formação académica com o seu apoio e auxílio.

Ao clube de natação de Faro, bem com a toda a sua equipa técnica pela disponibilidade e entrega demonstrada.

Aos jogadores do clube de futebol 1º de Janeiro e Louletano. Um especial agradecimento e abraço ao treinador Hugo Costa do S.C. Farense que se disponibilizou para apoiar, bem com a toda a sua equipa técnica pela disponibilidade e entrega demonstrada.

Ao Hospital Particular do Algarve, na pessoa do Diretor Dr. João Bacalhau pela cooperação na realização dos exames imagiológicos e pela disponibilidade demonstrada.

Aos jovens da Escola EB 2,3º Padre Cabanita de Loulé, que participaram neste estudo, colaborando na recolha de dados.

Um especial agradecimento para o Rafael Alentejano e à Diana Teixeira pela ajuda, sem a qual não teria sido possível realizar este trabalho.

Resumo

A Densidade Mineral Óssea (DMO) é o resultado de um conjunto de processos sinérgicos e dinâmicos de alteração da matriz óssea com um particular impacto major durante a fase inicial da vida do ser humano, nomeadamente em crianças e adolescentes. O primeiro estudo começa principalmente por perceber a relação entre a DMO, Conteúdo Mineral Ósseo (CMO) e de composição corporal (CC) entre indivíduos sedentários e atletas dos 12 aos 16 anos obtida através de absorciometria de raios-X de dupla energia (DXA). Verificou-se que indivíduos que praticam desporto apresentam valores superiores de DMO para a totalidade do corpo e regiões específicas do esqueleto quando comparados com indivíduos sedentários. Para definir a importância da DMO em atletas, categorizaram-se dois grupos distintos de prática desportiva, nomeadamente de futebolistas e nadadores, ou seja, analisando a distinção entre actividades com impacto mecânico no solo evidente e outra com de impacto quase nulo ou em hipogravidade. Concluiu-se que o tipo de actividade desportiva praticada favorece o incremento de DMO e CMO em futebolistas para todas as regiões do esqueleto excepto para os membros superiores em que os nadadores possuem valores mais elevados. Estudou-se ainda a influência da massa corporal na DMO e CMO para a totalidade do corpo e em locais específicos do esqueleto contrastando indivíduos normoponderais e com excesso de peso. Neste estudo os indivíduos com excesso de peso apresentavam também mais massa magra mole além de maior DMO para a totalidade do corpo.

No quarto estudo, comparou-se a DMO, CMO e CC com o estado maturacional dos indivíduos, nomeadamente através da Idade Óssea (IO). Existe uma relação positiva da IO com o CMO, DMO e tecido magro mole, mas não significativa. Estes resultados carecem de estudos adicionais. Estes estudos fornecem implicações práticas para jovens sedentários, com excesso de peso, bem como praticantes de diferentes modalidades desportivas, com e sem impacto, mas também sobre relação da maturação óssea e a densidade do esqueleto e da respetiva saúde óssea.

Palavras-chave: saúde óssea, densidade mineral óssea, DXA, composição corporal, atletas e não atletas, sedentarismo, atividade física;

Abstract

Bone mineral density (BMD) is the result of a series of synergetic and dynamic processes on the bone matrix with predominant impact during human early life stages, namely childhood and adolescence. The first study aims mainly to understand the relation between BMD, bone mineral content (BMC) and body composition (BC) between sedentary individuals and athletes using dual energy X-ray absorptiometry (DXA).

Results showed that individuals who practice sport have higher BMD values for the entire body and specific regions of the skeleton, when compared to sedentary individuals. To define the importance of BMD in athletes, two distinct groups of sports were categorized, namely footballers and swimmers, that is, analyzing the distinction between activities with evident mechanical impact on the ground and another with almost zero impact or in hypogravity. We concluded that the type of sport activity practiced favors the increase of BMD and BMC in soccer players for all regions of the skeleton, except for the upper limbs in which swimmers have higher values. We also studied the influence of body mass on BMD and BMC for the entire body and in specific skeletal sites, contrasting normal-weighted and overweight individuals. In this study, overweight individuals also had more soft lean mass in addition to higher total body BMD.

Subsequently, BMD, BMC and BC were compared with the maturational status of the individuals, namely through the Bone Age (BA). There is a positive relationship of OI with BMC, BMD and lean soft tissue, but not significant. These results need further studies. These studies provide practical implications for sedentary, overweight young people, as well as practitioners of different sports, with and without impact, but also on the relationship between bone maturation and skeletal density and bone health.

Keywords: bone health; bone mineral density, DXA, body composition; athletes, non-athletes; sedentarism; physical activity.

Índice

Agradecimentos	II
Resumo	III
<i>Abstract</i>	IV
Lista de Tabelas	VIII
Lista de Figuras	IX
Lista de Acrónimos	X
CAPÍTULO I	1
<hr/>	
1. Introdução	3
1.1. Tecido ósseo	3
1.2. Composição corporal	7
1.3. Absorciometria de raios-X de dupla energia (DXA)	10
1.4. Antropometria	14
1.5. Comportamento sedentário e excesso de peso	15
1.6. Prática de atividade física	16
1.7. Alimentação	18
1.8. Objetivos da tese	21
CAPÍTULO II	22
<hr/>	
2. Estudo I:	
Prática desportiva e densidade mineral óssea em adolescentes masculinos: Estudo comparativo em indicadores do corpo todo e na região proximal do fémur	24
Resumo	24
Introdução	25
Métodos	26
Resultados	30
Discussão	36
Conclusão	38
Referências	39
CAPÍTULO III	46
<hr/>	
3. Estudo II:	
Densidade mineral óssea em jovens atletas: Comparação entre modalidades com e sem impacto	48
Resumo	48
Introdução	49
Métodos	50
Resultados	53

Discussão	58
Conclusão	60
Referências	61
CAPÍTULO IV	
<hr/>	
4. Estudo III:	
Corpulência e saúde óssea em adolescentes masculinos escolares	69
Resumo	71
Introdução	71
Métodos	73
Resultados	76
Discussão	79
Conclusão	82
Referências	83
CAPÍTULO V	
<hr/>	
5. Estudo IV:	
Maturação óssea e variação do Conteúdo Mineral Ósseo	93
Resumo	93
Introdução	94
Métodos	96
Resultados	99
Discussão	104
Conclusão	105
Referências	106
CAPÍTULO VI	
<hr/>	
6. Conclusões	115
Referências	118
7. Trabalhos relacionados com a tese	132
8. Anexos	

Lista de Tabelas

Tabela 2.1. Estatística descritiva para a idade cronológica, idade óssea, descritores de ingestão alimentar, dados obtidos pela avaliação DXA para a composição corporal e para os indicadores do tecido ósseo na totalidade da amostra (n=115).	32
Tabela 2.2. Estatística descritiva para a idade cronológica, idade óssea, ingestão nutricional, antropometria incluindo indicadores de composição corporal e CMO para a totalidade da amostra (média ± desvio padrão), aditando teste de igualdade de médias entre atletas e não atletas complementadas com prova de magnitude dos efeitos (n=115).	33
Tabela 2.3. Estatística descritiva (média ± desvio padrão), teste de igualdade de médias entre atletas e não atletas para a densidade conteúdo mineral óssea no corpo todo, regiões específicas e no Fêmur proximal.	34
Tabela 3.1. Estatística descritiva (média ± desvio padrão) para a idade cronológica, idade óssea, ingestão nutricional e antropometria incluindo indicadores de composição corporal obtidos por tecnologia DXA; comparação entre adolescentes masculinos de diferentes modalidades: futebol e natação.	55
Tabela 3.2. Estatística descritiva (média ± desvio padrão) para valores de DMO obtidos por tecnologia DXA; comparação entre adolescentes masculinos de diferentes modalidades: futebol e natação.	56
Tabela 4.1. Estatística descritiva para cada um dos grupos de adolescentes escolares (normopoderais e sobrepesados) e teste de igualdade de médias.	77
Tabela 5.1. Estatística descritiva para a totalidade da amostra (n=115).	99
Tabela 5.2. Coeficientes de correlação bivariada simples entre morfologia dada pelo tamanho e composição corporal incluindo conteúdo e densidade mineral óssea (n=115).	100

Lista de Figuras

- Figura 1.1.** Representação diagramática da perda de massa óssea ao longo da vida em sujeitos que atingem o seu potencial ósseo máximo e os que não atingem. A magnitude de diferença das curvas não pretende está à escala. No fundo do gráfico estão referenciados os fatores de conhecida importância major. 6
- Figura 1.2.** Esquema do progresso da composição corporal, princípios e técnicas no último século e meio. 8
- Figura 1.3.** Modelos químicos e anatómicos de composição corporal, 4C, 3C, 2C. C= componentes. 9
- Figura 1.4.** Princípios de funcionamento de um sistema de DXA com composição corporal. 13
- Figura 2.1.** Densidade mineral óssea (DMO) em não atletas (barras brancas) e atletas (barras pretas). Os dados são apresentados como médias marginais estimadas \pm desvio padrão, ajustadas para a idade cronológica, Índice Massa Corporal, estatura e ingestão diária de vitamina D e cálcio (modelos MANCOVA), D, d Cohen. 35
- Figura 3.1.** Densidade mineral óssea (DMO) em futebolistas (barras brancas) e nadadores (barras pretas). Os dados são apresentados como médias marginais estimadas \pm desvio padrão, ajustadas para a idade cronológica, Índice Massa Corporal, estatura e ingestão diária de vitamina D e cálcio (modelos MANCOVA). D (d-Cohen). 57
- Figura 4.1.** Densidade mineral óssea (DMO) em participantes normoponderal (barras brancas) e com excesso de peso (barras pretas). Os dados são apresentados como médias marginais estimadas \pm desvio padrão, ajustadas para a idade cronológica, estatura e ingestão diária de vitamina D e cálcio (modelos mancova). D; d Cohen. 78
- Figura 5.1.** Variação do tamanho corporal de acordo com o estado maturacional dado pela IO / IC em adolescentes masculinos (n=115). 101
- Figura 5.2.** Variação dos tecidos magro mole e gordo de acordo com o estado maturacional dado pela IO / IC em adolescentes masculinos (n=115). 102

Lista de Acrónimos

AF	Atividade Física
C	Compartimento
cm	Centímetro
CMO	Conteúdo Mineral Ósseo
DMO	Densidade Mineral Óssea
DNTs	Doenças não transmissíveis
DP	Desvio Padrão
DRI	Daily Reference Intakes
DXA/DEXA	<i>Dual Energy X-ray Absortimetry</i>
g	Gramma
GE	<i>General Electric</i>
IAN	Inquérito Alimentar Nacional
IC	Idade Cronológica
IO	Idade Óssea
IOM	<i>Institute of Medicine</i>
ISCD	<i>International Society for Clinical Densitometry</i>
Kcal	Quilocaloria
kg	Quilograma
kVp	Quilovolt de pico
mA	miliampere
mg	miligrama
mGy	<i>miliGray</i>
PMO	Pico Massa Óssea
QFA	Questionário Frequência Alimentar
SPSS	<i>Statistical Package for Social Sciences</i>
TG	Tecido Gordo
TMM	Tecido Magro Mole
VET	Valor Energético Total

CAPÍTULO I
INTRODUÇÃO

1. Introdução

1.1. Tecido ósseo

O crescente interesse no desenvolvimento e maturação do esqueleto pediátrico, gera a necessidade de uma maior compreensão dos seus mecanismos. Nas primeiras décadas de vida de crianças e adolescentes (Carling *et al.*, 2012), os estilos de vida praticados e em particular a prática desportiva, devem ter em consideração estes processos de forma integrada e interdependente (Malina *et al.*, 2004; Malina *et al.*, 2015).

A infância e a adolescência são períodos críticos para estabelecer a saúde óssea ao longo da vida (Vicente-Rodriguez *et al.*, 2004) em que os ossos aumentam em comprimento, largura e espessura cortical (Bonjour *et al.*, 1991). A aquisição de massa óssea durante a adolescência não é apenas um importante determinante do crescimento esquelético, mas também para reduzir o risco de osteoporose mais tarde na vida (Hopkins *et al.*, 2009), sendo a prevenção precoce uma das abordagens mais prudentes para melhorar o estado de saúde óssea posteriormente durante a vida adulta (Rizzoli, 2010).

Os aumentos na massa óssea e na densidade mineral óssea acompanham estas alterações geométricas (Glorieux *et al.*, 2012), sendo estas mais predominantes durante a adolescência e mais lentas no final da segunda década de vida (figura 1.1), à medida que os ossos atingem o seu tamanho e forma madura (Levine, 2012). A consolidação mineral final do osso ocorre posteriormente e o Pico de Massa Óssea (PMO) é alcançado até à terceira década em que poderá haver um aumento de cerca de quarenta vezes a massa óssea nesta fase em relação ao nascimento do indivíduo (Gibbons *et al.*, 2004; Fung *et al.*, 2016).

Dois processos celulares biologicamente semelhantes, mas separados, direcionam o desenvolvimento esquelético mediado pelos osteoblastos - construtores ósseos e osteoclastos - reabsorventes (Glorieux *et al.*, 2012). A remodelação óssea, por outro lado, é o processo de renovação (Fung *et al.*, 2016), resulta em alterações no tamanho, forma e massa do osso (Rauch, 2001) e ocorre apenas durante os anos de crescimento anteriores à fundição das placas epifisárias (Bonjour *et al.*, 1991). A reabsorção e formação óssea ocorrem simultânea ou

sequencialmente em diferentes locais, em resposta aos vários estímulos que induzem e controlam o crescimento e a maturação óssea (Maggioloi & Stagi, 2017). A remodelação óssea serve também para substituir o osso velho ou danificado por um osso novo e saudável, reparando assim as microfraturas e preservando as propriedades mecânicas do tecido (Majidinia *et al.*, 2018) e tem um papel importante na manutenção da homeostase do cálcio do corpo (Bonjour *et al.*, 1991).

As diferenças relacionadas com o sexo manifestam-se durante a puberdade (Lappe *et al.*, 2015). O início da puberdade e a velocidade do pico de altura, ocorre mais precocemente no sexo feminino, enquanto a duração e a magnitude do surto de crescimento pubertal é maior e mais longa no sexo masculinos (Chevalley *et al.*, 2005). Estes últimos, alcançam uma massa e densidade óssea mais elevadas que o sexo feminino, particularmente na coluna lombar e no Fémur proximal, mas, os seus valores de pico são atingidos em idades mais avançadas (Whiting *et al.*, 2004). Estima-se que 40-60% da massa óssea adulta é acumulada durante a adolescência, com mais de 25% desses ganhos acumulados durante os 2 anos de pico de crescimento esquelético (Fung *et al.*, 2016). Nos dois sexos, cerca de 90% do Pico de Massa Óssea (PMO) é acumulada até aos 18 anos de idade, com os 10% restantes na fase de consolidação esquelética durante a terceira década. Cerca de 85% da massa óssea adulta é osso cortical e 15% é osso trabecular; as alterações nesses dois compartimentos ósseos diferem durante os períodos de acumulação óssea e subsequente perda óssea com o envelhecimento (Rizzoli *et al.*, 2010). O PMO parece estar completo até o final da segunda década no esqueleto axial, que consiste principalmente de osso trabecular, e é alcançado pouco tempo depois no esqueleto apendicular, composto principalmente de osso cortical (Lappe *et al.*, 2015). Este é fortemente influenciado por fatores hormonais e metabólicos associados à maturação sexual, enquanto a aquisição mineral do osso cortical é mais lenta (Vatanparast *et al.*, 2010).

O padrão de desenvolvimento esquelético segue esta cronograma geral; a evolução da massa / densidade óssea está sujeita a grande variabilidade individual (Whiting *et al.*, 2004), e existem várias linhas de evidência de que osso e o músculo, são originados pelo mesmo precursor mesenquimal (Sartori & Sandri, 2015) compartilhando como um todo os mesmos determinantes genéticos de

desenvolvimento, funcionamento e envelhecimento (Zhang, Hamamura e Yokota, 2008).

O acúmulo de minerais ósseos e o PMO são influenciados por fatores hereditários e modificáveis (Bonjour *et al.*, 2007), sendo fatores determinantes centrais da saúde óssea e do risco de fraturas na idade adulta e na idade avançada (Lorentzon & Cummings, 2015). Atingir o potencial genético de uma pessoa requer nutrição, atividade física e produção hormonal adequadas. Doenças, medicamentos prescritos (corticosteróides, anticonvulsivantes etc.) e hábitos de vida (álcool, tabaco etc.) constituem influências adicionais. Estes fatores favorecem ou dificultam o acúmulo ósseo ou a perda óssea subsequente tendo bastante influência sob o risco de fratura ou osteoporose (Fung *et al.*, 2016).

Após o início da idade adulta, o Conteúdo Mineral Ósseo (CMO) e a Densidade Mineral Óssea (DMO) permanecem estáveis e, inevitavelmente, diminuem com a menopausa e o envelhecimento (Cooper *et al.*, 2006).

Em adultos mais velhos, o risco de fratura duplica para cada desvio padrão (DP) que a DMO se situa abaixo valor médio saudável de um adulto jovem (T-Score) (Bonjour *et al.*, 2007). Uma intervenção etária precoce que resulte num aumento de 10% no PMO na adolescência/fase adulta inicial (+1 DP acima da média de DMO) poderá reduzir o risco futuro de fratura em 50% (Rizzoli *et al.*, 2010).

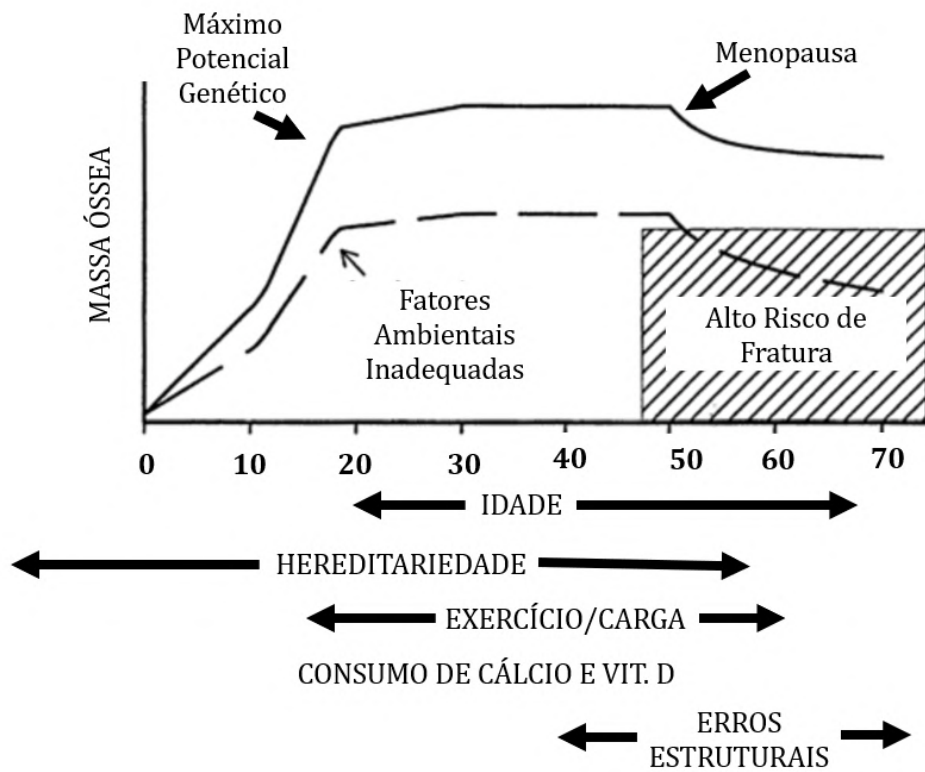


Figura 1.1.: Representação diagramática da perda de massa óssea ao longo da vida em sujeitos que atingem o seu potencial ósseo máximo e os que não atingem. A magnitude de diferença das curvas não pretende está à escala. No fundo do gráfico estão referenciados os fatores de conhecida importância maior. Adaptado de Heaney *et al.*, 2000.

1.2. Composição Corporal

A composição corporal pode ser vista como um problema anatómico quantitativo (Kuriyan, 2018), que pode ser abordado a qualquer nível organizacional, dependendo da natureza dos constituintes de interesse (Borga *et al.*, 2018). Ao nível molecular de organização temos de considerar mais de 1000.000 compostos químicos, que podem ser reduzidos a cinco grupos: lípidos, água, proteínas, carboidratos (maioritariamente glicogénio) e minerais (Malina, 2007; Eston & Reilly, 2016).

A avaliação e determinação da composição corporal é comum a campos tão diversos como a medicina, antropologia, performance desportiva ou o crescimento infantil. Muito deste interesse, centra-se na quantificação de massa gorda em relação com o estado de saúde e a performance desportiva (Malina *et al.*, 2004). A antropometria tem aplicações num leque diversificado variado, incluindo por exemplo, a biomecânica, ergonomia, crescimento, maturação e desenvolvimento, ciências humanas, medicina, nutrição, fisioterapia, prestação de cuidados de saúde e ciências do desporto (Eston & Reilly, 2016).

A composição corporal, é o estudo dos diferentes componentes químicos do corpo humano e a sua análise permite a quantificação de uma serie de componentes como a água, proteínas, gordura e massa gorda, glicogénio, minerais, entre outros, ou a quantificação das suas diferentes massas e quantidades de indivíduo para indivíduo e de acordo com a sua idade, género e condição física (Guedes, 2006; Mazzoccoli, 2016; Malina, 2022). As técnicas de composição corporal modernas providenciam uma partição do corpo humano de forma não-traumática em vários componentes. A figura 1.2 mostra a sequênciade eventos de forma esquemática (Forbes, 1999; Mazzoccoli, 2016).

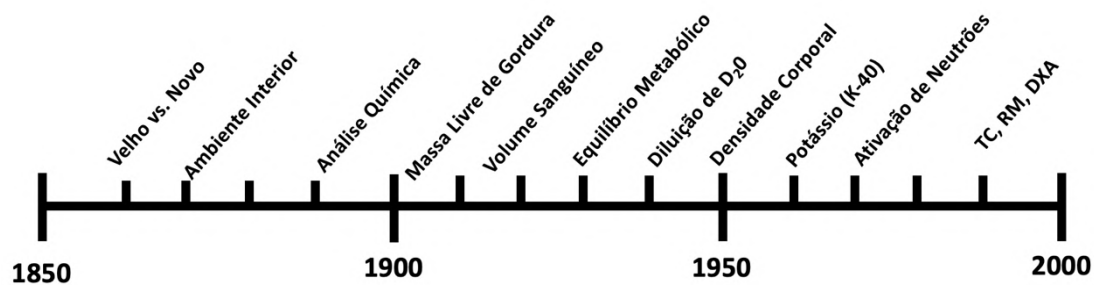


Figura 1.2.: Esquema do progresso da composição corporal, princípios e técnicas no último século e meio (Adaptado de: Forbes, 1999).

O termo “*composição corporal*”, refere-se à quantidade tecido adiposo e de tecido magro mole, tecido ósseo mineral e água no corpo. Estas quantidades podem ser expressas usando unidades métricas ou podem ser expressas como percentagem total da massa corporal (Roche, 1991). É comum explicar a estrutura do corpo humano em termos de um aumento de complexidade organizacional, desde os átomos e moléculas, até ao nível anatómico descrito como uma hierarquia de célula, tecido, órgão, sistema e organismo (Eston & Reilly, 2016).

No primeiro nível de composição, estão as massas de aproximadamente cinquenta elementos que compõem o nível atómico. A massa corpórea total é determinada 98% pela combinação de oxigénio, carbono, hidrogénio, cálcio e fosforo, sendo que os restantes quarenta e quatro elementos compõem menos de 2% da massa corporal total (Clark *et al.*, 2007). Compreender e quantificar a composição corporal tem sido uma parte central da investigação clínica, apesar de se verificarem progressos através de estudos de referência e o uso de novos métodos e combinados, a falta de acessibilidade metodológica e as limitações éticas têm dificultado a identificação de um standard absoluto (Lohman & Sundgot-Borgen, 2012; Lohman *et al.*, 2013).

Inicialmente foi introduzido o modelo bicompartimental, em que a massa corporal era dividida em tecido gordo e tecido magro mole. Um avanço de grande importância, foi a introdução de modelos multi-compartimentais que parcelam a massa corporal em ≥ 3 componentes (Wang *et al.*, 2002; Heymsfield *et al.*, 2015). Em ambas as abordagens, tanto química como anatómica, podem ser aplicados os modelos multicompartimentais (figura 1.2), assim é comum autores referirem-se ao

modelo de 2 componentes: tecido gordo e tecido magro mole; modelo de 3 componentes (tecido gordo, conteúdo mineral ósseo (CMO), e tecido magro mole e o modelo de 4 componentes ((tecido gordo, conteúdo mineral ósseo, tecido magro mole e outros tecidos)(figura 1.3.)) (Lohman & Sundgot-Borgen, 2012; Lohman *et al.*, 2013).

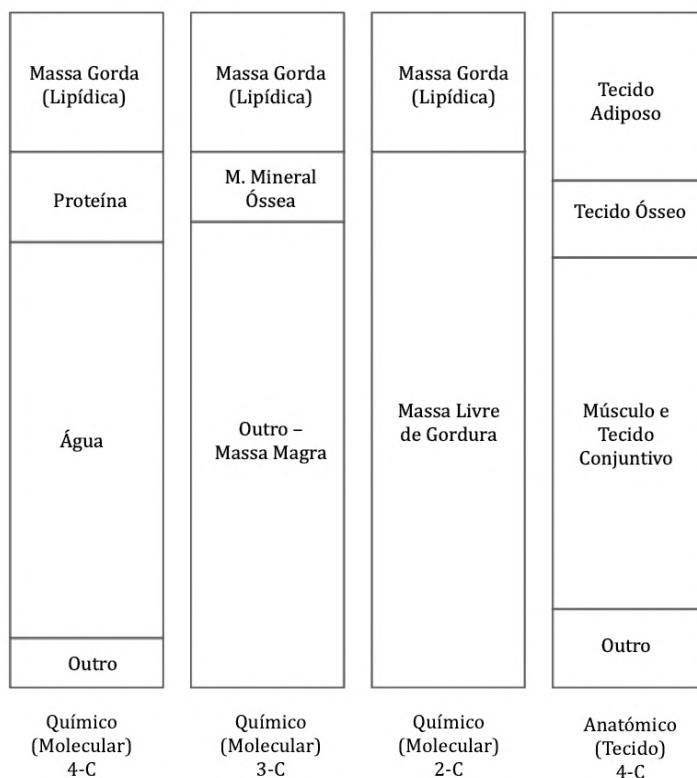


Figura 1.3.: Modelos químicos e anatômicos de composição corporal, 4C, 3C, 2C. C= componentes. Adaptado de: Lohman & Sundgot-Borgen (2012).

Os modelos de 3 e 4 componentes, são amplamente usados atualmente em laboratórios de composição corporal, no entanto ambos os modelos de 3 e 4 componentes não incluem uma estimativa do conteúdo mineral, que é um pequeno, mas significativo componente molecular (Wang *et al.*, 2002). Uma abordagem multi-componentes recorrendo a diferentes tecnologias de aquisição que meçam o conteúdo ósseo, mineral, músculo e água, são preferíveis (Genton *et al.*, 2002). O modelo de 2 componentes pode ser expandido para um modelo de 3 componentes adicionando uma estimativa de conteúdo mineral ósseo através do uso de um

equipamento de Absorciometria de Dupla Energia por Raios-X (DEXA/DXA – *Dual Energy X-Ray Absorptiometry*) (Withers *et al.*, 1998).

1.3. Absorciometria de raios-X de dupla energia (DXA);

A DXA está disponível desde os finais de 1980 e atualmente é utilizada extensivamente no diagnóstico, monitorização e prevenção da osteoporose (Mazess, 1989). A introdução da DXA, veio beneficiar imenso imagiologia, incrementada ainda com a adição posterior da capacidade de diferenciar entre componente mineral, tecido adiposo, e massa magra contribuiu para a sua emergência como uma ferramenta importante na análise da composição corporal (Ibanese *et al.*, 2003; Dimai, 2017; Seo, 2021).

A rápida adoção da DXA levou ao desenvolvimento de tecnologia concorrente, tendo sido alcançados vários avanços aos longo dos anos, quer na produção e geração de radiação-X como na deteção, nos protocolos de aquisição e algoritmos. Como resultado a DXA tem sido utilizada extensivamente no estudo do esqueleto total e regional, bem como na composição e medição do tecido mole. As três componentes principais do corpo humano: massa gorda, massa magra e a massa mineral óssea podem ser medidas com uma aquisição única total do corpo (Albanese *et al.*, 2003; Ausilo *et al.*, 2012; Deng *et al.*, 2012).

Um Sistema “central” de DXA, consiste num gerador que emite radiação-X com duas intensidades distintas de energia, uma mesa que suporte o indivíduo, uma fonte de radiação e um detetor, bem como um sistema informático que permita a aquisição e análise dos dados (Lewiecki, 2010). Uma vez que os locais anatómicos são analisados de forma retilínea os tempos de aquisição são variados (5-10 min por local, 10-20min para o corpo total). Por contraste os feixes em leque usam um conjunto de detetores, permitindo medições a nível de todo o corpo do sujeito, com uma passagem apenas e realizando um exame mais rápido (Toombs *et al.*, 2012).

O princípio fundamental da DXA, é a medição da transmissão de raios-X de alta e baixa energia através do corpo (Compston & Cooper, 1995). Quando os raios-X de uma determinada intensidade atravessam o corpo, são atenuados por absorção foto-elétrica e efeito de *Compton* e a intensidade que chega ao detetor é reduzida

(Kelly *et al.*, 1998). À medida que os fótons atravessam os tecidos dos indivíduos, ocorrem interações físicas que reduzem a intensidade desses mesmo fótons e, portanto, de todo o feixe de raios-X (figura 1.4). Esta atenuação depende da energia dos fótons e da densidade e espessura dos tecidos do indivíduo que têm de atravessar (Njeh *et al.*, 1999).

A DXA mede a DMO em gramas por centímetro (g/cm^2), ao usar radiação ionizante com um feixe de fótons de dois níveis de energia diferentes. As diferenças atenuação do feixe ao atravessar o corpo de composição variável, permitem ao instrumento fornecer dados sobre a DMO (Lewiecki, 2010). O uso de duas energias, permite a discriminação entre tecidos moles e ossos; fótons de baixa energia são atenuados por tecidos moles, e fótons de alta energia por ossos e tecidos mole (Genant *et al.*, 1996). Ao subtrair o tecido mole do tecido mole em conjunto com o osso, é possível quantificar o osso no percurso do fluxo de raios-X, sendo os valores da atenuação pixel-a-pixel convertidos em densidade mineral óssea por comparação a um fantoma (Lewiecki, 2010). A DXA pode ser aplicada ao corpo inteiro, ou a regiões de interesse como a coluna ou o fêmur. Outros usos para a DXA incluem composição corporal (Albanese *et al.*, 2003) sendo útil na avaliação de indivíduos com distúrbios nutricionais, avaliando os efeitos do treino na massa gorda e na massa magra em testes em atletas; Análise estrutural da anca (Dionyssiottis *et al.*, 2010; Deere *et al.*, 2014; Dimai, 2017), um método não invasivo de medir parâmetros estruturais que contribuem para a força da avaliação da bacia e risco de fratura (Kanis *et al.*, 2008).

A medição da DMO por DXA, pressupõe que o corpo humano é um modelo tricompartimental: tecido ósseo (conteúdo mineral) e tecido magro mole e tecido gordo (Toombs *et al.*, 2012). De forma a diferenciar o tecido ósseo do tecido mole, a fonte de raios-X gera um feixe de duas energias distintas. A atenuação do feixe decresce à medida que energia dos fótons aumenta. Tecidos de baixa densidade (tecidos moles) permitem a passagem de um maior número de fótons, atenuando o feixe em menor intensidade em comparação com tecido de alta densidade, como o osso (Wang *et al.*, 2010). Quando o osso não está presente, o rácio de atenuação de dois fótons com energias distintas é linear à proporção de tecido adiposo no tecido mole. Após a atenuação do feixe de raios-X ter sido analisada em regiões com tecido

mole e osso, bem como regiões apenas com tecido mole, a massa gorda, massa magra e o conteúdo mineral pode ser discriminado (Toombs *et al.*, 2012). A utilidade da DXA e a proliferação generalizada na prática atual, dependem da conveniência de adquirir dados de composição regional sem recorrer às técnicas de imagem médica mais caras e escassas (Shepherd *et al.*, 2017).

Especificamente em pediatria e adolescentes, a DXA é a técnica de densitometria óssea mais amplamente disponível para avaliar o esqueleto. À medida que a criança cresce, o esqueleto aumenta em tamanho e conteúdo mineral e os ossos mudam de forma e estrutura, sendo o *scan* de corpo inteiro (“*Whole Body*”) o modo de eleição em termos de aquisição (Bianchi *et al.*, 2014). A DXA pode ser usada para avaliar a composição corporal, e atualmente é a única técnica que pode ser aplicada na região do quadril em crianças (Adams, 2013). Apesar do objetivo original da DXA ter sido determinar a densidade mineral óssea, é possível atualmente analisar a composição corporal total e regional de três compartimentos (Genton *et al.*, 2002), de forma relativamente rápida e com bom custo-benefício (Fung *et al.*, 2016). A DXA é, portanto, a principal ferramenta de densitometria óssea para avaliações clínicas do esqueleto pediátrico, além do esqueleto de indivíduos idosos, e uma importante ferramenta de investigação (Lohman *et al.*, 2012).

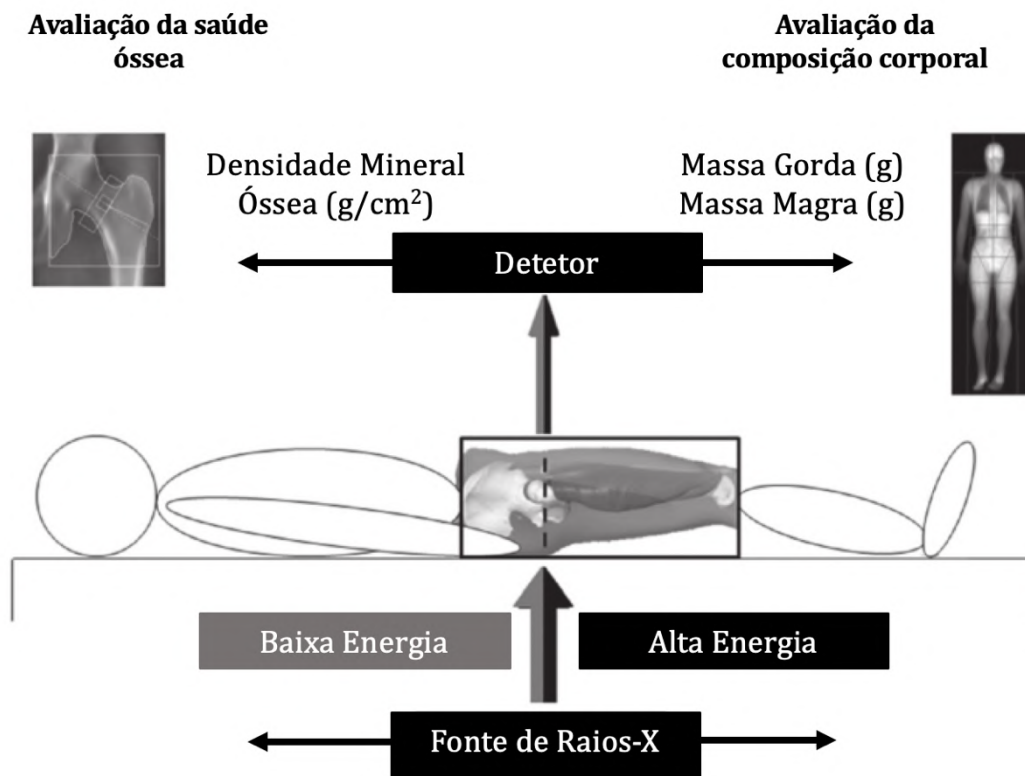


Figura 1.4.: Princípios de funcionamento de um sistema de DXA com composição corporal. Adaptado de Toombs *et al.*, (2012).

1.4. Antropometria

Antropometria (derivado do grego *Anthropos*: humano e *metron*: medida) refere-se à recolha sistemática e medição das características físicas do corpo humano, principalmente massa corporal, estatura e forma do corpo. Os valores antropométricos estão intimamente relacionados a fatores genéticos, características ambientais, condições sociais e culturais, estilo de vida, estado funcional e saúde (Padilla *et al.*, 2021).

As medidas antropométricas podem ser usadas para avaliar o risco de desnutrição, obesidade, perda de tecido magro mole ou aumento tecido gordo (Lee *et al.*, 2017).

Fatores potencialmente modificáveis incluem perímetros, pregas cutâneas e massa corporal, enquanto a estatura, e os diâmetros ósseos não são modificáveis (Tur & Bibiloni, 2019). A cineantropometria é o estudo do tamanho, forma, proporcionalidade, composição, maturação biológica e função do corpo, a fim de compreender o processo de crescimento, exercício, desempenho desportivo e nutrição (Pereira da Silva *et al.*, 2016). Os indicadores antropométricos são medidas simples, portáteis, não invasivas, acessíveis e facilmente aplicáveis que podem ser prontamente aplicadas (Padilla *et al.*, 2021).

Os procedimentos antropométricos adotados foram os descritos por Lohman *et al.*, (1988) e Malina *et al.*, (2004):

Massa Corporal: Os sujeitos foram pesados aos 0,1kg mais próximo com o mínimo de roupa possível (apenas roupa leve), sem calçado mais próximo de acordo com os procedimentos estandardizados, com recurso a uma balança (*Tanita BC610*).

Estatura: A estatura (*Seca, Hamburg, Germany*) foi medida com precisão de 0,1 cm. A estatura foi expressa como z-score específico da idade-sexo de acordo com uma população de referência, e foi calculado o índice cormico (World Health Organization - Dept. of Nutrition for Health and Development, 2009). Com a mesma roupagem permitida para a medição da massa corporal, o sujeito é encostado ao estadiómetro, sendo a cabeça ajustada pelo observador de forma a orientar corretamente o Plano Horizontal de Frankfurt. Por fim, é pedido ao sujeito para inspirar o máximo volume de ar, mantendo a posição ereta.

1.5. Comportamento sedentário e excesso de peso

Os comportamentos sedentários têm um impacto negativo na saúde, independente do nível de atividade física individual. Ou seja, um indivíduo considerado “*ativo*”, que atinja as recomendações de atividade física, tem prejuízo para a sua saúde caso tenha, concomitantemente, comportamentos sedentários de longa duração (por exemplo, uma atividade profissional onde passe muitas horas seguidas sentado) (Direção-Geral da Saúde, 2020). Portugal é um dos cinco países da Região Europeia, com maior prevalência de obesidade infantil a par com o Chipre, a Grécia, Espanha e Itália (OMS, 2019 & Spinelli, 2019).

A etiologia do excesso de peso e da obesidade é complexa e multifatorial, combinando fatores hereditários, metabólicos, culturais, socioeconómicos, ambientais e comportamentais onde o sedentarismo e o consumo de alimentos de elevada densidade energética podem estar incluídos (Lissner *et al.*, 2016; Goiana-da-Silva, 2019). O desenvolvimento precoce da obesidade, na infância ou adolescência, é um forte preditor da persistência dessa enfermidade na vida adulta e fator de risco para o desenvolvimento de outras doenças crónicas não transmissíveis (Drewa & Zorena, 2017).

Os dados de atividade física das crianças e adolescentes portugueses são, igualmente, inquietantes. Um estudo português (Baptista *et al.*, 2012), em que se mediu a atividade física com recurso a acelerometria, mostrou que, em crianças e adolescentes entre os 10 e os 17 anos de idade, apenas os rapazes entre os 10-11 anos cumpriam as recomendações diárias de 60 minutos de atividade física moderada a vigorosa (Riddoch *et al.*, 2004).

Dados do IAN-AF 2015-2016, obtidos com recurso a diários de atividade física, estimam que 57,5% das crianças e adolescentes com 6-14 anos cumpre as recomendações de 60 min/dia de atividade física de intensidade moderada a vigorosa. Há um decréscimo da prática destas atividades, à medida que a idade aumenta: durante os dias da semana, em média, 84,1% das crianças com 6-9 anos (94,3% aos fins de semana) participa, pelo menos, 60 min/dia em brincadeiras ativas, ao passo que apenas 64,8% dos adolescentes com 10-14 anos (69,4% aos fins de semana). Apesar de revelar uma tendência de redução, o relatório indica que Portugal continua a apresentar uma taxa elevada de excesso de peso infantil, tendo

a prevalência de excesso de peso (pré-obesidade e obesidade) sido de 29,7% e 11,9% eram crianças que viviam com obesidade infantil (Inquérito Alimentar Nacional e de Atividade Física, 2017).

A massa corporal também atua sob o tecido ósseo, pois uma massa corporal maior impõe uma maior carga mecânica no esqueleto podendo resultar em alterações morfológicas, nomeadamente aumento da massa óssea (Weeks *et al.*, 2008; Specker *et al.*, 2015), no entanto, o excesso de adiposidade na infância pode afetar o desenvolvimento ósseo, levando à fragilidade óssea (Fintini *et al.*, 2020).

1.6. Prática de atividade física

A atividade física regular é um fator chave de proteção para a prevenção e o controlo das doenças não transmissíveis (DNTs), como as doenças cardiovasculares, a diabetes tipo 2 e alguns tipos de cânceros. A atividade física também beneficia a saúde mental, incluindo a prevenção do declínio cognitivo e sintomas de depressão e ansiedade; e pode contribuir para a manutenção do peso saudável e do bem-estar geral (Lambert *et al.*, 2020; Stamatakis & Bull, 2020).

Estimativas globais indicam que 81% dos adolescentes não aderem às recomendações da OMS para atividade física, com quase nenhuma melhoria observada durante a última década (Bull *et al.*, 2020; Chaput *et al.*, 2020).

Em crianças e adolescentes, a atividade física melhora a aptidão física (cardiorrespiratória e muscular), a saúde cardiometabólica (pressão arterial, dislipidemia, glicose e resistência à insulina), a saúde óssea, a cognição, a saúde mental e redução da gordura corporal (Chaput *et al.*, 2020)

O esqueleto e os músculos estão inter-relacionados de uma maneira mais complexa do que a simples locomoção, pois a atividade muscular e a carga (peso e/ou gravidade) aplicam continuamente forças sob o esqueleto, daí a necessidade de um estilo de vida saudável e ativo (Frost, 2003), como um dos principais fatores positivos para o incremento e crescimento ósseo adequado (Gibbons *et al.*, 2004).

O papel do exercício e o tipo de exercício físico executado na regulação da saúde óssea ainda não é completamente compreendido (Olmedillas *et al.*, 2011 e Vlachopoulos, 2017), no entanto cerca 20% da variação da massa óssea pode ser

explicado por fatores de estilo de vida (Michalopoulou *et al.*, 2013), incluindo a atividade física (Silva *et al.*, 2011) e dieta (ou seja, ingestão de cálcio e vitamina D) (Vlachopoulos *et al.*, 2016).

O exercício durante o crescimento influencia a modelagem óssea em locais específicos do esqueleto (Bass & Naughton, 2007), enquanto as forças resultantes estimulam a modelagem e renovação ósseas; ao longo do tempo, a reação celular e bioquímica do osso a tensões mecânicas externas e internas resulta numa adaptação contínua em termos de massa e geometria ósseas (Shojaa *et al.*, 2020), que mantém e otimiza a força óssea, graças às propriedades dos osteócitos e osteoblastos, (Schnitzler, 2015) em conjunto com os estímulos externos e em sincronia com a massa e força muscular (Daly *et al.*, 2008).

A atividade física regular, é uma das principais determinantes na acumulação e manutenção do PMO (Tan *et al.*, 2014). O tipo, intensidade, frequência e duração do exercício são importantes, salientando que a carga dinâmica parece ser mais eficaz que a carga estática (Hong & Kim, 2018), e a magnitude da tensão no osso poderá ser mais importante do que o número de repetições (Cunningham *et al.*, 2018).

1.7. Alimentação

Uma dieta equilibrada e ajustada ao indivíduo é essencial para potenciar ganhos ósseos, principalmente nas primeiras duas décadas de vida, e posteriormente, para a sua manutenção. A Ingestão Diária Recomendada (IDR) para cálcio e outros nutrientes para construção óssea, foi recentemente revista pelo *Standing Committee on the Scientific Evaluation of Dietary Reference Intakes* (DRI committee), Food and Nutrition Board, IOM (Institute of Medicine, 2020).

Portugal, Espanha e Grécia são países conhecidos por terem uma dieta mediterrânea particularmente rica em cálcio (Cruz, 2000). As crenças pessoais sobre saúde podem influenciar a decisão de um indivíduo adotar estilos de vida saudável com uma ingestão de cálcio e atividade física adequados (Swaim *et al.*, 2008). A maneira como comemos, pode melhorar ou prejudicar a saúde dos nossos ossos.

Alguns padrões alimentares podem afetar negativamente a ingestão de nutrientes, e conseqüentemente contribuir para uma formação do osso prejudicada. Isto inclui saltar refeições; seguir dietas hipocalóricas; ingestão inadequada de alimentos ricos em cálcio, fruta, hortícolas e cereais integrais; ou a ingestão de alimentos com elevada densidade energética e baixa densidade nutricional em detrimento de alimentos com elevada densidade nutricional (International Food Information Council Foundation, 2001).

O cálcio é um nutriente essencial para a saúde esquelética ao longo da vida (Oliveira *et al.*, 2014), permitindo um aumento adequado de massa óssea durante os anos de crescimento e desenvolvimento, prevenindo a perda óssea em décadas mais tardias da vida (Bonjour *et al.*, 1991).

O cálcio parece ser um nutriente limiar, com o aumento da massa esquelética à medida que a ingestão de cálcio aumenta até que seja alcançado um pico no qual os ganhos sejam constantes (Wosje & Specker, 2000; Vannucci *et al.*, 2018). Definir o “limiar” de cálcio para crianças de diferentes idades permanece controverso (Datta & Schwartz, 2013), no entanto, durante o período crítico para aquisição óssea dos 9 aos 18 anos, a ingestão diária recomendada de cálcio é de cerca de 1300 mg (Winzenberg *et al.*, 2006; Institute of Medicine, 2018; Vannucci *et al.*, 2018).

O fósforo compõe pelo menos metade da massa mineral óssea (Fung *et al.*, 2016). A deficiência de fósforo é rara porque é um elemento abundante em alimentos comuns (Huncharek *et al.*, 2008). Existem algumas preocupações sobre o consumo excessivo de fósforo, especialmente devido ao consumo de refrigerantes, pois a incidência de fraturas em adolescentes, maioritariamente do sexo feminino pode estar correlacionada com a quantidade de bebidas carbonatadas consumidas, mas esta associação pode dever-se apenas a um paradigma de mudança da dieta em que o leite é largamente substituído por sumos e/ou refrigerantes (Fitzpatrick, *et al.*, 2003), razão pela qual também os baixos níveis de ingestão de cálcio estarem a tornar-se cada vez mais prevalentes entre crianças e adolescentes (Moore *et al.*, 2007).

A vitamina D é essencial para a absorção eficiente de cálcio, e a sua carência é relativamente comum, principalmente em regiões com inadequada exposição solar (Fung *et al.*, 2016), sendo que apenas 10–15% do cálcio da alimentação é absorvido na ausência de vitamina D (Lorraine *et al.*, 2003). Salvo raras exceções (peixes gordos), os alimentos naturalmente existentes, não são uma fonte significativa de vitamina D2 (ergocalciferol) ou D3 (colecalfiferol) (Institute of Medicine, 2018). Não apenas restritas às regiões de pouca exposição solar, como é o caso da maioria dos países nórdicos, crianças e adolescentes com excesso de peso, apresentam risco aumentado de défice de vitamina D, possivelmente devido ao armazenamento de vitamina D na gordura corporal e menor biodisponibilidade (Dong *et al.*, 2010). As formas mais ligeiras de deficiência de vitamina D são tipicamente assintomáticas, mas podem comprometer o crescimento e a DMO. A deficiência de vitamina D, mesmo que não grave, é o suficiente para causar raquitismo, pode provocar hiperparatiroidismo que por sua vez leva à mineralização defeituosa das placas e ossos do crescimento, com deformidades ósseas e risco de fraturas aumentado (Institute of Medicine, 2018).

A ingestão adequada de proteínas é necessária para construir a matriz óssea, pois estas influenciam a secreção e a ação do fator de crescimento semelhante à insulina 1 (IGF-1), uma hormona osteogénica necessária para atingir um PMO ideal (Fung *et al.*, 2016). A ingestão inadequada de proteínas afeta a aquisição de massa óssea (Chevalley *et al.*, 2008). Parece haver uma correlação positiva entre a ingestão

de proteínas e a DMO em crianças pré-púberes (Rizzoli & Bonjour, 2004). A uma ingestão adequada de proteínas e uma maior atividade física, estão associados uma maior DMO no esqueleto axial e apendicular (Chevalley *et al.*, 2008), sendo que o inverso também se verifica contribuindo para um atraso no crescimento e tamanho do osso cortical (Fung *et al.*, 2016). A quantidade ideal de proteína para uma plena DMO permanece por esclarecer (Budek *et al.*, 2007; Wallace & Frankenfeld, 2017), mas o leite, os produtos lácteos, as leguminosas e alguns hortícolas são provavelmente as melhores fontes de cálcio e proteínas para a saúde óssea (Fung *et al.*, 2016).

2. Objetivos da tese

O objetivo major do presente trabalho, é o estudo do efeito do tipo de exercício físico e o grau de associação de interdependência entre maturação óssea e DMO. Mais especificamente, o presente trabalho tem como objetivo o estudo da variação entre indivíduos no que respeita à DMO total do corpo e em regiões específicas do esqueleto:

- Estudar o efeito combinado do consumo de cálcio e de tipos distintos de atividade física na DMO;
- Diferenças entre os indivíduos que realizam prática desportiva e indivíduos sedentários;
- Efeito do tipo de desporto praticado na DMO;
- Contraste entre maturação óssea e DMO;

Não é objetivo do presente estudo correlacionar a maturação óssea com o género/ou características endócrinas, portanto centra-se apenas em indivíduos masculinos, uma vez que apresentam um número menor de fatores dispersivos no que concerne à Densidade Mineral Óssea.

CAPÍTULO II

ESTUDO I

CAPÍTULO II ESTUDO 1:

2. PRÁTICA DESPORTIVA E DENSIDADE MINERAL ÓSSEA EM ADOLESCENTES MASCULINOS: estudo comparativo em indicadores do corpo todo e na região proximal do fémur

RESUMO

Objetivo: O presente estudo examinou a variação associada à prática desportiva em indicadores de saúde óssea e composição corporal em adolescentes do sexo masculino. **Métodos e materiais:** Foram avaliados 115 adolescentes masculinos (76 praticantes, 39 não praticantes) com idades entre os 12.0 e 15.9 anos. O conteúdo mineral ósseo (CMO), densidade mineral óssea (DMO), tecido magro mole e tecido gordo foram obtidos por absorciometria de raios-X de dupla energia. O consumo alimentar estimado pela utilização do questionário de frequência alimentar. Foram efetuadas comparações entre grupos recorrendo à prova *t-student*. **Resultados:** Os atletas apresentam valores superiores de DMO no corpo inteiro ($1.052 \pm 0.121 \text{ g.cm}^{-2}$) comparativamente aos não-atletas ($0.883 \pm 0.129 \text{ g.cm}^{-2}$). As diferenças na DMO foram generalizadas a diversas regiões: tronco ($t=-2.821$, $p<0.01$), membros superiores ($t=-5.065$, $p<0.01$) e membros inferiores ($t=-2.144$, $p<0.01$). **Conclusão:** Os adolescentes masculinos que praticam desporto apresentam valores superiores de DMO, um indicador central de saúde óssea, por comparação aos seus pares que não o fazem. Este benefício é generalizável ao corpo todo e a todas as regiões do corpo.

PALAVRAS-CHAVE: Densidade Mineral óssea, atividade física, maturação, crescimento;

INTRODUÇÃO

A adolescência é considerada um período crítico no que respeita à saúde óssea, sendo crucial na aquisição de conteúdo mineral ósseo capaz de mitigar o risco de osteoporose numa fase mais avançada do ciclo de vida (Gómez-Bruton, *et al.*, 2013), fase do ciclo de vida com elevado risco de ocorrência de fraturas (Cauley & Giangregorio, 2020). Durante as duas primeiras décadas de vida, a saúde óssea é influenciada por opções do estilo de vida (Waddington, 2018; Woolford *et al.*, 2019). Ao longo do ciclo de vida, com o avançar da idade, a densidade mineral óssea (DMO) e a estrutura geral do sistema esquelético diminui e fragiliza (Gobbo, 2020), aumentando o risco de fraturas osteoporóticas (Troy *et al.*, 2018) com implicações na diminuição da qualidade de vida (Aspray & Hill, 2019). O sistema esquelético adapta-se durante o processo de crescimento e maturação biológica, aumentando a DMO, em paralelo com transformações qualitativas em cada um dos tecidos (Cardadeiro *et al.*, 2010; Benedetti *et al.*, (2018).

O tecido magro mole e o sistema esquelético influenciam-se mutuamente e para tal, a prática desportiva parece contribuir ativamente para o crescimento do tecido magro mole e DMO em particular (Sartori & Sandri, 2015; Hemayattalab, 2010; Beaudart *et al.*, 2018; Carina, 2020), contrastando com um estilo de vida sedentário (Gobbo *et al.*, 2020). A prática desportiva, concretamente é consensualmente consideradas como fator influenciador das propriedades da matriz óssea devido às modificações estruturais e geométricas (Morseth *et al.*, 2011; Polidoulis, *et al.*, 2012; Bielemann *et al.*, 2013; Spriet, 2019). Entretanto, interessa perceber detalhadamente a associação do estilo de vida dos sujeitos incluindo a prática desportiva com a variação na DMO e componentes da composição corporal (Schofield & Hecht, 2012; Fintini *et al.*, 2020; Campa & Coratella, 2021).

Durante o período de crescimento principalmente as atividades conexas à aplicação de carga mecânica no esqueleto concorrem para elevar o pico de massa óssea, maximizando os ganhos inerentes ao processo de crescimento (Carina *et al.*, 2020) e maturação biológica, dando-se especial valor à resposta osteogénica positiva à participação desportiva (Behringer *et al.*, 2014; Valente-dos-Santos *et al.*,

2018; Bellver *et al.*, 2019) tendo em conta os fatores confundidores associados (Burt *et al.*, 2012).

O presente estudo pretende avaliar as diferenças na densidade e conteúdo mineral ósseo para o corpo inteiro e para regiões específicas, em atletas e sujeitos adolescentes da mesma idade que não são praticantes desportivos.

MÉTODOS

Desenho e procedimentos

O presente estudo é observacional de natureza transversal, tendo sido recrutados voluntários em clubes federados e agrupamentos escolares na região do Algarve. A pesquisa foi conduzida de acordo com as recomendações da declaração de *Helsínquia* para investigação em humanos, tendo os procedimentos sido aprovados pelo *Comissão de Ética da Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra* (CE / FCDEF-UC / 00172016). Todos os participantes foram informados sobre os objetivos, protocolo experimental e procedimentos do estudo e informados que a participação era voluntária e que poderiam abandonar o estudo a qualquer momento. O consentimento informado foi obtido junto dos pais ou responsáveis legais de cada participante. As avaliações imagiológicas foram realizadas num laboratório de imagiologia acreditado, sempre por um único técnico experiente e qualificado. Os *outcomes* primários foram a DMO, CMO, tecido gordo e tecido magro mole do corpo inteiro e regionais, medidos por *absorciometria de raios-X de dupla energia* (DXA). Os *outcomes* secundários incluíram: (i) a idade cronológica, calculada subtraindo-se a data de nascimento a partir da data da avaliação; (ii) atividade física obtida a partir dos treinadores; (iii) ingestão alimentar, obtida através de questionários de frequência alimentar; (iv) e, uma breve bateria antropométrica.

Amostra

A amostra é constituída por 115 adolescentes masculinos com idade compreendida entre os 12 e 16 anos. Foram considerados os seguintes critérios de exclusão: (i) fraturas prévias e ossos longos ou qualquer cirurgia que leve à imobilização por um período superior a 6 meses; (ii) patologias congénitas, diabetes, entre outras (iii) ter realizado ou estar a realizar qualquer tipo de terapia farmacológica nomeadamente corticosteroides; (iv) ter tido fraturas de ossos longos ou imobilização prolongada no último ano. No grupo de atletas (n=76) foram considerados todos os sujeitos que apresentavam pelo menos três anos de prática desportiva federada à data do início da recolha dos dados. Quanto ao grupo de não atletas (n=39), foram consideraram todos os sujeitos que nunca foram federados.

Antropometria

Os procedimentos antropométricos realizados de acordo com os procedimentos estandarizados (Lohman *et al.*, 1988; Malina *et al.*, 2004). Em resumo, os sujeitos foram pesados com o mínimo de roupa possível (apenas boxers), sem calçado (ao 0,1 Kg mais próximo) (*Tanita BC610*) e a estatura medida (ao 0,1 m mais próximo) (Estadiómetro portátil Seca 213 com nivelador integrado (Ref. SA 213.172.1009) de acordo com os procedimentos estandardizados).

Absorciometria de raios-X de dupla energia

Os participantes foram colocados em decúbito dorsal na mesa com o corpo alinhado ao longo do eixo horizontal central do absorciómetro de raios-X de dupla energia (*GE Lunar Prodigy, software v.11,03*). Os braços foram posicionados em paralelo, mas não em contacto com o corpo. Os antebraços pronados com as mãos em contacto com a mesa. As pernas foram totalmente estendidas e os pés foram fixados com um suporte de velcro para evitar o movimento do pé durante a aquisição (Courteix & Jaffre, 2005). Foram usados parâmetros idênticos de aquisição para cada aquisição e o relatório de saída considerou o CMO, a DMO, o tecido gordo e

tecido magro mole. As regiões de interesse foram posicionadas manualmente de acordo com as orientações da *ISCD* (The International Society for Clinical Densitometry - ISCD, 2014). O controlo de qualidade foi feito à *priori* de cada bateria de aquisições.

Questionário de frequência alimentar

A informação da ingestão alimentar foi recolhida usando um questionário de frequência alimentar (QFA) desenhado de acordo com Willet (2001) e adaptado e validado para a população portuguesa por Lopes e colaboradores (Lopes, 2000 e Lopes, 2007). Este questionário compreende 86 itens, incluindo alimentos e bebidas, e oferece 9 possibilidades de resposta à frequência, desde nunca até 6 ou mais vezes por dia. As variáveis consideradas neste estudo foram a ingestão energética total (Kcal), a ingestão proteica (% VET), vitamina D (mg), cálcio (mg) e magnésio (mg) obtidas a partir da análise nutricional do QFA.

Análise dos dados

Foi determinada a estatística descritiva (média, erro padrão da média, intervalo de confiança de 95% da média e desvio padrão) para a amostra total. A normalidade das variáveis foi verificada pelo teste *Kolmogorov-Smirnov*. Utilizou-se o teste de *t de student* para amostras independentes para comparar as médias entre atletas (n=76) e não atletas (n=39). Foi também utilizada a análise multivariada de covariância (MANCOVA) para determinar diferenças significativas em termos de densidade mineral óssea entre os atletas e não atletas, após ajuste para idade cronológica, Índice de Massa Corporal (IMC), estatura e ingestão diária de vitamina D e cálcio. O tamanho de efeito das comparações entre grupos foi estimado pelo *d* Cohen (0,2; 0,6; 1,2; 2,0; 4,0) para trivial, pequeno, moderado, grande, muito grande e extremamente grande foram usados para avaliar a magnitude das diferenças (Hopkins, Marshall & Batterham, 2009). A análise estatística foi realizada com recurso ao programa IBM *Statistical Package for Social Sciences* (SPSS), versão 27.0

(SPSS, Inc., Chicago, Illinois, EUS) e o software *GraphPad Prism* (GraphPad Software, Inc., La Jolla, CA, USA) com o nível de significância estabelecido nos 5 %.

RESULTADOS

A Tabela 2.1. apresenta a estatística descritiva para a amostra total. Os sujeitos do presente estudo apresentavam uma idade cronológica média de $14,1 \pm 0,9$ anos (LC95%: 13,5 - 14,2 anos). A estatura média dos sujeitos era de $162,1 \pm 11,0$ cm (LC95%: 160,1 - 164,2 cm). Os valores obtidos pela tecnologia DXA são apresentados para a composição corporal e DMO. No que respeita à composição corporal da totalidade dos sujeitos analisados, verificou-se que o CMO para o corpo todo apresentou os valores mais elevados com 1440 ± 108 g (LC95%: e os membros superiores os valores mais baixos (189 ± 36 g). A mesma tendência foi observada para o tecido gordo com $20,3 \pm 4,3$ Kg (LC95%: 19,5 - 21,1 Kg) no tronco e $2,0 \pm 0,1$ Kg (LC95%: 1,9 - 2,0 Kg) nos membros superiores; e para o tecido magro mole com $38,9 \pm 3,1$ Kg (LC95%: 37,4-40,4 Kg) para o tronco e $3,1 \pm 0,1$ Kg (LC95%: 3,0 - 3,1 Kg) para os membros superiores. Finalmente, os valores médios da densidade mineral óssea (DMO, g/cm²). Para a generalidade das regiões corporais os membros inferiores apresentavam os valores mais elevados com $1,179 \pm 0,124$ g/cm² (LC95%: 1,153 - 1,202 g/cm²), bem como para a diáfise do Fémur proximal com $1,183 \pm 0,16$ (LC95%: 1,153 - 1,213 g/cm²).

A Tabela 2.2 compara atletas e não-atletas relativamente à idade cronológica, tamanho corporal dado pela estatura e massa corporal, composição corporal informada pela tecnologia DXA e CMO. Relativamente a esta última variável dependente, os atletas apresentaram valores superiores ao grupo de não-atletas para todas as regiões corporais e corpo-inteiro. O grupo de atletas apresentou menor quantidade de tecido gordo para o tronco ($6,3 \pm 2,9$ kg) comparativamente aos escolares ($8,1 \pm 4,7$ Kg, $p < 0,05$) e uma maior quantidade de tecido gordo para os membros superiores (atletas: $2,0 \pm 0,7$ kg; escolares: $1,9 \pm 0,1$ Kg; $p < 0,01$) e membros inferiores (atletas: $7,0 \pm 0,7$ kg; escolares: $6,7 \pm 0,7$ Kg, $p < 0,05$). E quanto ao tecido magro, os atletas apresentam, percentualmente, valores médios superiores nos membros superiores (+3,3%, $d = 0,71$, $t = -5,064$, $p < 0,001$) e nos membros inferiores (+4,0%, $d = 0,34$, $t = -2,144$, $p < 0,05$) e inferior no tronco (-18,7%, $d = 0,50$, $t = 2,145$, $p < 0,05$) e, finalmente, uma quantidade de massa gorda significativamente superior

nos membros superiores (+ 5,3%, d=0,18, t=-5,058, p<0,01), membros inferiores (+ 4,5%, d=0,43, t =-2,144, p<0,05) e no tronco (-23,5%, d=0,50, t=2,255, p<0,05).

A Tabela 2.3 reporta a estatística descritiva das análises da DXA de DMO para o corpo inteiro e regiões de interesse de atletas e não atletas. Os atletas apresentavam DMO significativamente superior no corpo inteiro (+7,1%, d=0,56, t=-2,821, p<0,01), no tronco (+7,1%, d=0,56, t=-2,817, p<0,01), nos membros superiores [+4,4%, d=1,02, t=-5,065, p<0,01) e membros inferiores (+4,5%, d=0,43, t=-2,144, p<0,05). Os dados são ilustrados na Figura 2.1. Ainda relativamente à DMO no Fémur proximal, os valores médios dos atletas excedem a média apresentada pelos escolares: atletas: $1,221 \pm 0,145 \text{ g.cm}^{-2}$, escolares: $1,125 \pm 0,131 \text{ g.cm}^{-2}$ (p<0,01).

Tabela 2.1: Estatística descritiva para a idade cronológica, descritores de ingestão alimentar, dados obtidos pela avaliação DXA para a composição corporal e para os indicadores do tecido ósseo na totalidade da amostra (n=115).

		Média				Desvio Padrão
		valor	EPM	LC 95%		
				inferior	superior	
Idade cronológica	anos	14,1	0,1	13,9	14,2	0,9
Ingestão energética total	Kcal/dia	3305	71	3164	3445	758
Proteína	%VET	25,1	2,5	20,1	30,1	26,9
Vitamina D	mg	4,5	0,1	4,3	4,8	1,4
Cálcio	mg	1291	34,4	1223	1359	368
Magnésio	mg	457	8,8	440	475	94,5
Estatura	cm	162,1	1,0	160,1	164,2	11,0
Massa corporal	Kg	53,0	1,0	50,9	55,1	11,2
Tecido gordo[‡]						
Corpo todo	Kg	20,3	0,4	19,5	21,1	4,3
Tronco	Kg	6,9	0,3	6,2	7,6	3,7
Membros superiores	Kg	2,0	0,0	1,9	2,0	0,1
Membros inferiores	Kg	6,7	0,1	6,7	7,0	0,7
Tecido magro mole[‡]						
Corpo todo	Kg	38,9	0,8	37,4	40,4	8,2
Tronco	Kg	16,4	0,7	15,1	17,7	7,2
Membros superiores	Kg	3,1	0,0	3,0	3,1	0,1
Membros inferiores	Kg	10,4	0,1	10,2	10,6	1,1
Conteúdo Mineral ósseo[‡]						
Corpo todo	g	1440	10	1420	1460	108
Tronco	g	403	3	398	409	30
Membros superiores	g	189	3	183	196	36
Membros inferiores	g	747	1	745	749	10
Densidade Mineral Óssea[‡]						
Corpo todo	g.cm ⁻²	1,028	0,012	1,005	1,052	0,127
Tronco	g.cm ⁻²	0,947	0,011	0,925	0,968	0,117
Membros superiores	g.cm ⁻²	0,751	0,003	0,745	0,758	0,035
Membros inferiores	g.cm ⁻²	1,179	0,012	1,156	1,202	0,124
Fémur proximal[‡]						
Colo de fémur	g.cm ⁻²	1,022	0,012	1,000	1,045	0,122
Triângulo de Ward	g.cm ⁻²	1,035	0,013	1,009	1,060	0,136
Trocânter	g.cm ⁻²	0,908	0,012	0,883	0,933	0,140
Diáfise	g.cm ⁻²	1,183	0,015	1,153	1,213	0,147

[‡] Resultados obtidos através da análise por DXA: Absorciometria de raios-X de dupla energia;
EPM (Erro Padrão da Média);
LC 95% (limite de confiança a 95%)

Tabela 2.2: Estatística descritiva para a idade cronológica, idade óssea, ingestão nutricional, antropometria incluindo indicadores de composição corporal e CMO para a totalidade da amostra (média ± desvio padrão), aditando teste de igualdade de médias entre atletas e não atletas complementado com prova de magnitude dos efeitos (n=115).

Yi: Variável dependente	Unidade medida	X: Grupo		Comparação entre grupos			
		Não atletas (n=39)	Atletas (n=76)	<i>t-student</i>		Magnitude efeitos	
				<i>t-value</i>	<i>p</i>	<i>d-cohen</i>	(qualitativo)
Idade cronológica	anos	14,1 ± 0,9	14,0 ± 0,9	0,574	0,567	0,11	Trivial
Experiência desportiva	h/semana	†	6,5 ± 0,6	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Ingestão energética total	Kcal/dia	3742 ± 924	3079 ± 538	4,860	<0,001	0,97	Moderado
Proteína	(%VET)	37 ± 26	18 ± 25	3,630	0,960	4,86	Extremamente grande
Vitamina D	mg	5,0 ± 1,4	4,4 ± 1,3	2,150	0,454	0,45	Pequeno
Cálcio	mg	1252 ± 267	1311 ± 411	-0,820	0,044	0,16	Trivial
Magnésio	mg	510 ± 89	430 ± 85	4,680	0,423	0,96	Moderado
Estatura	cm	159,2 ± 13,5	163,4 ± 9,3	-1,291	0,202	0,39	Pequeno
Altura sentado	cm	78,7 ± 5,9	80,7 ± 4,3	-1,871	0,066	0,41	Pequeno
Massa corporal	Kg	55,3 ± 14,5	51,8 ± 8,9	1,393	0,169	0,32	Pequeno
Tecido Gordo ^a							
corpo todo	Kg	21,2 ± 5,6	19,8 ± 3,4	1,393	0,169	0,33	Pequeno
tronco	Kg	8,1 ± 4,7	6,3 ± 2,9	2,255	0,028	0,50	Pequeno
membros superiores	Kg	1,9 ± 0,1	2,0 ± 0,7	-5,058	<0,001	0,18	Trivial
membros inferiores	kg	6,7 ± 0,7	7,0 ± 0,7	-2,144	0,034	0,43	Pequeno
Tecido Magro mole ^a							
corpo todo	Kg	40,6 ± 10,7	38,0 ± 6,5	1,393	0,169	0,32	Pequeno
tronco	Kg	18,7 ± 9,3	15,2 ± 5,6	2,145	0,037	0,50	Pequeno
membros superiores	Kg	3,0 ± 0,2	3,1 ± 0,1	-5,064	<0,001	0,71	Moderado
membros inferiores	kg	10,1 ± 1,1	10,5 ± 1,1	-2,144	0,034	0,34	Pequeno
Conteúdo Mineral Ósseo ^a							
corpo todo	g	1382 ± 89	1471 ± 106	-4,728	<0,001	0,88	Moderado
tronco	g	387 ± 25	412 ± 30	-4,729	<0,001	0,89	Moderado
membros superiores	g	181 ± 34	194 ± 36	-1,914	0,058	0,38	Pequeno
membros inferiores	g	745 ± 2	748 ± 13	-1,406	0,163	0,28	Pequeno

† (não se aplica). VET, Valor Energético Total.

Tabela 2.3: Estatística descritiva (média \pm desvio padrão), teste de igualdade de médias entre atletas e não atletas para a densidade conteúdo mineral óssea no corpo todo, regiões específicas e no Fémur proximal.

Yi: Variável dependente	Unidade medida	X: Grupo		Comparação entre grupos			
		Não atletas (n=39)	Atletas (n=76)	<i>t-student</i> <i>t-value</i>	<i>p</i>	Magnitude efeitos <i>d-cohen</i> (qualitativo)	
Densidade Mineral Óssea							
corpo todo	g.cm ⁻²	0,983 \pm 0,129	1,052 \pm 0,121	-2,821	0,006	0,56	Pequeno
tronco	g.cm ⁻²	0,905 \pm 0,119	0,968 \pm 0,111	-2,817	0,006	0,56	Pequeno
membros superiores	g.cm ⁻²	0,730 \pm 0,038	0,762 \pm 0,028	-5,065	<0,001	1,02	Moderado
membros inferiores	g.cm ⁻²	1,145 \pm 0,125	1,197 \pm 0,121	-2,144	0,034	0,43	Pequeno
Fémur proximal							
Colo do fémur	g.cm ⁻²	1,009 \pm 0,145	1,031 \pm 0,109	-0,845	0,402	0,18	Trivial
Trocânter	g.cm ⁻²	0,888 \pm 0,148	0,921 \pm 0,136	-1,225	0,223	0,24	Pequeno
Diáfise	g.cm ⁻²	1,125 \pm 0,131	1,221 \pm 0,145	-3,483	0,001	0,69	Moderado
Triângulo de <i>Ward</i>	g.cm ⁻²	1,010 \pm 0,143	1,045 \pm 0,132	-1,361	0,176	0,26	Pequeno

^a Resultados obtidos através da análise por *DXA*: Absorciometria de raios-X de dupla energia.

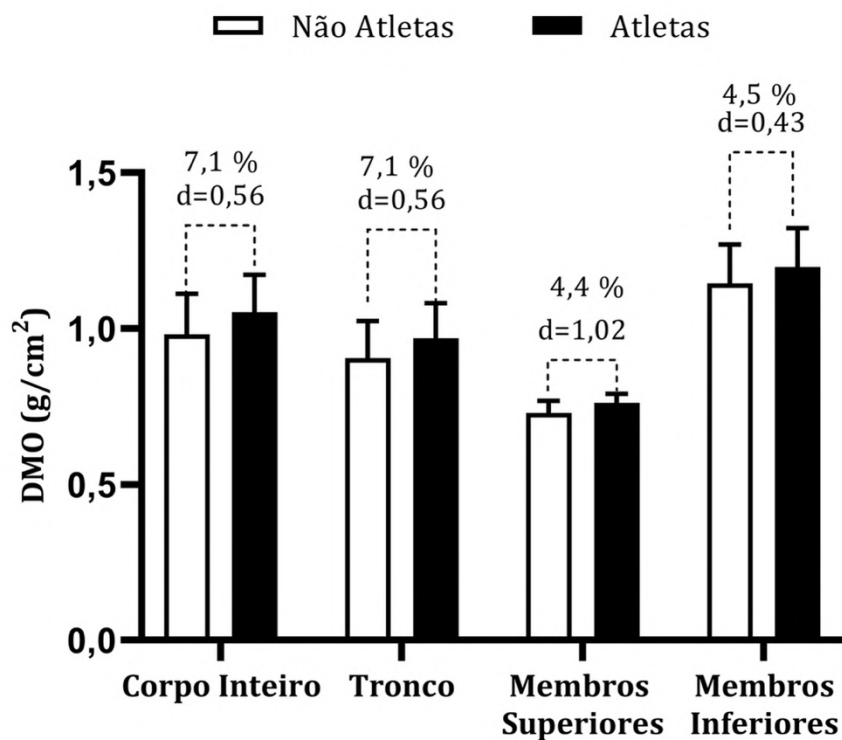


Figura 2.1.: Densidade mineral óssea (DMO) em não atletas (barras brancas) e atletas (barras pretas). Os dados são apresentados como médias marginais estimadas \pm desvio padrão, ajustadas para a idade cronológica, Índice Massa Corporal, estatura e ingestão diária de vitamina D e cálcio (modelos MANCOVA), d, d Cohen.

DISCUSSÃO

O grupo de atletas adolescentes masculinos avaliados no presente estudo, possui maior CMO e DMO para o corpo todo e regiões específicas do esqueleto, em relação ao grupo de não-atletas. Os atletas registam menos tecido gordo para o corpo todo e, adicionalmente, são caracterizados por valores médios superiores de tecido magro mole.

A estrutura óssea do adulto é fortemente determinada pelas experiências nas duas primeiras décadas de vida, assim, sendo a prática desportiva um dos principais fatores que estimulam a formação óssea, sendo avançados potencialmente influenciadores da prevenção da osteoporose numa fase mais tarde do ciclo de vida (Valente-dos-Santos *et al.*, 2018). Paralelamente, a nutrição e a atividade física habitual para além da prática desportiva estão entre os fatores mais significativos que podem influenciar a aquisição óssea no início da vida (Bonjour *et al.*, 2007). A atividade física durante a infância e a adolescência é amplamente reconhecida como benéfica para a saúde óssea (Boreham & McKay, 2011), tendo efeito positivo substancial na saúde óssea (Tenforde & Fredericson, 2011) e estimulando a relação entre músculo e osso através do estímulo de contração muscular (Sartori & Sandri, 2015).

O osso é um componente da composição corporal, e de uma forma geral, quanto maior o conteúdo acumulado no esqueleto durante o crescimento e a maturação, menor será o risco de osteoporose nas décadas seguintes, sendo a adolescência um período crítico na prevenção da osteoporose numa fase mais tardia da vida (Burt *et al.*, 2012; Bielemann *et al.*, 2013). Os aparentes benefícios da prática de atividade física no CMO e na DMO são suportados pelos dados evidenciados pelos adolescentes do presente estudo. A prática de desportiva é positivamente associada a incrementos superiores na DMO e no CMO.

Os benefícios esqueléticos observados também podem traduzir-se em mudanças num aumento na força óssea conforme outros estudos com atletas (Schofield & Hecht, 2012). Estão em causa relações de proporcionalidade entre o tecido ósseo compacto e trabecular em secções transversas estandardizadas. A DMO mais elevada para todas as regiões do Fémur proximal em atletas, em

particular na diáfise, confirmou o colo de fêmur como uma região particularmente sensível ao estímulo externo (van de Laarschot, 2017; Bellver *et al.*, 2019) pelo que a prática desportiva parece ter um efeito positivo sobre o mesmo. De ressaltar a importância desta região anatômica que possui grande incidência de fratura osteoporótica nas fases mais avançadas da vida (Johnell & Kanis, 2005; Veronese & Maggi, 2018;). Uma maior DMO nesta região está associada a uma menor incidência de fratura (Johnell & Kanis, 2005; Bandaru *et al.*, 2020;), mas também a uma recuperação pós-cirúrgica mais eficaz (Ly & Swiontkowski, 2008; Lippuner *et al.*, 2009).

Entre os fatores modificáveis que interferem no desenvolvimento da massa óssea e podem explicar os resultados obtidos neste estudo, destacam-se os fatores nutricionais. A nutrição pode influenciar por via de mecanismos vários (Rizzoli, 2014; Weaver, 2016): nutrientes conexos ao metabolismo do cálcio (Rizzoli, 2014; dieta hipercalóricas (Rizzoli, 2019) que aumentam a componente de tecido adiposo (de Sire *et al.*, 2022), que corresponde a maior carga mas também a uma elevação na produção de determinados marcadores químicos pelo tecido gordo com impacto reconhecido no tecido ósseo (Aparisi Gómez *et al.*, 2020; Rinonapoli *et al.*, 2021) ou pela proteína na manutenção do tecido magro mole (Jesudason & Clifton, 2011). O consumo de proteínas foi significativamente menor no grupo de atletas o que poderá sugerir uma dieta distinta do adolescente que pratica desporto. Sendo crucial entre atletas, o tecido muscular é também presente em não atletas e mesmo entre obesos, os valores absolutos de massa isenta de gordura tendem a acompanhar valores superiores de massa gorda, sobretudo durante a adolescência, num estado descrito como macrossomia (Willems *et al.*, 2019). A ingestão excessiva de proteína e sódio também afeta negativamente a saúde óssea devido, principalmente, à influência negativa no metabolismo dos nutrientes essenciais ao osso, sobretudo o cálcio e a vitamina D (Weaver, 2016). Outros fatores nutricionais também são considerados importantes no crescimento e na mineralização óssea, nomeadamente o magnésio, fósforo, potássio, ácidos gordos, proteína, vitamina C e vitamina K; contudo a evidência da sua importância é limitada (Viljakainen, 2016; Rizzoli *et al.*, 2021). Em relação consumo de micronutrientes, apenas se verificou um consumo superior significativo de cálcio no grupo de atletas, mas trivial. O grupo

de atletas também mostrou um consumo menor de Vitamina D, mas não significativo e um aporte calórico total inferior significativo. A literatura associa a baixa ingestão de energia, de minerais como cálcio, magnésio e fósforo e de vitaminas D e K a menores valores de DMO (Anderson *et al.*, 1996; Bailey, 2000; Leite *et al.*, 2007; Viljakainen, 2016).

A compreensão da associação entre atividade física, em geral, prática desportiva em particular, e saúde óssea depende da natureza do estudo que não sendo longitudinal, não permite relações de causalidade. Acresce que os fatores confundidores, incluindo o viés de pré-seleção introduzido por estudos transversais. De referir que o grupo de atletas do presente estudo representa um conjunto de futebolistas (impacto) e nadadores (sem impacto), não obstante a natação induzir hipertrofia potenciando a relação entre músculo e osso (Sartori & Sandri, 2015). A ausência de avaliação do perfil hormonal deve ser perspetivada em futuros estudos, pois poderá auxiliar na explicação dos mecanismos associados aos valores de DMO.

CONCLUSÃO

A prática desportiva tem efeitos osteogénicos positivos e de incremento conteúdo mineral ósseo tanto para o corpo todo, como para regiões específicas, incluindo importantemente o cólo do fémur. A dieta e os fatores nutricionais devem ser vistos como fontes independentes de variação entre os dois grupos considerados no presente estudo, admitindo-se que possam ter um efeito de interação.

REFERÊNCIAS

- Anderson, J. J., Rondano, P., & Holmes, A. (1996). Roles of diet and physical activity in the prevention of osteoporosis. *Scandinavian journal of rheumatology. Supplement*, 103, 65–74. <https://doi.org/10.3109/03009749609103752>
- Aparisi Gómez, M. P., Ayuso Benavent, C., Simoni, P., Aparisi, F., Guglielmi, G., & Bazzocchi, A. (2020). Fat and bone: the multiperspective analysis of a close relationship. *Quantitative imaging in medicine and surgery*, 10(8), 1614–1635. <https://doi.org/10.21037/qims.2020.01.11>
- Aspray, T. J., & Hill, T. R. (2019). Osteoporosis and the Ageing Skeleton. *Sub-cellular biochemistry*, 91, 453–476. https://doi.org/10.1007/978-981-13-3681-2_16
- Bailey, D. A., Martin, A. D., McKay, H. A., Whiting, S., & Mirwald, R. (2000). Calcium accretion in girls and boys during puberty: a longitudinal analysis. *Journal of bone and mineral research: the official journal of the American Society for Bone and Mineral Research*, 15(11), 2245–2250. <https://doi.org/10.1359/jbmr.2000.15.11.2245>
- Bandaru, S., Hare, K., Krueger, D., & Binkley, N. (2020). Do patients that fracture with normal DXA-measured BMD have normal bone? *Archives of osteoporosis*, 15(1), 70. <https://doi.org/10.1007/s11657-020-00745-0>
- Beaudart, C., Biver, E., Bruyère, O., Cooper, C., Al-Daghri, N., Reginster, J. Y., & Rizzoli, R. (2018). Quality of life assessment in musculo-skeletal health. *Aging clinical and experimental research*, 30(5), 413–418. <https://doi.org/10.1007/s40520-017-0794-8>
- Behringer, M., Gruetzner, S., McCourt, M., & Mester, J. (2014). Effects of Weight-Bearing Activities on Bone Mineral Content and Density in Children and Adolescents: A Meta-Analysis. *Journal of Bone and Mineral Research*, 29(2), 467–478. <https://doi.org/10.1002/jbmr.2036>
- Bellver, M., Del Rio, L., Jovell, E., Drobnic, F., & Trilla, A. (2019). Bone mineral density and bone mineral content among female elite athletes. *Bone*, 127, 393–400. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2019.06.030>
- Benedetti, M. G., Furlini, G., Zati, A., & Letizia Mauro, G. (2018). The Effectiveness of Physical Exercise on Bone Density in Osteoporotic Patients. *BioMed research international*, 2018, 4840531. <https://doi.org/10.1155/2018/4840531>
- Bielemann, R. M., Martinez-Mesa, J., & Gigante, D. P. (2013). Physical activity during life course and bone mass: a systematic review of methods and findings from cohort studies with young adults. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 14(1), 77. <https://doi.org/10.1186/1471-2474-14-77>

Blake, G. M., & Fogelman, I. (1997). Technical principles of dual energy x-ray absorptiometry. *Seminars in Nuclear Medicine*, 27(3), 210–228. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9224663>

Bonjour, J.-P., Chevalley, T., Rizzoli, R., & Ferrari, S. (2007). Gene-Environment Interactions in the Skeletal Response to Nutrition and Exercise during Growth. In *Optimizing Bone Mass and Strength* (Vol. 51, pp. 64–80). Basel: KARGER. <https://doi.org/10.1159/000103005>

Boreham, C. A. G., & McKay, H. A. (2011). Physical activity in childhood and bone health. *British Journal of Sports Medicine*, 45(11), 877–879. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2011-090188>

Burt, L. A., Naughton, G. A., Greene, D. A., Courteix, D., & Ducher, G. (2012). Non-elite gymnastics participation is associated with greater bone strength, muscle size, and function in pre- and early pubertal girls. *Osteoporosis International*, 23(4), 1277–1286. <https://doi.org/10.1007/s00198-011-1677-z>

Campa, F., & Coratella, G. (2021). Athlete or Non-athlete? This Is the Question in Body Composition. *Frontiers in physiology*, 12, 814572. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.814572>

Cardadeiro, G., Baptista, F., Zymbal, V., Rodrigues, L. a, & Sardinha, L. B. (2010). Ward's area location, physical activity, and body composition in 8- and 9-year-old boys and girls. *Journal of Bone and Mineral Research: The Official Journal of the American Society for Bone and Mineral Research*, 25(11), 2304–2312. <https://doi.org/10.1002/jbmr.229>

Carina, V., Della Bella, E., Costa, V., Bellavia, D., Veronesi, F., Cepollaro, S., Fini, M., & Giavaresi, G. (2020). Bone's Response to Mechanical Loading in Aging and Osteoporosis: Molecular Mechanisms. *Calcified tissue international*, 107(4), 301–318. <https://doi.org/10.1007/s00223-020-00724-0>

Cauley, J. A., e Giangregorio, L. (2020). Physical activity and skeletal health in adults. *The lancet. Diabetes & endocrinology*, 8(2), 150–162. [https://doi.org/10.1016/S2213-8587\(19\)30351-1](https://doi.org/10.1016/S2213-8587(19)30351-1)

Chumela, W. C., Roche, A. F., & Thissen, D. (1989). The FELS method of assessing the skeletal maturity of the hand-wrist. *American Journal of Human Biology: The Official Journal of the Human Biology Council*, 1(2), 175–183. <https://doi.org/10.1002/ajhb.1310010206>

Coelho-E-Silva, M., Cupido-dos-Santos, A., Figueiredo, A. J., Ferreira, J. P., & Armstrong, N. (Eds.). (2014). *Children and Exercise XXVIII: The Proceedings of the 28th Pediatric Work Physiology Meeting*. Routledge

Courteix, D., Jaffré, C., Lespessailles, E., & Benhamou, L. (2005). Cumulative effects of calcium supplementation and physical activity on bone accretion in premenarchal children: a double-blind randomised placebo-controlled trial. *International journal of sports medicine*, 26(5), 332–338. <https://doi.org/10.1055/s-2004-821040>

de Sire, A., de Sire, R., Curci, C., Castiglione, F., & Wahli, W. (2022). Role of Dietary Supplements and Probiotics in Modulating Microbiota and Bone Health: The Gut-Bone Axis. *Cells*, 11(4), 743. <https://doi.org/10.3390/cells11040743>

Deere, K., Sayers, A., Rittweger, J., & Tobias, J. H. (2012). Habitual levels of high, but not moderate or low, impact activity are positively related to hip BMD and geometry: results from a population-based study of adolescents. *Journal of Bone and Mineral Research: The Official Journal of the American Society for Bone and Mineral Research*, 27(9), 1887–1895. <https://doi.org/10.1002/jbmr.1631>

Fintini, D., Cianfarani, S., Cofini, M., Andreoletti, A., Ubertini, G. M., Cappa, M., & Manco, M. (2020). The Bones of Children with Obesity. *Frontiers in endocrinology*, 11, 200. <https://doi.org/10.3389/fendo.2020.00200>

Gobbo, L. A., Júdeice, P. B., Hetherington-Rauth, M., Sardinha, L. B., & Dos Santos, V. R. (2020). Sedentary Patterns Are Associated with Bone Mineral Density and Physical Function in Older Adults: Cross-Sectional and Prospective Data. *International journal of environmental research and public health*, 17(21), 8198. <https://doi.org/10.3390/ijerph17218198>

Gómez-Bruton, A., González-Agüero, A., Gómez-Cabello, A., Casajús, J. a., & Vicente-Rodríguez, G. (2013). Is Bone Tissue Really Affected by Swimming? A Systematic Review. *PLoS ONE*, 8(8), e70119. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0070119>

Gou, G. H., Tseng, F. J., Wang, S. H., Chen, P. J., Shyu, J. F., & Pan, R. Y. (2019). Nutritional factors associated with femoral neck bone mineral density in children and adolescents. *BMC musculoskeletal disorders*, 20(1), 520. <https://doi.org/10.1186/s12891-019-2901-9>

Hemayattalab, R. (2010). Effects of physical training and calcium intake on bone mineral density of students with mental retardation. *Research in Developmental Disabilities*, 31(3), 784–789. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2010.02.002>

Hopkins, W. G., Marshall, S. W., Batterham, A. M., & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine and science in sports and exercise*, 41(1), 3–13. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31818cb278>

Jesudason, D., & Clifton, P. (2011). The interaction between dietary protein and bone health. *Journal of bone and mineral metabolism*, 29(1), 1–14. <https://doi.org/10.1007/s00774-010-0225-9>

Johnell, O., e Kanis, J. (2005). Epidemiology of osteoporotic fractures. *Osteoporosis international: a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*, 16 Suppl 2, S3–S7. <https://doi.org/10.1007/s00198-004-1702-6>

Kriemler, S., Zahner, L., Puder, J. J., Braun-Fahrländer, C., Schindler, C., Farpour-Lambert, N. J., Kränzlin, M., & Rizzoli, R. (2008). Weight-bearing bones are more sensitive to physical exercise in boys than in girls during pre- and early puberty: a cross-sectional study. *Osteoporosis international: a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*, 19(12), 1749–1758. <https://doi.org/10.1007/s00198-008-0611-5>

Leite, M., Padrão, P., & Moreira, P. (2007). Ingestão nutricional e estimativa da densidade mineral óssea em adolescentes do sexo feminino [Nutritional intake and bone mineral density in female adolescents]. *Acta medica portuguesa*, 20(4), 299–306.

Lippuner, K., Johansson, H., Kanis, J. A., & Rizzoli, R. (2009). Remaining lifetime and absolute 10-year probabilities of osteoporotic fracture in Swiss men and women. *Osteoporosis international: a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*, 20(7), 1131–1140. <https://doi.org/10.1007/s00198-008-0779-8>

Lohman, T., Roche, A., & Reinaldo, M. (1988). Anthropometric standardization reference manual. Champaign Human Kinetics Books

Lopes, C., Aro, A., Azevedo, A., Ramos, E., & Barros, H. (2007). Intake and adipose tissue composition of fatty acids and risk of myocardial infarction in a male Portuguese community sample. *Journal of the American Dietetic Association*, 107(2), 276–286. <https://doi.org/10.1016/j.jada.2006.11.008>

Lopes C. Reprodutibilidade e Validação de um questionário semi-quantitativo de frequência alimentar. In: Alimentação e enfarte agudo do miocárdio: um estudo

caso-controlo de base populacional. Tese de Doutoramento. Universidade do Porto 2000. p.79-115

Ly, T. V., & Swiontkowski, M. F. (2008). Treatment of femoral neck fractures in young adults. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*, 90(10), 2254–2266.

Malina, R., Bouchard, C., & Bar-Or, O. (2004). *Growth, Maturation and Physical Activity*. 2^oed. Human Kinetics ISBN:0-88011-882-2

Morseth, B., Emaus, N. and Jørgensen, L. (2011) 'Physical activity and bone: The importance of the various mechanical stimuli for bone mineral density. A review', *Norsk Epidemiology* 20(2), pp. 173–178. doi: <https://10.5324/nje.v20i2.1338>

Polidoulis, I., Beyene, J., & Cheung, A. M. (2012). The effect of exercise on pQCT parameters of bone structure and strength in postmenopausal women--a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Osteoporosis International: A Journal Established as Result of Cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*, 23(1), 39–51. <https://doi.org/10.1007/s00198-011-1734-7>

Rinonapoli, G., Pace, V., Ruggiero, C., Ceccarini, P., Bisaccia, M., Meccariello, L., & Caraffa, A. (2021). Obesity and Bone: A Complex Relationship. *International journal of molecular sciences*, 22(24), 13662. <https://doi.org/10.3390/ijms222413662>

Rizzoli R. (2014). Nutritional aspects of bone health. *Best practice & research. Clinical endocrinology & metabolism*, 28(6), 795–808. <https://doi.org/10.1016/j.beem.2014.08.003>

Rizzoli R. (2019). Nutritional influence on bone: role of gut microbiota. *Aging clinical and experimental research*, 31(6), 743–751. <https://doi.org/10.1007/s40520-019-01131-8>

Rizzoli R. (2022). Dairy products and bone health. *Aging clinical and experimental research*, 34(1), 9–24. <https://doi.org/10.1007/s40520-021-01970-4>

Rizzoli, R., Bianchi, M. L., Garabédian, M., McKay, H. A., & Moreno, L. A. (2010). Maximizing bone mineral mass gain during growth for the prevention of fractures in the adolescents and the elderly. *Bone*, 46(2), 294–305. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2009.10.005>

Rizzoli, R., Biver, E., & Brennan-Speranza, T. C. (2021). Nutritional intake and bone health. *The lancet. Diabetes & endocrinology*, 9(9), 606–621. [https://doi.org/10.1016/S2213-8587\(21\)00119-4](https://doi.org/10.1016/S2213-8587(21)00119-4)

Roche, A. (1991). Growth Maturation and Body Composition - The Fels Longitudinal Study 1929 -1991. (G. Lasker, C. Mascie-Taylor, D. Roberts, & R. Foley, Eds.) (1st ed.). Cambridge: Cambridge Studies in Biological Anthropology

Sartori, R., & Sandri, M. (2015). BMPs and the muscle-bone connection. *Bone*, 80, 37–42. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2015.05.023>

Satoh, M. (2015). Bone age: assessment methods and clinical applications. *Clinical Pediatric Endocrinology: Case Reports and Clinical Investigations: Official Journal of the Japanese Society for Pediatric Endocrinology*, 24(4), 143–152. <https://doi.org/10.1297/cpe.24.143>

Scofield, K. L., & Hecht, S. (2012). Bone health in endurance athletes: runners, cyclists, and swimmers. *Current sports medicine reports*, 11(6), 328–334. <https://doi.org/10.1249/JSR.0b013e3182779193>

Spriet L. L. (2019). Sports Nutrition for Optimal Athletic Performance and Health: Old, New and Future Perspectives. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 49(Suppl 2), 99–101. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01224-4>

Steffl, M., Kinkorova, I., Kokstejn, J., & Petr, M. (2019). Macronutrient Intake in Soccer Players-A Meta-Analysis. *Nutrients*, 11(6), 1305. <https://doi.org/10.3390/nu11061305>

Tanner, J. M., Oshman, D., Lindgren, G., Grunbaum, J. A., Elouki, R., & Labarthe, D. (1994). Reliability and Validity of Computer-Assisted Estimates of Tanner-Whitehouse *Skeletal Maturity* (CASAS): Comparison with the Manual Method, 42, 288–294. <https://doi.org/10.1159/000184211>

Tenforde, A. S., & Fredericson, M. (2011). Influence of sports participation on bone health in the young athlete: a review of the literature. *PM & R: the journal of injury, function, and rehabilitation*, 3(9), 861–867. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2011.05.019>

The Internatioanl Society for Clinical Densitometry - ISCD. (2014). 2013 Official Positions - Adult & Pediatric. Middletown - USA. Retrieved from <http://www.iscd.org/official-positions/links-to-other-guidelines-positions/>

Troy, K. L., Mancuso, M. E., Butler, T. A., & Johnson, J. E. (2018). Exercise Early and Often: Effects of Physical Activity and Exercise on Women's *Bone Health*. *International journal of environmental research and public health*, 15(5), 878. <https://doi.org/10.3390/ijerph15050878>

Valente-Dos-Santos, J., Tavares, Ó. M., Duarte, J. P., Sousa-E-Silva, P. M., Rama, L. M., Casanova, J. M., Fontes-Ribeiro, C. A., Marques, E. A., Courteix, D., Ronque, E., Cyrino,

E. S., Conde, J., & Coelho-E-Silva, M. J. (2018). Total and regional bone mineral and tissue composition in female adolescent athletes: comparison between volleyball players and swimmers. *BMC pediatrics*, 18(1), 212. <https://doi.org/10.1186/s12887-018-1182-z>

van de Laarschot, D. M., Smits, A. A., Buitendijk, S. K., Stegenga, M. T., e Zillikens, M. C. (2017). Screening for Atypical Femur Fractures Using Extended Femur Scans by DXA. *Journal of bone and mineral research: the official journal of the American Society for Bone and Mineral Research*, 32(8), 1632–1639. <https://doi.org/10.1002/jbmr.3164>

Veronese, N., & Maggi, S. (2018). Epidemiology and social costs of hip fracture. *Injury*, 49(8), 1458–1460. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2018.04.015>

Viljakainen H. T. (2016). Factors influencing bone mass accrual: focus on nutritional aspects. *The Proceedings of the Nutrition Society*, 75(3), 415–419. <https://doi.org/10.1017/S0029665116000252>

Waddington G. S. (2018). Bone mineral density in pre-professional ballet dancers. *Journal of science and medicine in sport*, 21(8), 759. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2018.06.001>

Weaver CM, Gordon CM, Janz KF, Kalkwarf HJ, Lappe JM, Lewis R, et al. The National Osteoporosis Foundation's position statement on peak bone mass development and lifestyle factors: a systematic review and implementation recommendations. *Osteoporos Int*. 2016; 27:1281–386

Willems, H., van den Heuvel, E., Schoemaker, R., Klein-Nulend, J., & Bakker, A. D. (2017). Diet and Exercise: a Match Made in Bone. *Current osteoporosis reports*, 15(6), 555–563. <https://doi.org/10.1007/s11914-017-0406-8>

Willett, W. (2001) 'Invited commentary: a further look at dietary questionnaire validation.', *American journal of epidemiology*. United States, 154(12), pp. 1100–1106. doi: <https://doi.org/10.1093/aje/154.12.1100>

Woolford, S. J., Cooper, C., Harvey, N., & Moon, R. J. (2019). Prenatal influences on bone health in children. *Expert review of endocrinology & metabolism*, 14(3), 193–202. <https://doi.org/10.1080/17446651.2019.1607727>

CAPÍTULO III

ESTUDO II

CAPÍTULO III

ESTUDO 2:

3. DENSIDADE MINERAL ÓSSEA EM JOVENS ATLETAS: Comparação entre modalidades com e sem impacto

RESUMO

Objetivo: O presente estudo examinou as medidas de mineral ósseo em atletas de modalidades contrastantes no que se refere ao impacto mecânico. **Métodos e materiais:** A amostra foi composta por 40 adolescentes masculinos praticantes de futebol competitivo federado e 36 nadadores igualmente praticantes de natação federada. A absorciometria de raios-X de dupla energia foi utilizada para quantificar o conteúdo mineral ósseo (CMO) e densidade (DMO), tecido magro mole e tecido gordo. Os participantes foram ainda avaliados para a estatura, altura sentada e massa corporal. Para comparação entre jogadores de futebol e nadadores foi usada a prova *t-student* para amostras independentes. **Resultados:** Os futebolistas são mais pesados ($53,0 \pm 11,7$ kg) que os nadadores: $44,2 \pm 9,6$ kg) e tinham valores médios superiores de DMO para todo o corpo (futebolistas: 1.528 ± 0.108 g.cm⁻²; nadadores: $1404 \text{g.cm}^{-2} \pm 0.050$ g.cm⁻²) e para todas as regiões específicas exceto membros superiores. **Conclusão:** O tipo de prática desportiva parece favorecer o ganho de massa óssea durante o crescimento para as modalidades, como o futebol, caracterizadas por terem maior impacto em regiões, parecendo as regiões corporais sensíveis a esse efeito, dado que no caso dos membros superiores nadadores e futebolistas não diferem.

Palavras-chave: densidade mineral óssea, adolescência, prática desportiva, futebol, natação

INTRODUÇÃO

A prática desportiva regular parece ter efeitos benéficos no estado global de saúde (Boreham & McKay, 2011). Contudo, uma grande porção da população portuguesa é classificada como não atingindo os níveis mínimos de atividade física diária avaliada por acelerometria (Baptista *et al.*, 2012; Mendes, 2020). Acredita-se que as primeiras décadas de vida sejam determinantes na trajetória de saúde ao longo do ciclo de vida, contribuindo para diminuir o risco de co-morbilidades do sistema músculo-esquelético associadas ao envelhecimento como seja a osteoporose (Cauley & Giangregorio, 2020) que é conexas ao aumento do risco de fraturas (Aspray & Hill, 2019).

Os efeitos da atividade física sobre a DMO parecem relacionados com a carga mecânica (Morseth *et al.*, 2011; McMichan *et al.*, 2020). A prática desportiva com impacto possui um efeito osteogénico mais acentuado, por comparação à participação em modalidades desportiva sem impacto mecânico (Karlsson, *et al.*, 2008; Valente-dos-Santos *et al.*, 2018). No que respeita à prática desportiva com impacto, as que envolvem corridas e tarefas repetitivas de salto, tais como corrida, futebol ou voleibol são consideradas de elevado impacto, (Deere, *et al.*, 2012) contrastando com práticas desportivas de baixo ou de impacto nulo como é o caso da natação (Vlachopoulos *et al.*, 2017; Valente-dos-Santos *et al.*, 2018).

O exercício físico é frequentemente tipificado pela intensidade, frequência e duração da atividade (Morseth *et al.*, 2011; Tobias *et al.*, 2014). Contudo, outras características como o número de impactos mecânico parece ter influência sobre os sistemas orgânicos. Os mecanismos adaptativos do osso não ocorrem com a mesma magnitude no corpo todo e em regiões específicas, surgindo o interesse pelo estudo de alterações geométricas e estruturais do tecido ósseo (Heinonen, *et al.*, 2001; Gómez-Bruton *et al.*, 2013) bem como pela interação gerada pela força muscular e composição corporal sobre o esqueleto (Cardadeiro *et al.*, 2010). O futebol e a natação são desportos populares e frequentes durante a infância e a adolescência sendo praticados por um elevado número de indivíduos. O objetivo do presente estudo prende-se com a comparação entre DMO, CMO e de composição corporal

para o corpo todo e regiões específicas de atletas de modalidades desportivas contrastantes em termos de impacto (futebol versus natação).

MÉTODOS

Desenho e procedimentos

O presente estudo é observacional de natureza transversal, sendo desenvolvido com voluntários recrutados em clubes federados e agrupamentos escolares na região do Algarve. O estudo foi conduzido de acordo com as recomendações da declaração de Helsínquia para estudos humanos, tendo todos os procedimentos sido aprovados pelo *Comissão de Ética da Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra (CE / FCDEF-UC / 00172016)*. Todos os participantes foram informados sobre os objetivos, protocolo experimental e procedimentos do estudo e informados que a participação era voluntária e que poderiam abandonar o estudo a qualquer momento. O consentimento informado foi obtido junto dos pais ou responsáveis legais de cada participante. As avaliações imagiológicas foram realizadas num laboratório de imagiologia acreditado por um único técnico qualificado. Os *outcomes* primários foram o CMO, DMO, tecido gordo e tecido magro mole do corpo inteiro e regionais, medidos por absorciometria de raios-X de dupla energia (DXA). Os *outcomes* secundários incluíram: (i) a idade cronológica; (ii) ingestão alimentar, obtida através de questionários de frequência alimentar e (iii) uma breve bateria antropométrica.

Amostra

A amostra foi composta por 76 adolescentes do sexo masculino (futebol: n=40; natação: n=36) com idades compreendidas entre os 12 e os 16 anos. Foram considerados os seguintes critérios de inclusão: (i) sexo masculino; (ii) idade inferior a 16 anos; (iii) praticar desporto há pelo menos três anos. Quanto aos critérios de exclusão foram considerados: (i) fraturas de ossos longos ou qualquer

terapêutica que tenha implicado imobilização por um período superior a 6 meses; (ii) patologias congénitas, diabetes, entre outras; (iii) ter realizado ou estar a realizar qualquer tipo de terapia farmacológica que interfira no metabolismo ósseo.

Antropometria

Os procedimentos antropométricos foram realizados de acordo com os procedimentos standardizados (Lohman *et al.*, 1988; Malina *et al.*, 2004). Resumidamente, os sujeitos foram pesados com o mínimo de roupa possível e sem calçado com os resultados aproximados a 0,1 Kg, utilizando-se uma balança (*Tanita BC610*). Para a estatura foi utilizado um estadiómetro com medição aproximada a 0,1 cm (Estadiómetro portátil Seca 213 com nivelador integrado (Ref. SA 213.172.1009)) de acordo com os procedimentos standardizados.

Absorciometria de raios-X de dupla energia

Os participantes foram colocados em decúbito dorsal na mesa com o corpo alinhado ao longo do eixo horizontal central do absorciómetro de raios-X de dupla energia (*GE Lunar Prodigy, software v.11,03*) para medição do CMO, DMO, tecido gordo e tecido magro mole. Os braços foram posicionados em paralelo, mas não em contacto com o corpo. Os antebraços mantiveram-se pronados com as mãos em contacto com a mesa. As pernas foram totalmente estendidas e os pés fixados com um suporte e velcro para evitar o movimento do pé durante a aquisição (Courteix & Jaffre, 2005). Foram usados parâmetros idênticos para cada aquisição e o relatório de saída considerou o CMO, a DMO, o tecido gordo e tecido magro mole. As regiões de interesse foram posicionadas manualmente de acordo com as orientações da ISCD (*The Internatioanl Society for Clinical Densitometry, ISCD, 2014*). O controlo de qualidade foi feito à priori de cada bateria de aquisições.

Questionário de frequência alimentar

A informação da ingestão alimentar foi recolhida usando um questionário de frequência alimentar (QFA) sugerido por Willet (2013), adaptado e validado para a população portuguesa (Lopes, 2000; Lopes, 2007). O questionário compreende 86 itens, incluindo alimentos e bebidas, e oferece nove opções de resposta à frequência, desde nunca até seis ou mais vezes por dia. As variáveis consideradas neste estudo foram a ingestão energética total (Kcal), a ingestão proteica (% VET), vitamina D (mg), cálcio (mg) e magnésio (mg) obtidas a partir da análise nutricional do QFA.

Análise dos dados

Foi determinada a estatística descritiva (média, desvio padrão) e verificada a normalidade das variáveis pelo teste *Kolmogorov-Smirnov*. Complementarmente, utilizou-se o teste de *t-student* para amostras independentes para comparação das subamostras de futebolistas e nadadores. Foi ainda usada a análise multivariada de covariância para determinar diferenças significativas em termos de densidade mineral óssea entre os dois tipos de desporto, após ajuste para idade cronológica, Índice de Massa Corporal (IMC), estatura e ingestão diária de vitamina D e cálcio. O tamanho de efeito das comparações entre grupos foi estimado pelo *d* Cohen ($<0,2$; $0,20 \leq d < 0,6$; $0,6 \leq d < 1,2$; $1,2 \leq d < 2,0$; $2,0 \leq d < 4,0$ para respetivamente trivial, pequeno, moderado, grande, muito grande e extremamente grande (Hopkins, Marshall, e Batterham, 2009). A análise estatística foi conduzida no programa *IBM Statistical Package for Social Science* (SPSS), versão 27.0 (SPSS, Inc., Chicago, Illinois, EUS), com o nível de significância estabelecido nos 5 %.

RESULTADOS

A Tabela 3.1 apresenta as características dos subgrupos de prática desportiva (futebol, natação) para a idade cronológica. Os marcadores de ingestão alimentar não apresentaram diferenças entre grupos de atletas. Os nadadores apresentavam uma estatura média inferior aos futebolistas (nadadores: $160,1 \pm 9,0$ cm; futebolistas: $166,1 \pm 8,7$ cm, $p < 0,01$), sendo mais leves (nadadores: $48,3 \pm 7,4$ kg; futebolistas: $55,0 \pm 9,0$ cm, $p < 0,01$). Ainda a Tabela 3.1 apresenta os valores da composição corporal avaliados por DXA, nomeadamente a massa gorda e tecido magro mole, com os nadadores a apresentarem, regra geral valores absolutos inferiores.

A Tabela 3.2 sumaria o CMO para o corpo todo e regiões específicas. Quando comparados com os nadadores, os futebolistas apresentam valores significativamente mais elevados de CMO para o corpo todo (futebolistas: 1528 ± 108 g, nadadores: 1404 ± 52 g, $p < 0,01$) e também para o tronco (futebolistas: 428 ± 30 g, nadadores: 393 ± 15 g, $p < 0,001$). Para a variável dependente DMO, foram encontrados valores superiores nos nadadores em relação aos futebolistas no corpo todo (futebolistas: $1,115 \pm 0,123$ g.cm⁻², nadadores: $0,982 \pm 0,069$ g.cm⁻², $p < 0,01$) e resultados com a mesma tendência e significância foram observados no tronco e nos membros inferiores. Contudo, para os membros superiores, foi observada uma diferença de sentido contrário, com o valor médio dos nadadores a exceder o dos futebolistas (futebolistas: $0,776 \pm 0,025$ g.cm⁻², nadadores: $0,776 \pm 0,023$ g.cm⁻², $p < 0,01$). E, finalmente, consistentemente com os dados acima descritos, também no cólo do fémur, a exemplo do que foi observado para os membros superiores, os futebolistas apresentam sempre médias superiores e significativas comparativamente aos nadadores.

A Figura 3.1 apresenta as variações de DMO de acordo com o tipo de desporto, após ajuste para a idade cronológica, IMC, estatura e ingestão diária de vitamina D e cálcio. Os futebolistas apresentam valores significativamente mais elevados de DMO para o corpo todo [$+13,5\%$: $d=1,33$, $t=5,716$, $p < 0,001$], tronco ($+13,5\%$, $d=1,32$, $t=5,697$, $p < 0,001$) e membros inferiores ($+14,4\%$, $d=1,75$, $t=7,569$, $p < 0,001$) quando comparados com os nadadores. Novamente, é ilustrada a

tendência dos nadadores para apresentarem valores significativamente mais elevados de DMO nos membros superiores (+3,4%, $d=1,14$, $t= -4,778$; $p<0,001$).

Tabela 3.1: Estatística descritiva (média ± desvio padrão) para a idade cronológica, idade óssea, ingestão nutricional e antropometria incluindo indicadores de composição corporal obtidos por tecnologia DXA; comparação entre adolescentes masculinos de diferentes modalidades: futebol e natação.

Yi: variável dependente	unidade medida	X: Grupo		<i>t-student</i>		Magnitude efeitos	
		Futebol (n=40)	Natação (n=36)	<i>t-value</i>	<i>p</i>	d-cohen	(qualitativo)
Idade cronológica	anos	13,9 ± 1,0	14,1 ± 0,9	-0,681	0,498	0,21	Pequeno
Ingestão energética total	Kcal/dia	3160,4 ± 438,5	2989,9 ± 626,0	1,386	0,170	0,32	Pequeno
Proteína	(%VET)	20,0 ± 2,3	17,0 ± 2,7	0,586	0,560	1,22	Grande
Vitamina D	mg	4,4 ± 1,4	4,4 ± 1,3	0,120	0,905	1,34	Grande
Cálcio	mg	1346,2 ± 409,7	1273,3 ± 415,6	0,769	0,444	0,18	Trivial
Magnésio	mg	429,0 ± 71,8	432,5 ± 99,4	-0,178	0,859	0,04	Trivial
Estatura	cm	166,1 ± 8,7	160,1 ± 9,0	2,976	0,004	0,69	Moderado
Altura sentado	cm	82,2 ± 3,7	79,1 ± 4,5	3,304	<0,001	0,77	Moderado
Massa corporal	Kg	55,0 ± 9,0	48,3 ± 7,4	3,586	<0,001	0,82	Moderado
Tecido gordo [†]							
corpo todo	Kg	21,0 ± 3,5	18,5 ± 2,8	3,374	0,001	0,79	Moderado
tronco	Kg	6,9 ± 3,1	5,5 ± 2,4	2,194	0,031	0,51	Pequeno
membros superiores	Kg	1,9 ± 0,1	2,1 ± 0,1	-4,513	<0,001	2,03	Muito grande
membros inferiores	kg	7,4 ± 0,6	6,5 ± 0,6	6,584	<0,001	1,52	Grande
Tecido magro mole [†]							
corpo todo	Kg	40,2 ± 6,7	35,5 ± 5,4	3,374	0,001	0,78	Moderado
tronco	Kg	16,6 ± 6,0	13,7 ± 4,7	2,357	0,021	0,54	Pequeno
membros superiores	Kg	3,1 ± 0,1	3,2 ± 0,0	-4,527	<0,001	1,40	Grande
membros inferiores	Kg	11,1 ± 0,1	9,8 ± 0,1	6,584	<0,001	13,17	Muito Grande

VET (valor energético total); [†] (dados obtidos por DXA)

Tabela 3.2.: Estatística descritiva (média ± desvio padrão) para valores de DMO obtidos por tecnologia DXA; comparação entre adolescentes masculinos de diferentes modalidades: futebol e natação.

Yi: variável dependente	unidade medida	X: Grupo		<i>t-student</i>		Magnitude efeitos	
		Futebol (n=40)	Natação (n=36)	<i>t-value</i>	<i>p</i>	d-cohen	(qualitativo)
Conteúdo Mineral Ósseo†							
corpo todo	g	1528 ± 108	1404 ± 52	6,255	<0,001	1,46	Grande
tronco	g	428 ± 30	393 ± 15	6,257	<0,001	1,47	Grande
membros superiores	g	191 ± 37	195 ± 35	-0,466	0,642	0,11	Trivial
membros inferiores	g	748 ± 2	748 ± 18	0,127	0,900	0,00	Trivial
Densidade mineral óssea†							
corpo todo	g.cm ⁻²	1,115 ± 0,123	0,982 ± 0,069	5,716	<0,001	1,33	Grande
tronco	g.cm ⁻²	1,026 ± 0,114	0,904 ± 0,063	5,697	<0,001	1,32	Grande
membros superiores	g.cm ⁻²	0,749 ± 0,025	0,776 ± 0,023	-4,778	<0,001	1,14	Moderado
membros inferiores	g.cm ⁻²	1,272 ± 0,096	1,113 ± 0,087	7,569	<0,001	1,75	Grande
Fémur proximal†							
Colo do fémur	g.cm ⁻²	1,091 ± 0,089	0,964 ± 0,088	6,245	<0,001	1,45	Grande
Trocânter	g.cm ⁻²	0,992 ± 0,125	0,842 ± 0,098	5,832	<0,001	1,34	Grande
Diáfise	g.cm ⁻²	1,309 ± 0,107	1,124 ± 0,117	7,128	<0,001	1,68	Grande
Tri. Ward	g.cm ⁻²	1,120 ± 0,109	0,963 ± 0,104	6,411	<0,001	1,49	Grande

† (dados obtidos por DXA)

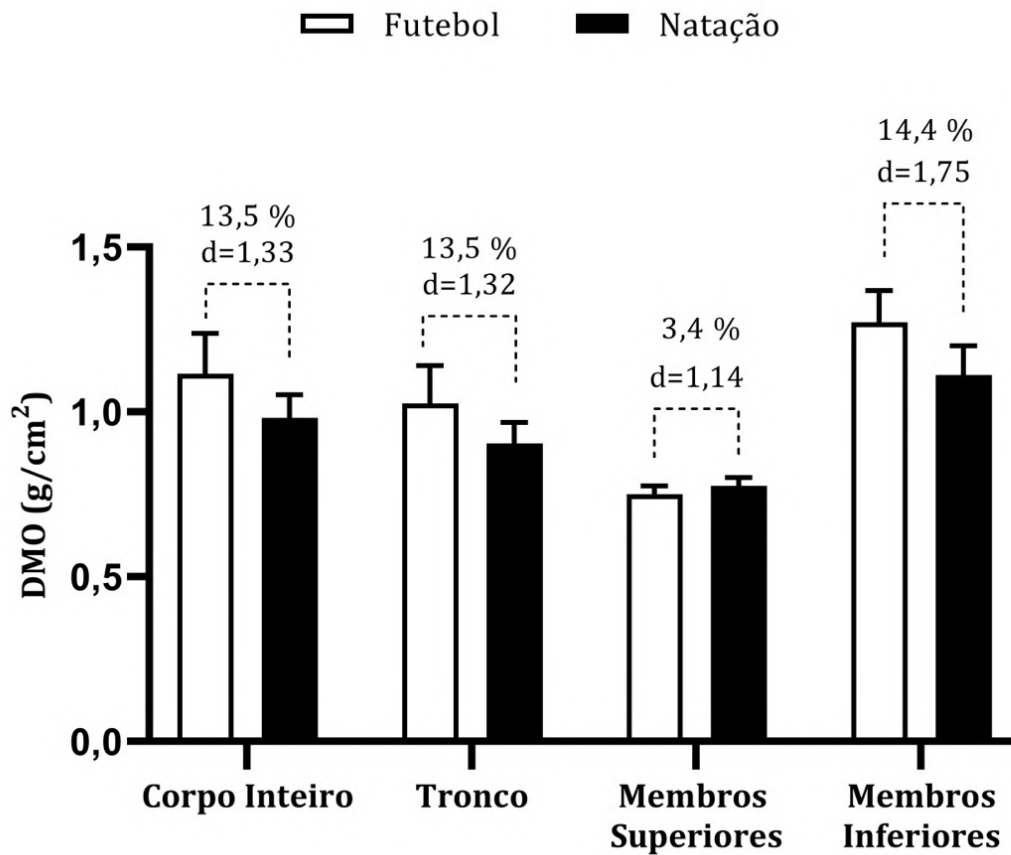


Figura 3.1.: Densidade mineral óssea (DMO) em futebolistas (barras brancas) e nadadores (barras pretas). Os dados são apresentados como médias marginais estimadas \pm desvio padrão, ajustadas para a idade cronológica, Índice Massa Corporal, estatura e ingestão diária de vitamina D e cálcio (modelos MANCOVA). D (d-Cohen).

DISCUSSÃO

Os dados do presente estudo mostram os futebolistas como tendo valores superiores de CMO e DMO para o corpo todo, assim como para o tronco e membros inferiores, comparativamente aos nadadores. No entanto, as médias de CMO e DMO para os membros superiores assumiram valores superiores para os nadadores, confirmando os efeitos do tecido ósseo como dependentes de mecanismos regionais. Os futebolistas possuem também maior tecido magro mole e tecido gordo para todo o corpo, tronco e membros inferiores, à exceção dos membros superiores. Os jogadores de futebol sendo expostos a impactos mecânicos repetitivos (Rosado *et al.*, 2020), estes parecem estar estão positivamente associados aos parâmetros de saúde óssea (Agostinete *et al.*, 2017) e portanto a modalidade de futebol deve ser considerada osteogénica para os locais de sustentação de peso em sujeitos jovens (Courteix & Jaffre, 2005). Em contraste, a natação, devido ao seu meio hipogravítico e sem impacto poderá ser considerada “não osteogénica” (Valente-Dos-Santos *et al.*, 2018; Agostinete *et al.*, 2020).

Estudos anteriores constataram que, nadadores adolescentes do sexo masculino apresentam menor DMO e CMO em comparação com outros praticantes de modalidades contrastantes em termos de impacto mecânico (Vlachopoulos *et al.*, 2017; Gomez-Bruton, *et al.*, 2019; Su *et al.*, 2020; Miller, Kojetin & Scibora, 2020); Kopiczko *et al.*, 2020) e na literatura, chegam a apresentar valores mais próximos de sujeitos sedentários (Rizzoli *et al.*, 2010). Estudos transversais e longitudinais mostraram que desportos com carga melhoram a massa óssea, especialmente nos locais mais afetados pelas mesmas (Dorado *et al.*, 2002; Vicente-Rodriguez *et al.*, 2007; Olmedillas *et al.*, 2011 e Valente-Dos-Santos *et al.*, 2018).

Apesar da natação não ter, reconhecidamente, impacto mecânico, os nadadores apresentaram maiores valores de CMO e DMO para os membros superiores, região em que os nadadores possuem mais massa muscular. Tratando-se de uma região anatómica que também não é influenciada pelo impacto no caso dos futebolistas, poderá colocar-se a hipótese do treino de desenvolvimento da musculatura e a maior quantidade de massa muscular naquele segmento ter um efeito positivo na atividade metabólica do tecido ósseo (Gómez-Bruton *et al.*, 2013).

Esta hipótese carece de estudos adicionais (Cardadeiro *et al.*, 2010; Gómez-Bruton *et al.*, 2012; Gómez-Bruton *et al.*, 2013), que tenham entre as avaliações a secção transversa da massa muscular e da massa gorda como já realizado com jogadores de ténis, numa comparação entre os dois membros.

Em relação ao Fémur proximal, os futebolistas apresentaram valores significativamente mais elevados de CMO e DMO para todas as regiões específicas, mesmo quando ajustado para fatores confundidores. A região do fémur proximal surge como sensível à prática desportiva (van Santen *et al.*, 2019; Buttan *et al.*, 2020;), particularmente, em futebolistas os valores tendem a ser consistentemente mais elevados (Lozano-Berges *et al.*, 2018; Gümüş *et al.*, 2019). Também no membro inferior, o grupo de futebolistas apresenta mais tecido magro, indo ao encontro de estudos realizados na avaliação da massa muscular e potência dos membros inferior em futebolistas (Bahenský *et al.*, 2020). Estes resultados, vêm confirmar, a hipótese de que a interação do tecido magro em regiões anatómicas específicas através da tensão muscular gerada está diretamente relacionada com o acréscimo de DMO (Zymbal, *et al.*, 2019), além da carga mecânica e impacto.

Algumas limitações devem ser reconhecidas, sendo a primeira o desenho do estudo, pois não se pode concluir que o efeito observado nos futebolistas e nadadores é devido à prática desportiva. Futuros estudos devem ser interventivos ou de observação longitudinal com avaliação de outros fatores internos (hormonais, sistema nervoso autónomo) e externos (consumo nutricional, atividade física habitual). O questionário (QFA) utilizado no presente estudo não capta todos os factos para os atletas, aspeto que pode ser considerado um ponto fraco deste estudo e deve ser revisto em futuros estudos mais finos, provavelmente abrangendo uma época desportiva completa. Estudos futuros poderão abordar a dieta usando uma abordagem multiprotocolo (questionário, entrevista, relatórios diários).

CONCLUSÃO

Corrobora-se a hipótese de desportos com impacto mecânico serem confirmados como osteogénicos como é o caso do futebol, contribuindo positivamente para o acréscimo de DMO e CMO, durante o salto de crescimento pubertário. Tal já era estudado noutros estudos precedentes entre atletas e escolares, sendo agora a principal conclusão quando se confrontam estudos de atletas de modalidades sem e com impacto. Esta tendência é generalizável aos indicadores do Fémur proximal com os dados dos futebolistas a confirmarem-se como superiores às avaliações dos nadadores.

REFERÊNCIAS

Agostinete, R. R., Maillane-Vanegas, S., Lynch, K. R., Turi-Lynch, B., Coelho-e-Silva, M. J., Campos, E. Z., ... Araújo Fernandes, R. (2017). The Impact of Training Load on Bone Mineral Density of Adolescent Swimmers: A Structural Equation Modeling Approach. *Pediatric Exercise Science*, 29(4), 520–528.

Agostinete, R. R., Fernandes, R. A., Narciso, P. H., Maillane-Vanegas, S., Werneck, A. O., & Vlachopoulos, D. (2020). Categorizing 10 Sports According to Bone and Soft Tissue Profiles in Adolescents. *Medicine and science in sports and exercise*, 52(12), 2673–2681. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002420>

Agostinete, R. R., Vlachopoulos, D., Werneck, A. O., Maillane-Vanegas, S., Lynch, K. R., Naughton, G., & Fernandes, R. A. (2020). Bone accrual over 18 months of participation in different loading sports during adolescence. *Archives of osteoporosis*, 15(1), 64. <https://doi.org/10.1007/s11657-020-00727-2>

Alvero Cruz, J. R., Ronconi, M., García Romero, J. C., Carrillo de Albornoz Gil, M., Jiménez López, M., Correas Gómez, L., & Álvarez Carnero, E. (2017). Cambios de la composición corporal tras un periodo de desentrenamiento deportivo [Body composition changes after sport detraining period]. *Nutricion hospitalaria*, 34(3), 632–638. <https://doi.org/10.20960/nh.618>

Aspray, T. J., & Hill, T. R. (2019). Osteoporosis and the Ageing Skeleton. *Sub-cellular biochemistry*, 91, 453–476. https://doi.org/10.1007/978-981-13-3681-2_16

Bahenský, P., Marko, D., Bunc, V., & Tlustý, P. (2020). Power, Muscle, and Take-Off Asymmetry in Young Soccer Players. *International journal of environmental research and public health*, 17(17), 6040. <https://doi.org/10.3390/ijerph17176040>

Bandaru, S., Hare, K., Krueger, D., & Binkley, N. (2020). Do patients that fracture with normal DXA-measured BMD have normal bone?. *Archives of osteoporosis*, 15(1), 70. <https://doi.org/10.1007/s11657-020-00745-0>

Baptista, F., Santos, D. A., Silva, A. M., Mota, J., Santos, R., Vale, S., Ferreira, J. P., Raimundo, A. M., Moreira, H., & Sardinha, L. B. (2012). Prevalence of the Portuguese population attaining sufficient physical activity. *Medicine and science in sports and exercise*, 44(3), 466–473. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318230e441>

Boreham, C. A. G., & McKay, H. A. (2011). Physical activity in childhood and bone health. *British Journal of Sports Medicine*, 45(11), 877–879. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2011-090188>

Buttan, A., Cui, J., Guo, X., Chen, Y. I., Hsueh, W. A., Rotter, J. I., & Goodarzi, M. O. (2020). Physical Activity Associations with Bone Mineral Density and Modification by Metabolic Traits. *Journal of the Endocrine Society*, 4(8), bvaa092. <https://doi.org/10.1210/jendso/bvaa092>

Cardadeiro, G., Baptista, F., Zymbal, V., Rodrigues, L. a, & Sardinha, L. B. (2010). Ward's area location, physical activity, and body composition in 8- and 9-year-old boys and girls. *Journal of Bone and Mineral Research: The Official Journal of the American Society for Bone and Mineral Research*, 25(11), 2304–2312. <https://doi.org/10.1002/jbmr.229>

Cauley, J. A., & Giangregorio, L. (2020). Physical activity and skeletal health in adults. *The lancet. Diabetes & endocrinology*, 8(2), 150–162. [https://doi.org/10.1016/S2213-8587\(19\)30351-1](https://doi.org/10.1016/S2213-8587(19)30351-1)

Coratella, G., Beato, M., Milanese, C., Longo, S., Limonta, E., Rampichini, S., Cè, E., Bisconti, A. V., Schena, F., & Esposito, F. (2018). Specific Adaptations in Performance and Muscle Architecture After Weighted Jump-Squat vs. Body Mass Squat Jump

Training in Recreational Soccer Players. *Journal of strength and conditioning research*, 32(4), 921–929. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002463>

Courteix, D., Jaffré, C., Lespessailles, E., & Benhamou, L. (2005). Cumulative effects of calcium supplementation and physical activity on bone accretion in premenarchal children: a double-blind randomised placebo-controlled trial. *International journal of sports medicine*, 26(5), 332–338. <https://doi.org/10.1055/s-2004-821040>

Deere, K., Sayers, A., Rittweger, J., & Tobias, J. H. (2012). Habitual levels of high, but not moderate or low, impact activity are positively related to hip BMD and geometry: results from a population-based study of adolescents. *Journal of bone and mineral research: the official journal of the American Society for Bone and Mineral Research*, 27(9), 1887–1895. <https://doi.org/10.1002/jbmr.1631>

Dorado, C., Sanchis Moysi, J., Vicente, G., Serrano, J. A., Rodríguez, L. R., & Calbet, J. A. L. (2002). Bone mass, bone mineral density and muscle mass in professional golfers. *Journal of Sports Sciences*, 20(8), 591–597. <https://doi.org/10.1080/026404102320183149>

Gómez-Bruton, A., González-Agüero, A., Gómez-Cabello, A., Casajús, J. a., & Vicente-Rodríguez, G. (2013). Is Bone Tissue Really Affected by Swimming? A Systematic Review. *PLoS ONE*, 8(8), e70119. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0070119>

Gomez-Bruton, A., Gonzalez-Aguero, A., Matute-Llorente, A., Lozano-Berges, G., Gomez-Cabello, A., Moreno, L. A., Casajus, J. A., & Vicente-Rodríguez, G. (2019). The muscle-bone unit in adolescent swimmers. *Osteoporosis international: a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*, 30(5), 1079–1088. <https://doi.org/10.1007/s00198-019-04857-3>

Gümüş, E., Akgül, S., Kanbur, N., & Derman, O. (2019). A comparison of bone mineral density in adolescent swimmers, pentathletes and figure skaters. *The Turkish*

journal of pediatrics, 61(6), 831–838.
<https://doi.org/10.24953/turkjped.2019.06.002>

Heinonen, A, Sievänen, H., Kyröläinen, H., Perttunen, J., & Kannus, P. (2001). Mineral mass, size, and estimated mechanical strength of triple jumpers' lower limb. *Bone*, 29(3), 279–285. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11557373>

Hopkins, W. G., Marshall, S. W., Batterham, A. M., & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine and science in sports and exercise*, 41(1), 3–13.
<https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31818cb278>

Johnell, O., & Kanis, J. (2005). Epidemiology of osteoporotic fractures. *Osteoporosis international: a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*, 16 Suppl 2, S3–S7. <https://doi.org/10.1007/s00198-004-1702-6>

Karlsson, M. K., Nordqvist, A., & Karlsson, C. (2008). Physical activity increases bone mass during growth. *Food & Nutrition Research*, 52, 1–10.
<https://doi.org/10.3402/fnr.v52i0.1871>

Kopiczko, A., Adamczyk, J. G., & Łopuszańska-Dawid, M. (2020). Bone Mineral Density in Adolescent Boys: Cross-Sectional Observational Study. *International journal of environmental research and public health*, 18(1), 245.
<https://doi.org/10.3390/ijerph18010245>

Lopes C. Reprodutibilidade e Validação de um questionário semi-quantitativo de frequência alimentar. In: Alimentação e enfarte agudo do miocárdio: um estudo caso-controlo de base populacional. Tese de Doutorado. Universidade do Porto 2000. p.79-115.

Lopes, C., Aro, A., Azevedo, A., Ramos, E., & Barros, H. (2007). Intake and adipose tissue composition of fatty acids and risk of myocardial infarction in a male Portuguese community sample. *Journal of the American Dietetic Association*, 107(2), 276–286. <https://doi.org/10.1016/j.jada.2006.11.008>

Lozano-Berges, G., Matute-Llorente, Á., González-Agüero, A., Gómez-Bruton, A., Gómez-Cabello, A., Vicente-Rodríguez, G., & Casajús, J. A. (2018). Soccer helps build strong bones during growth: a systematic review and meta-analysis. *European journal of pediatrics*, 177(3), 295–310. <https://doi.org/10.1007/s00431-017-3060-3>

Lohman, T., Roche, A., & Reinaldo, M. (1988). *Anthropometric standardization reference manual*. Champaign Human Kinetics Books.

Malina, R. M., Rogol, A. D., Cumming, S. P., Coelho e Silva, M. J., & Figueiredo, A. J. (2015). Biological maturation of youth athletes: assessment and implications. *British journal of sports medicine*, 49(13), 852–859. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094623>

Malina, R.M., Bouchard, C., and Bar-Or, O., 2004. *Growth, Maturation and Physical Activity*, ISBN 9780880118828, 2nd Edition, (Champaign, IL: Human Kinetics).

McMichan, L., Dick, M., Skelton, D. A., Chastin, S., Owen, N., Dunstan, D. W., Fraser, W. D., Tang, J., Greig, C. A., Agyapong-Badu, S., & Mavroeydi, A. (2021). Sedentary behaviour and bone health in older adults: a systematic review. *Osteoporosis international: a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*, 10.1007/s00198-021-05918-2. Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s00198-021-05918-2>

Mendes, R., Nunes Silva, M., Santos Silva, C., Marques, A., Godinho, C., Tomás, R., Agostinho, M., Madeira, S., Rebelo-Marques, A., Martins, H., Teixeira, P. J., & Cruz, D.

(2020). Physical Activity Promotion Tools in the Portuguese Primary Health Care: An Implementation Research. *International journal of environmental research and public health*, 17(3), 815. <https://doi.org/10.3390/ijerph17030815>

Miller, M., Kojetin, S., e Scibora, L. (2020). Site-Specific Effects of Swimming on Bone Density in Female Collegiate Swimmers. *International journal of exercise science*, 13(1), 249–259.

Morseth, B., Emaus, N., & Jørgensen, L. (2011). Physical activity and bone: The importance of the various mechanical stimuli for bone mineral density. A review, 20(2), 173–178.

Olmedillas, H., González-Agüero, A., Moreno, L. A., Casajús, J. A., & Vicente-Rodríguez, G. (2011). Bone related health status in adolescent cyclists. *PLoS ONE*, 6(9). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0024841>

Rizzoli, R., Bianchi, M. L., Garabédian, M., McKay, H. A., & Moreno, L. A. (2010). Maximizing bone mineral mass gain during growth for the prevention of fractures in the adolescents and the elderly. *Bone*, 46(2), 294–305. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2009.10.005>

Rosado, J., Duarte, J. P., Sousa-E-Silva, P., Costa, D. C., Martinho, D. V., Valente-Dos-Santos, J., Coelho-E-Silva, M. J. (2020). Body composition among long distance runners. *Revista Da Associação Médica Brasileira*, 66(2), 180–186. <https://doi.org/10.1590/1806-9282.66.2.180>

van Santen, J. A., Pereira, C., Sanchez-Santos, M. T., Cooper, C., & Arden, N. K. (2019). Dominant vs. non-dominant hip comparison in bone mineral density in young sporting athletes. *Archives of osteoporosis*, 14(1), 54. <https://doi.org/10.1007/s11657-019-0605-2>

Su, Y., Chen, Z., & Xie, W. (2020). Swimming as Treatment for Osteoporosis: A Systematic Review and Meta-analysis. *BioMed research international*, 2020, 6210201. <https://doi.org/10.1155/2020/6210201>

Tenforde, A. S., Sainani, K. L., Carter Sayres, L., Milgrom, C., & Fredericson, M. (2015). Participation in ball sports may represent a prehabilitation strategy to prevent future stress fractures and promote bone health in young athletes. *PM & R: the journal of injury, function, and rehabilitation*, 7(2), 222–225. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2014.09.017>

The International Society for Clinical Densitometry - ISCD. (2014). *Official Positions - Adult & Pediatric*. Middletown - USA. <http://www.iscd.org/official-positions/links-to-other-guidelines-positions/>

Tobias, J. H., Gould, V., Brunton, L., Deere, K., Rittweger, J., Lipperts, M., & Grimm, B. (2014). Physical Activity and Bone: May the Force be with You. *Frontiers in Endocrinology*, 5(March), 20. <https://doi.org/10.3389/fendo.2014.00020>

Valente-Dos-Santos, J., Tavares, Ó. M., Duarte, J. P., Sousa-E-Silva, P. M., Rama, L. M., Casanova, J. M., Fontes-Ribeiro, C. A., Marques, E. A., Courteix, D., Ronque, E., Cyrino, E. S., Conde, J., & Coelho-E-Silva, M. J. (2018). Total and regional bone mineral and tissue composition in female adolescent athletes: comparison between volleyball players and swimmers. *BMC pediatrics*, 18(1), 212. <https://doi.org/10.1186/s12887-018-1182-z>

Vicente-Rodriguez, G., Dorado, C., Ara, I., Perez-Gomez, J., Olmedillas, H., Delgado-Guerra, S., & Calbet, J. A. L. (2007). Artistic versus rhythmic gymnastics: effects on bone and muscle mass in young girls. *International Journal of Sports Medicine*, 28(5), 386–393. <https://doi.org/10.1055/s-2006-924397>

Vlachopoulos, D., Barker, A. R., Williams, C. A., Arngrímsson, S. A., Knapp, K. M., Metcalf, B. S., ... Gracia-Marco, L. (2017). The Impact of Sport Participation on Bone

Mass and Geometry in Male Adolescents. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 49(2), 317–326. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001091>

Willett, W. (2001) 'Invited commentary: a further look at dietary questionnaire validation.', *American journal of epidemiology*. United States, 154(12), pp. 1100–1106. doi: <https://doi.org/10.1093/aje/154.12.1100>

Zymbal, V., Baptista, F., Letuchy, E. M., Janz, K. F., & Levy, S. M. (2019). Mediating Effect of Muscle on the Relationship of Physical Activity and Bone. *Medicine and science in sports and exercise*, 51(1), 202–210. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001759>

CAPÍTULO IV

ESTUDO III

**CAPÍTULO IV
ESTUDO III:**

**4. CORPULÊNCIA E SAÚDE ÓSSEA EM ADOLESCENTES MASCULINOS
ESCOLARES
RESUMO**

Objetivo: O presente estudo comparou adolescentes masculinos com excesso de peso e normoponderais; **Métodos e materiais:** O conteúdo mineral ósseo (CMO), tecido magro mole, tecido gordo e a densidade (DMO), foram avaliados por meio da absorciometria de raios-X de dupla energia. Foram obtidas medidas antropométricas como estatura, altura sentada e massa corporal. Para a comparação entre normoponderais e excesso de peso foi usado o teste *t-student* para amostras independentes. **Resultados:** A média para o grupo com excesso de peso foi de $73,8 \pm 10,5$ kg e para os normoponderais $46 \pm 13,8$ kg. Composição corporal com DXA mostrou que os sujeitos com excesso de peso exibem maior tecido gordo para o corpo inteiro ($27,0 \pm 3,7$ vs. $18,2 \pm 3,9$), mas valores semelhantes para os membros superiores ($1,9 \pm 0,1$ vs. $1,9 \pm 0,1$). Os sujeitos com excesso de peso exibem mais tecido magro mole para o corpo inteiro ($51,8 \pm 7,0$ vs. $35,0 \pm 7,2$). Os sujeitos com excesso de peso ($n=13$) exibem maior DMO para o corpo total ($1,097 \pm 0,106$ vs. $0,926 \pm 0,099$) e regiões específicas que os normoponderais ($n=27$), exceto para os membros superiores ($0,721 \pm 0,037$ vs. $0,735 \pm 0,038$). **Conclusão:** O excesso de tecido gordo poderá ter um efeito osteogénico devido ao acréscimo de carga corporal total sobre o sistema esquelético.

Palavras-chave: densidade óssea, atividade física, composição corporal, sedentarismo;

INTRODUÇÃO

A obesidade infantil é um problema crescente à escala global. Em 2019, cerca de 29,6% e 12% das crianças portuguesas apresentavam excesso de peso e obesidade, respetivamente (Bergh *et al.*, 2019). Em adultos (Bakker *et al.*, 2003; Rocher, 2008), o excesso de peso está associado a um efeito protetor na osteoporose pelo aumento da densidade mineral óssea (DMO). Na infância, o sobrepeso tem sido relacionado a um risco aumentado de fraturas ósseas (Goulding *et al.*, 2002; Rocher *et al.*, 2008), embora alguns estudos apresentem a obesidade como tendo um efeito protetor sobre a DMO (Heany *et al.*, 2000; Leonard *et al.*, 2004). De facto, a relação entre o excesso de peso e a DMO em crianças são pouco consistentes ou até equívocos (Martínez-Mesa *et al.*, 2013). Alguns estudos verificaram que crianças com excesso de peso apresentavam um aumento (Heany *et al.*, 2003; Leonard *et al.*, 2004; Martínez-Mesa *et al.*, 2013) outros uma diminuição (Goulding *et al.*, 2003; Rocher *et al.*, 2008; Evensen, *et al.* 2018;), ou ainda valores semelhantes de DMO (Manzioni *et al.*, 1996; Hasanoglu *et al.*, 2000; Martínez-Mesa *et al.*, 2013;) quando está em causa a comparação entre jovens sobrepesados e normoponderais. Nesta linha de pesquisa, torna-se relevante apreciar a relação da massa corporal total com a DMO e também a composição corporal, ou seja, a relação entre o tecido gordo e o tecido magro mole, pois ambos parecem ter relação positiva com a DMO (Gnudi, *et al.*, 2007). A DMO do colo femoral tem sido usada por vários autores como indicador de desenvolvimento e saúde óssea em crianças (El Hage *et al.*, 2011; Kang *et al.*, 2016, Alghadir *et al.*, 2018); tendo-se demonstrado que a DMO e o conteúdo mineral ósseo do colo do fêmur atingiram um *plateau* (tecto) autonomamente à coluna lombar e corpo inteiro (Kang *et al.* 2016). Este estudo pretende estudar a influência do excesso de peso na DMO do corpo inteiro, e regiões específicas do esqueleto e do Fémur proximal em comparação com sujeitos jovens normoponderais.

MÉTODOS

Os participantes do presente estudo observacional transversal foram recrutados, voluntariamente, em agrupamentos escolares na região do Algarve. O estudo foi conduzido de acordo com as recomendações da declaração de Helsínquia para estudos humanos, tendo sido previamente aprovado pelo *Comissão de Ética da Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra* (CE / FCDEF-UC / 00172016). Todos os participantes foram informados sobre os objetivos, protocolo experimental e procedimentos do estudo e informados que a participação era voluntária e que poderiam abandonar o estudo a qualquer momento. O consentimento informado foi obtido junto dos pais ou responsáveis legais. As avaliações imagiológicas foram realizadas num laboratório de imagiologia acreditado, por um único técnico qualificado.

Amostra

A amostra foi constituída por 39 adolescentes masculinos escolares com idades compreendidas entre os 12 e os 16 anos. Foram considerados os seguintes critérios de inclusão: (i) sexo masculino; (ii) idade cronológica inferior a 16 anos; (iii) sem qualquer prática desportiva federada à data do início da recolha dos dados ou nos últimos três anos. Quanto aos critérios de exclusão foram considerados: (i) fraturas prévias de ossos longos ou qualquer cirurgia que leve à imobilização por um período superior a 6 meses; (ii) patologias metabólicas que inferem com o tecido ósseo e composição corporal, como por exemplo diabetes; (iii) ter realizado ou estar a realizar qualquer tipo de terapia farmacológica que interfira no metabolismo ósseo; (iv) ter experimentado fraturas de ossos longos ou imobilização prolongada recente. Foram definidos dois grupos de estudo: normoponderais (n=26) e com excesso de peso (n=13); de acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS, 2021).

Antropometria

Os procedimentos antropométricos foram realizados de acordo com os procedimentos standardizados (Lohman *et al.*, 1988; Malina *et al.*, 2004). Resumidamente, os sujeitos foram pesados com o mínimo de roupa possível e sem calçado com os resultados aproximados a 0,1 Kg, utilizando-se uma balança (Tanita BC610). Para a estatura foi utilizado um estadiómetro com medição aproximada a 0,1 cm (Estadiómetro portátil Seca 213 com nivelador integrado (Ref. SA 213.172.1009)) de acordo com os procedimentos standardizados.

Absorciometria de raios-X de dupla energia

Foi utilizado um absorciómetro de raios-X de dupla energia (GE Lunar Prodigy, software v.11,03), conforme descrito nos estudos precedentes da presente tese. Foram retidos para análise parâmetros idênticos de aquisição em diferentes regiões, considerando-se CMO, DMO, tecido gordo e tecido magro mole. As regiões de interesse foram posicionadas manualmente de acordo com as orientações da ISCD (The International Society for Clinical Densitometry, 2014).

Questionário de frequência alimentar

A informação da ingestão alimentar foi recolhida usando um questionário de frequência alimentar (QFA) proposto por Willet (2013), adaptado e validado para a população portuguesa (Lopes, 2000 e Lopes, 2007).

Análise dos dados

Foi determinada a estatística descritiva (média, desvio padrão) e utilizou-se o teste de *t* de *student* para amostras independentes para comparar as médias entre sujeitos normoponderais ($n=26$) e com excesso de peso ($n=13$). O tamanho de efeito das comparações entre grupos foi estimado pelo *d*-Cohen interpretado da seguinte forma (Hopkins *et al.*, 2009): <0.2 (trivial), $0.2 \leq d < 0.6$ (pequeno), $0.6 \leq d < 1.2$

(moderado), $1.2 \leq d < 2.0$ (forte), $2.0 \leq d < 4.0$ (muito forte). A análise estatística foi conduzida no programa IBM *Statistical Package for Social Sciences* (SPSS), versão 27.0 (SPSS, Inc., Chicago, Illinois, EUS) e o software GraphPad Prism (GraphPad Software, Inc., La Jolla, CA, USA) com o nível de significância estabelecido nos 5 %.

RESULTADOS

A Tabela 4.1 apresenta as características dos participantes do estudo relativamente à categoria de IMC (normoponderal ou excesso de peso). O grupo de adolescentes com excesso de peso apresentou uma média da idade cronológica superior ao grupo normoponderal (sobrepesados: $14,5 \pm 0,8$ anos, normoponderais: $13,9 \pm 0,9$, $p < 0,05$). Não foram encontradas diferenças na ingestão de proteína, vitamina D, cálcio e magnésio entre os dois grupos. Adicionalmente, a mesma tabela apresenta valores para o tecido gordo, tecido magro mole e conteúdo mineral ósseo (CMO), avaliado por DXA, no corpo todo e seccionado. Comparando com o grupo normoponderal, o grupo com excesso de peso apresenta valores significativamente mais elevados de tecido gordo, tecido magro mole e CMO em todas as localizações anatómicas avaliadas, exceto para os membros superiores no caso do tecido magro mole onde não se verificaram diferenças entre grupos. Quanto à DMO para o corpo inteiro, os resultados obtidos seguem a mesma tendência dos resultados descritos anteriormente, isto é, valores superiores para os sobrepesados. A Figura 4.1 ilustra as variações de DMO de acordo com o estado nutricional (normoponderais vs. Excesso de peso) após ajuste para a idade cronológica, estatura e ingestão diária de vitamina D e cálcio. Os sujeitos com excesso de peso apresentam valores significativamente mais elevados de DMO para o corpo todo (+16,4%, $d=1,56$, $t=-4,846$; $p < 0,01$), tronco [+16,4%, $d=1,58$, $t=-4,841$; $p < 0,01$] e membros inferiores (+14,8%, $d=3,49$, $t=-5,798$, $p < 0,01$), em comparação com os sujeitos normoponderais. No que respeita ao Fémur proximal, observaram-se valores significativamente mais elevados para os sobrepesados em todas as localizações analisadas: Colo do fémur do fémur (normoponderais: $0,951 \pm 0,141$ g.cm⁻²; sobrepesados: $1,122 \pm 0,063$ g.cm⁻², $p < 0,01$), trocânter (normoponderais: $0,813 \pm 0,117$ g.cm⁻²; sobrepesados: $1,036 \pm 0,071$ g.cm⁻², $p < 0,01$), diáfise (normoponderais: $1,097 \pm 0,140$ g.cm⁻²; sobrepesados: $1,181 \pm 0,090$ g.cm⁻², $p < 0,05$), triângulo de Ward (normoponderais: $0,932 \pm 0,106$ g.cm⁻²; sobrepesados: $1,162 \pm 0,055$ g.cm⁻², $p < 0,01$).

Tabela 4.1.: Estatística descritiva para cada um dos grupos de adolescentes escolares (normopoderais e sobrepesados) e teste de igualdade de médias.

Yi: variável dependente	Unidade medida	X: estatuto nutricional		t-student		Magnitude efeitos	
		Normopoderais (n=26)	Sobrepesados (n=13)	t	p	d	(qualitativo)
Idade cronológica	anos	13,9±0,9	14,5±0,8	-2,230	0,026	0,66	pequeno
Ingestão energética	Kcal/dia	3413±672	4393±1041	-3,558	0,001	1,24	moderado
Proteína	(%VET)	31,7±26,7	46,6±26,6	-1,641	0,113	0,57	trivial
Vitamina D	mg	5,0±1,3	5,0±1,6	-0,040	0,970	0,00	trivial
Cálcio	mg	1230±303	1284,8±192,8	-0,683	0,499	0,28	trivial
Magnésio	mg	488±84	550±96	-1,986	0,060	0,65	pequeno
Estatura	cm	162,2±16,5	160,7±17,0	-0,418	0,681	0,09	trivial
Massa corporal	Kg	47,7±9,8	70,6±9,5	-6,992	<0,001	2,41	muito grande
Tecido Gordof†							
Corpo todo	Kg	18,2±3,9	27,0±3,7	-6,992	<0,001	2,38	muito grande
Tronco	Kg	5,7±3,3	13,0±3,5	-6,242	<0,001	2,09	muito grande
M. superiores	Kg	1,9±0,1	1,9±0,1	0,846	0,034	0,00	trivial
M. inferiores	Kg	6,3±0,6	7,4±0,3	0,005	<0,001	3,56	muito grande
Tecido Magro Mole†							
Corpo todo	Kg	35,0±7,2	51,8±7,0	0,743	<0,001	2,40	muito grande
Tronco	Kg	14,0±6,4	28,2±6,7	0,818	<0,001	2,12	muito grande
M. superiores	Kg	3,0±0,2	3,0±0,2	0,853	0,314	0,00	trivial
M. inferiores	Kg	4,8±0,5	5,6±0,2	-5,796	<0,001	3,81	muito grande
CMO †							
Corpo todo	g	1347±55	1450±102	-4,082	<0,001	1,01	pequeno
Tronco	g	377 ± 15	406 ± 28	-3,362	<0,001	0,97	pequeno
M. superiores	g	175±34	192±31	-1,527	0,135	0,56	trivial
M. inferiores	g	744±2	748±1	-6,864	<0,001	2,60	muito grande
DMO †							
Corpo todo	g.cm ⁻²	0,926±0,099	1,097±0,106	-4,846	<0,001	1,56	moderado
Tronco	g.cm ⁻²	0,852±0,091	1,010±0,098	-4,841	<0,001	1,58	moderado
M. superiores	g.cm ⁻²	0,735±0,038	0,721±0,037	1,034	0,311	0,35	trivial
M. inferiores	g.cm ⁻²	1,084±0,106	1,265±0,052	-5,798	<0,001	3,49	muito grande
Fémur proximal†							
Colo do fémur	g.cm ⁻²	0,951 ± 0,141	1,122 ± 0,063	-4,137	<0,001	2,73	muito Grande
Trocânter	g.cm ⁻²	0,813 ± 0,117	1,036 ± 0,071	-7,351	<0,001	3,13	muito Grande
Diáfise	g.cm ⁻²	1,097 ± 0,140	1,181 ± 0,090	-2,246	0,031	0,92	pequeno
Triângulo Ward	g.cm ⁻²	0,932 ± 0,106	1,162 ± 0,055	-0,062	<0,001	3,75	muito grande

† (dados obtidos por DXA)

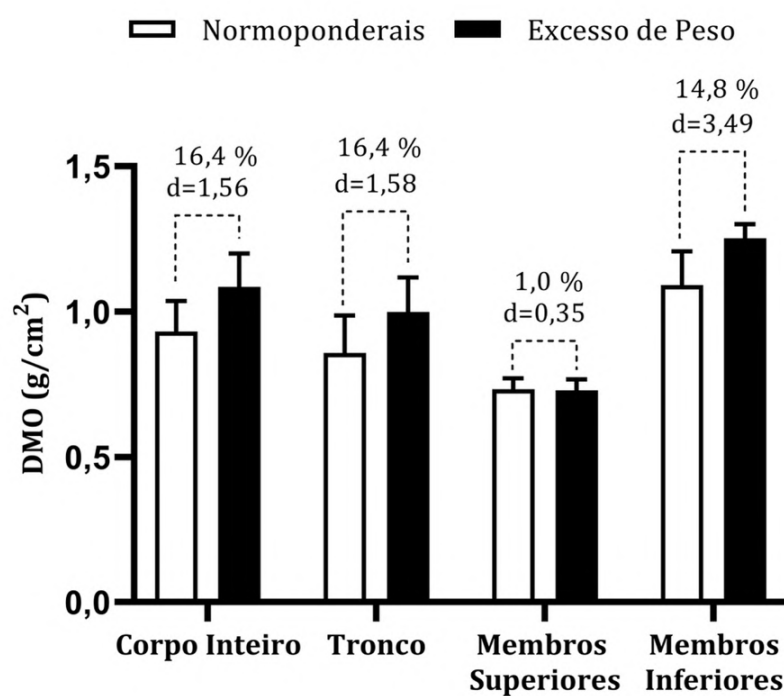


Figura 4.1.: Densidade mineral óssea (DMO) em participantes normoponderal (barras brancas) e com excesso de peso (barras pretas). Os dados são apresentados como médias marginais estimadas \pm desvio padrão, ajustadas para a idade cronológica, estatura e ingestão diária de vitamina D e cálcio (modelos MANCOVA). d; d Cohen.

DISCUSSÃO

O presente estudo avaliou 39 rapazes adolescentes, sendo 26 normoponderais e 13 classificados com excesso de peso, todos a frequentarem estabelecimentos de ensino no Algarve. Foi possível evidenciar valores médios superiores de CMO e DMO para todo o corpo e consistentemente para as várias regiões do esqueleto em relação aos sujeitos normoponderais, menos para os membros superiores. O grupo com excesso de peso também apresentou valores superiores de tecido magro mole, comparativamente com o grupo normoponderal. Portanto, a carga adicional nos indivíduos com excesso de peso poderá ser o mecanismo responsável pela resposta das células ósseas, sendo também necessário um acréscimo de massa não gorda para vencer a inércia do peso todo e o tecido ósseo acaba por ser sujeito a maior vizinhança de massa gorda e massa muscular.

O tecido magro mole e o tecido gordo, parecem estar associados a um aumento do CMO e DMO em sujeitos com excesso de peso indo ao encontro de outros estudos (Streeter *et al.*, 2013; Winther *et al.*, 2018). O excesso de tecido gordo está associado ao aumento do CMO e DMO devido ao seu efeito de acréscimo de massa corporal total sobre o esqueleto, o que resulta num efeito osteogénico em sujeitos jovens (Dimitri *et al.*, 2012). Por sua vez, o aumento do tecido magro mole está positivamente associado a um aumento do CMO e DMO por efeito de tensão muscular exercida no sistema osteo-articular (Schoenau *et al.*, 2004; Leonard *et al.*, 2004; Winther *et al.*, 2018). Estes dados em conjunto, poderão explicar os valores obtidos de CMO e DMO nos adolescentes escolares com excesso de peso, pois estes, exibem valores de ambos tecido magro mole e tecido adiposo superiores ao grupo normoponderal.

O excesso de peso e a obesidade na infância e adolescência tem aumentado em todo o mundo nas últimas três décadas a nível global, afetando o processo de crescimento e desenvolvimento dos sujeitos, e quando estes persistem até à idade adulta, o risco de desenvolver doenças crónicas aumenta significativamente (WHO, 2019). No que respeita ao excesso de peso nas décadas iniciais de vida, os dados disponíveis carecem ainda de estudos sobre a influência do mesmo sobre a DMO dos sujeitos, (Janicka *et al.*, 2007; Streeter, 2013; Fintini *et al.*, 2020;), mas a tendência

parece ser que este contribui para um aumento da DMO na infância e adolescência (Rizzoli *et al.*, 2010) e conseqüentemente um PMO na vida adulta conferindo um acréscimo protetor aquando do seu declínio (Evensen *et al.*, 2018). No estudo realizado, o grupo com excesso de peso apresenta uma maior DMO para o corpo todo, para o tronco e para os membros inferiores, confirmando estudos semelhantes em sujeitos jovens com excesso de peso (Streeter *et al.*, 2013; Evensen *et al.*, 2018; Winther *et al.*, 2018;). Para os membros superiores não se verificaram diferenças entre os grupos. Este é um resultado interessante, na medida em que uma menor DMO parece estar associada a um aumento na taxa de fraturas de extremidades superiores em crianças com obesidade (Goulding *et al.*, 2001; Dimitri *et al.*, 2012; Fintini *et al.*, 2020)

Estudos realizados em adultos com excesso de peso demonstraram resultados inversos, ou seja, uma diminuição da DMO para o corpo todo (Kim., *et al.*, 2019). O acréscimo da DMO nas fases iniciais da vida, poderá apenas ser vantajoso se esses mesmos sujeitos se mantiverem com excesso de peso na vida adulta, faltando o estudo de *follow-up*. Aquando da formação completa do esqueleto, o excesso de peso pode estar associado a maior deposição de gordura em regiões específicas como é o caso da região lombar e pélvis, parecendo ser a um fator protetor para fraturas nesta localização (Dimitri *et al.*, 2012), sendo descrito como o paradoxo da obesidade em relação à DMO (Streeter *et al.*, 2013; Fintini *et al.*, 2020).

Apesar deste estudo não incluir sujeitos jovens com fraturas de ossos longos, o facto de ambos os grupos possuírem uma DMO semelhante para os membros superiores, poderá ser indicativo que o excesso de peso não será protetor do esqueleto nos membros superiores dada a elevada incidência de fraturas nesta região em sujeitos com excesso de peso por comparação com sujeitos aos normopodenrais (Goulding *et al.*, 2001; Dimitri *et al.*, 2012;), uma vez que o membro superior é usado como defesa no momento da queda, e portanto suportará a carga da massa corporal destes sujeitos.

Acredita-se que excesso de peso no esqueleto que promove a atividade dos osteoblastos mecanicamente sensíveis, durante as décadas iniciais de vida (Wang & Seeman, 2008), sendo que os membros superiores ao contrário dos membros

inferiores não são influenciados positivamente por esta carga mecânica resultante da massa corporal total. A adiposidade corporal no seu conjunto representa uma carga mecânica benéfica para a mineralização óssea (Streeter *et al.*, 2013) e neste contexto, a qualidade e a estrutura óssea resultam do equilíbrio dos estímulos inflamatórios e mecânicos, não esquecendo que, a alimentação, a atividade física e o ambiente hormonal na puberdade desempenham um papel fundamental nesse equilíbrio (Fintini *et al.*, 2020). Tendo em conta estes fatores é ainda de salientar que um excesso de adiposidade em sujeitos masculinos jovens está associado um *onset* e um estado pubertário mais avançado (Marcovecchio & Chiarelli, 2013), o que também poderá ter contribuído para uma maior DMO neste grupo, consequência de uma maturação mais elevada.

Em relação às regiões específicas do Fémur proximal, o grupo com excesso de peso apresenta valores superiores significativos para todas as regiões (Colo do fémur, trocânter), com especial incidência para o triângulo de Ward. Os fatores nutricionais, nomeadamente micronutrientes que influenciam positivamente a atividade osteoclástica, como o Cálcio, Vitamina D e Magnésio, não foi significativa entre grupos. No entanto, este aumento poderá também ser explicado pela idade, início da maturação (Gou *et al.*, 2019), que é ligeiramente mais elevada no grupo com excesso de peso, bem como pela maior quantidade de tecido gordo (Gou *et al.*, 2019; Julian *et al.*, 2021). Em crianças com excesso de peso é frequente ocorrer inadequação nutricional para alguns micronutrientes (Rizzoli *et al.*, 2010; Fintini *et al.*, 2020), contudo não se verificou neste estudo, o que se pode dever ao padrão alimentar mediterrânico praticado na região do algarve (Mateus & Graça, 2014). De acordo com Mateus e colaboradores a adesão ao Padrão Alimentar Mediterrânico de jovens algarvios, entre os onze e os dezasseis anos de idade, que frequentavam as escolas do ensino público regular, de acordo com os níveis de adesão estabelecidos pelo *Mediterranean Diet Quality Index for children and adolescents* (KIDMED), foi de 52,5% para o nível “alta adesão”, 42% para “adesão intermédia” e 5,5% para “baixa adesão”, não se verificando diferenças entre os níveis de adesão ao KIDMED nas categorias de IMC dos jovens analisados. A ingestão adequada de cálcio e outros micronutrientes como a vitamina D e o magnésio por via alimentar, parecem ter um efeito osteogénico superior (Courteix & Jaffre, 2005) do que quando

usados em suplementação isoladamente, podendo também contribuir positivamente para o aumento da DMO verificado neste estudo (Vatanparast, *et al.*, 2010; Alghadir *et al.*, 2018).

Este estudo apresenta algumas limitações. O tamanho da amostra, a idade inferior do grupo controle são as principais limitações deste estudo. Outras limitações devem ser reconhecidas, sendo a primeira o desenho do estudo, pois não permite concluir se o efeito observado em adolescentes com excesso de peso é devido somente à carga mecânica adicional, ou a fatores internos (ou seja, hormonais) ou externos (ou seja, desequilíbrio de energético e nutricional). Não obstante, a pesquisa permitiu observar valores aumentados de DMO em jovens com excesso de peso em relação aos seus pares normoponderais.

CONCLUSÃO

O excesso de peso parece influenciar diretamente a DMO em todo o esqueleto, com exceção dos membros superiores, o que poderá estar relacionado com a ausência de carga nos mesmos, o que não se verifica nos membros inferiores que têm de suportar maior inércia, exigindo mais força e mais massa muscular. A ingestão de cálcio, ainda que não significativa, também foi ligeiramente superior nos sujeitos com excesso de peso.

Referências

Alghadir, A. H., Gabr, S. A., & Rizk, A. A. (2018). Physical Fitness, Adiposity, and Diets as Surrogate Measures of Bone Health in Schoolchildren: A Biochemical and Cross-Sectional Survey Analysis. *Journal of clinical densitometry: the official journal of the International Society for Clinical Densitometry*, 21(3), 406–419. <https://doi.org/10.1016/j.jocd.2017.12.006>

Alpizar, M. et al. (2020) 'Fat Mass Index (FMI) as a Trustworthy Overweight and Obesity Marker in Mexican Pediatric Population', *Children*, 7(3), p. 19. doi: 10.3390/children7030019.

Bakker, I., Twisk, J. W., Van Mechelen, W., & Kemper, H. C. (2003). Fat-free body mass is the most important body composition determinant of 10-yr longitudinal development of lumbar bone in adult men and women. *The Journal of clinical endocrinology and metabolism*, 88(6), 2607–2613. <https://doi.org/10.1210/jc.2002-021538>

Bergh IH, Kelleher C, Yardim N, Pudule I, Petrauskiene A, Duleva V, Sjöberg A, Gualtieri A, Hassapidou M, Hyska J, Burazeri G, Petrescu CH, Heinen M, Takacs H, Zamrazilová H, Bosi TB, Sacchini E, Pagkalos I, Cucu A, Nardone P, Gately P, Williams J, Breda J. Prevalence of Severe Obesity among Primary School Children in 21 European Countries. *Obes Facts*. 2019;12(2):244-258. doi: 10.1159/000500436

Bergh, C., Pinborg, A., & Wennerholm, U. B. (2019). Parental age and child outcomes. *Fertility and sterility*, 111(6), 1036–1046. <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2019.04.026>

Courteix, D. and Jaffre, C. (2005) 'Cumulative effects of calcium supplementation and physical activity on bone accretion in premenarchal children: a double-blind randomised placebo-controlled trial', *Journal of Sports Science*. <https://www.thieme-connect.com/ejournals/abstract/10.1055/s-2004-821040>

de Groot, C. J., van den Berg, A., Ballieux, B., Kroon, H. M., Rings, E., Wit, J. M., & van den Akker, E. (2017). Determinants of Advanced Bone Age in Childhood Obesity. *Hormone research in paediatrics*, 87(4), 254–263. <https://doi.org/10.1159/000467393>

Dimitri, P., Bishop, N., Walsh, J. S., & Eastell, R. (2012). Obesity is a risk factor for fracture in children but is protective against fracture in adults: a paradox. *Bone*, 50(2), 457–466. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2011.05.011>

El Hage, R., Moussa, E., El Hage, Z., Theunynck, D., & Jacob, C. (2011). Influence of age and morphological characteristics on whole body, lumbar spine, femoral neck and 1/3 radius bone mineral apparent density in a group of Lebanese adolescent boys. *Journal of bone and mineral metabolism*, 29(4), 477–483. <https://doi.org/10.1007/s00774-010-0246-4>

Ellis, K. J., Shypailo, R. J., Wong, W. W., & Abrams, S. A. (2003). Bone mineral mass in overweight and obese children: diminished or enhanced? *Acta diabetologica*, 40 Suppl 1, S274–S277. <https://doi.org/10.1007/s00592-003-0085-z>

Evensen, E., Skeie, G., Wilsgaard, T., Christoffersen, T., Dennison, E., Furberg, A. S., Grimnes, G., Winther, A., & Emaus, N. (2018). How Is Adolescent Bone Mass and Density Influenced by Early Life Body Size and Growth? The Tromsø Study: Fit Futures-A Longitudinal Cohort Study from Norway. *JBMR plus*, 2(5), 268–280. <https://doi.org/10.1002/jbm4.10049>

Fintini, D., Cianfarani, S., Cofini, M., Andreoletti, A., Ubertini, G. M., Cappa, M., & Manco, M. (2020). The Bones of Children with Obesity. *Frontiers in endocrinology*, 11, 200. <https://doi.org/10.3389/fendo.2020.00200>

Fung, E. B., Bachrach, L. K. and Sawyer, A. J. (2016) Bone Health Assessment in Pediatrics - *Guidelines for Clinical Practice*. 2nd edn. Springer. doi: 10.1007/978-3-319-30412-0.

Gnudi, S., Sitta, E., & Fiumi, N. (2007). Relationship between body composition and bone mineral density in women with and without osteoporosis: relative contribution of lean and fat mass. *Journal of bone and mineral metabolism*, 25(5), 326–332. <https://doi.org/10.1007/s00774-007-0758-8>

Gou, G. H., Tseng, F. J., Wang, S. H., Chen, P. J., Shyu, J. F., & Pan, R. Y. (2019). Nutritional factors associated with femoral neck bone mineral density in children and adolescents. *BMC musculoskeletal disorders*, 20(1), 520. <https://doi.org/10.1186/s12891-019-2901-9>

Goulding, A., Taylor, R. W., Jones, I. E., McAuley, K. A., Manning, P. J., & Williams, S. M. (2000). Overweight and obese children have low bone mass and area for their weight. *International journal of obesity and related metabolic disorders: journal of the International Association for the Study of Obesity*, 24(5), 627–632. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0801207>

Goulding, A., Jones, I. E., Taylor, R. W., Williams, S. M., & Manning, P. J. (2001). Bone mineral density and body composition in boys with distal forearm fractures: a dual-energy x-ray absorptiometry study. *The Journal of pediatrics*, 139(4), 509–515. <https://doi.org/10.1067/mpd.2001.116297>

Hasanoğlu, A., Bideci, A., Cinaz, P., Tümer, L., & Unal, S. (2000). Bone mineral density in childhood obesity. *Journal of pediatric endocrinology & metabolism: JPEM*, 13(3), 307–311. <https://doi.org/10.1515/JPEM.2000.13.3.307>

Heaney, R. P., Abrams, S., Dawson-Hughes, B., Looker, A., Marcus, R., Matkovic, V., & Weaver, C. (2000). Peak bone mass. *Osteoporosis international: a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*, 11(12), 985–1009. <https://doi.org/10.1007/s001980070020>

Hopkins, W., Marshall, S. and Batterham, S. (2009) 'Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science', and *Science in Sports and Exercise*, 1(41), pp. 3–13.

Janicka, A., Wren, T. A., Sanchez, M. M., Dorey, F., Kim, P. S., Mittelman, S. D., & Gilsanz, V. (2007). Fat mass is not beneficial to bone in adolescents and young adults. *The Journal of clinical endocrinology and metabolism*, 92(1), 143–147. <https://doi.org/10.1210/jc.2006-0794>

Julian, V., O'Malley, G., Metz, L., Weghuber, D., Courteix, D., Fillon, A., Boirie, Y., Duclos, M., Pereira, B., & Thivel, D. (2021). Does the severity of obesity influence bone density, geometry and strength in adolescents? *Pediatric obesity*, e12826. Advance online publication. <https://doi.org/10.1111/ijpo.12826>

Kang, M. J., Hong, H. S., Chung, S. J., Lee, Y. A., Shin, C. H., & Yang, S. W. (2016). Body composition and bone density reference data for Korean children, adolescents, and young adults according to age and sex: results of the 2009-2010 Korean National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES). *Journal of bone and mineral metabolism*, 34(4), 429–439. <https://doi.org/10.1007/s00774-015-0686-y>

Kim, D. H., Lim, H., Chang, S., Kim, J. N., Roh, Y. K., & Choi, M. K. (2019). Association between Body Fat and Bone Mineral Density in Normal-Weight Middle-Aged Koreans. *Korean journal of family medicine*, 40(2), 100–105. <https://doi.org/10.4082/kjfm.17.0082>

Leonard, M. B., Shults, J., Wilson, B. A., Tershakovec, A. M., & Zemel, B. S. (2004). Obesity during childhood and adolescence augments bone mass and bone dimensions. *The American journal of clinical nutrition*, 80(2), 514–523. <https://doi.org/10.1093/ajcn/80.2.514>

Lohman, T., Roche, A., & Reinaldo, M. (1988). *Anthropometric standardization reference manual*. Champaign Human Kinetics Books.

Lopes, C., Aro, A., Azevedo, A., Ramos, E., & Barros, H. (2007). Intake and adipose tissue composition of fatty acids and risk of myocardial infarction in a male Portuguese community sample. *Journal of the American Dietetic Association*, 107(2), 276–286. <https://doi.org/10.1016/j.jada.2006.11.008>

Lopes C. Reprodutibilidade e Validação de um questionário semi-quantitativo de frequência alimentar. In: Alimentação e enfarte agudo do miocárdio: um estudo caso-controlo de base populacional. Tese de Doutoramento. Universidade do Porto 2000. p.79-115

Malina, R.M., Bouchard, C., and Bar-Or, O., 2004. *Growth, Maturation and Physical Activity*, ISBN 9780880118828, 2nd Edition, (Champaign, IL: Human Kinetics).

Manzoni, P., Brambilla, P., Pietrobelli, A., Beccaria, L., Bianchessi, A., Mora, S., & Chiumello, G. (1996). Influence of body composition on bone mineral content in children and adolescents. *The American journal of clinical nutrition*, 64(4), 603–607. <https://doi.org/10.1093/ajcn/64.4.603>

Marcovecchio, M. L., & Chiarelli, F. (2013). Obesity and growth during childhood and puberty. *World review of nutrition and dietetics*, 106, 135–141. <https://doi.org/10.1159/000342545>

Martínez-Mesa, J., Restrepo-Méndez, M. C., González, D. A., Wehrmeister, F. C., Horta, B. L., Domingues, M. R., & Menezes, A. M. (2013). Life-course evidence of birth weight effects on bone mass: systematic review and meta-analysis. *Osteoporosis international: a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*, 24(1), 7–18. <https://doi.org/10.1007/s00198-012-2114-7>

Mary B Leonard, Justine Shults, Brenda A Wilson, Andrew M Tershakovec, Babette S Zemel, Obesity during childhood and adolescence augments bone mass and bone

dimensions, *The American Journal of Clinical Nutrition*, Volume 80, Issue 2, August 2004, Pages 514–523, <https://doi.org/10.1093/ajcn/80.2.514>

Palma M., Graça P., 2014. Adesão ao padrão alimentar mediterrânico em jovens no algarve – *Estilos de Vida Alimentação e Saúde*. Acedido a 2 de agosto de 2021 em <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/73705/2/92753.pdf>

Rizzoli, R. et al. (2010) ‘Maximizing bone mineral mass gain during growth for the prevention of fractures in the adolescents and the elderly’, *Bone*. Elsevier Inc., 46(2), pp. 294–305. doi: 10.1016/j.bone.2009.10.005.

Rizzoli, R. et al. (2010) ‘Maximizing bone mineral mass gain during growth for the prevention of fractures in the adolescents and the elderly’, *Bone*. Elsevier Inc., 46(2), pp. 294–305. doi: 10.1016/j.bone.2009.10.005

Rocher, E., Chappard, C., Jaffre, C., Benhamou, C. L., & Courteix, D. (2008). Bone mineral density in prepubertal obese and control children: relation to body weight, lean mass, and fat mass. *Journal of bone and mineral metabolism*, 26(1), 73–78. <https://doi.org/10.1007/s00774-007-0786-4>

Schoenau, E., Neu, M. C., & Manz, F. (2004). Muscle mass during childhood--relationship to skeletal development. *Journal of musculoskeletal & neuronal interactions*, 4(1), 105–108.

Schoenau, E., Neu, M. C., & Manz, F. (2004). Muscle mass during childhood--relationship to skeletal development. *Journal of musculoskeletal & neuronal interactions*, 4(1), 105–108.

Streeter, A. J., Hosking, J., Metcalf, B. S., Jeffery, A. N., Voss, L. D., & Wilkin, T. J. (2013). Body fat in children does not adversely influence bone development: a 7-year longitudinal study (EarlyBird 18). *Pediatric obesity*, 8(6), 418–427. <https://doi.org/10.1111/j.2047-6310.2012.00126.x>

Tenforde, A. S., & Fredericson, M. (2011). Influence of sports participation on bone health in the young athlete: a review of the literature. *PM & R : the journal of injury, function, and rehabilitation*, 3(9), 861–867. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2011.05.019>

Vatanparast, H. et al. (2010) 'Calcium requirements for bone growth in Canadian boys and girls during adolescence', *British Journal of Nutrition*, 103(4), pp. 575–580. doi: 10.1017/S0007114509992522.

Vatanparast, H., Bailey, D. A., Baxter-Jones, A. D., & Whiting, S. J. (2010). Calcium requirements for bone growth in Canadian boys and girls during adolescence. *The British journal of nutrition*, 103(4), 575–580. <https://doi.org/10.1017/S0007114509992522>

Wang, Q. and Seeman, E. (2008) 'Skeletal growth and peak bone strength', *Best Practice and Research: Clinical Endocrinology and Metabolism*. Elsevier Ltd, 22(5), pp. 687–700. doi: 10.1016/j.beem.2008.07.008.

WHO (2019) Mapping the health system response to childhood obesity in the WHO European Region - An overview and country perspectives, *WHO Reports*. Copenhagen. Available at: <https://www.euro.who.int/en/health-topics/disease-prevention/nutrition/publications/2019/mapping-the-health-system-response-to-childhood-obesity-in-the-who-european-region.-an-overview-and-country-perspectives-2019>.

Winther, A., Jørgensen, L., Ahmed, L. A., Christoffersen, T., Furberg, A. S., Grimnes, G., Jorde, R., Nilsen, O. A., Dennison, E., & Emaus, N. (2018). Bone mineral density at the hip and its relation to fat mass and lean mass in adolescents: the Tromsø Study, Fit Futures. *BMC musculoskeletal disorders*, 19(1), 21. <https://doi.org/10.1186/s12891-018-1933-x>

World Health Organization (2021) *BMI - Body Mass Index, Nutrition for Health and Development*. <https://www.euro.who.int/en/health-topics/disease-prevention/nutrition/a-healthy-lifestyle/body-mass-index-bmi> (Accessed: 20 July 2021).

World Health Organization (2021) BMI - Body Mass Index, Nutrition for Health and Development. <https://www.euro.who.int/en/health-topics/disease-prevention/nutrition/a-healthy-lifestyle/body-mass-index-bmi> (Accessed: 20 July 2021)

CAPÍTULO V

ESTUDO IV

CAPÍTULO V

ESTUDO 4:

5. MATURAÇÃO ÓSSEA E VARIAÇÃO DO CONTEÚDO MINERAL ÓSSEO

RESUMO

Objectivo: Verificar se a maturação esquelética pode prever e correlacionar com o CMO, DMO e composição corporal;

Metodologia: Foram obtidas radiogramas da mão e punho esquerdos e determinou-se a idade óssea através do métodos de Tanner-Whitehouse 3 (TW3). O CMO, DMO e composição corporal foram obtidos por DXA de corpo-total. Além destes foram obtidas medidas antropométricas simples, como estatura e massa corporal. A análise estatística foi feita descritivamente e através de Coeficientes de correlação bivariada simples.

Resultados: As associações entre os indicadores do tecido ósseo, tanto CMO como DMO aumentam com o aumento da idade óssea e cronológica, mas sem significado estatístico. O tecido magro mole também é maior em indivíduos com maior rácio IO/IC, portanto verifica-se um pequeno aumento da mesma para indivíduos com IO no tercil mais elevado

Conclusão: Existe uma relação positiva da IO e IC com o CMO e DMO, bem como com o tecido magro mole, mas não significativo, não obstante parece existir uma relação interdinâmica que carece de estudos adicionais.

Palavras-chave: idade óssea, idade cronológica, conteúdo mineral ósseo, densidade mineral óssea, composição corporal.

Introdução

O interesse no desenvolvimento de crianças e adolescentes, gera a necessidade de uma maior compreensão dos princípios gerais do crescimento humano, maturação e desenvolvimento (Malina, 2003 & Bacil, *et al.*, 2015). A maturação biológica é um processo natural e altamente individualizado e variável (Malina, 2006), que ocorre em todos os tecidos, órgãos e sistemas do corpo humano (Malina *et al.*, 2015), é afetada por fatores interdependentes dentro de um ambiente em constante mudança (Bergeron *et al.*, 2015), principalmente coordenados pelo eixo hipotálamo-hipófise e gonadal (Malina & Rogol, 2011), mas também por fatores genéticos/epigenéticos, stress, interações psicossociais, ambientais e aporte calórico (Malina *et al.*, 2015). Desta forma dada a associação entre estes fatores, a idade tem um papel crucial neste processo (Figueiredo *et al.*, 2021). Os processos de maturação subjacentes sejam eles observados e/ou medidos, fornecem uma indicação do progresso maturacional (estado /status maturacional), ou seja, o nível de maturação à idade cronológica (IC) aquando da observação e o *timing* (Baxter-Jones, Jackowski, 2021 & Coelho-e-Silva, 2022), correspondente à ocorrência de determinado evento maturacional (Malina *et al.*, 2015). Os instrumentos usados para classificar a maturação biológica também diferem. A idade do pico de velocidade de crescimento tem sido muito usada, seguida da escala de desenvolvimento pubertal, percentual de altura adulta predita, estágios de Tanner e análise dos níveis de estradiol e maturação esquelética, ou idade óssea (IO) (Kemper *et al.*, 1997; Bacil, 2015; Malina *et al.*, 2015). A idade cronológica não é suficiente para dar resposta ao enquadramento do estágio de desenvolvimento em que se encontra uma criança ou um jovem, e nenhum destes métodos referidos pode ser considerado o *gold-standard*, no entanto, apenas a IO permite acompanhar o estado maturacional desde a infância até ao término da adolescência e, portanto, permite a avaliação durante todo este período, pois todos os outros estão limitados à puberdade/adolescência (Malina *et al.*, 2015). O indicador esquelético há várias décadas que é utilizado clinicamente, também em âmbito clínico e forense, mas alguns autores (Malina, 2006; Dvorak *et al.*, 2007; Engebretsen *et al.*, 2010;), têm defendido a consideração da idade óssea como determinante para outras aplicações, tais como selecção e monitorização de indivíduos ou agrupamentos de formação

desportiva (Müller, 2015; Malina *et al.*, 2017; Malina *et al.*, 2021). Paralelamente ao desenvolvimento geométrico ósseo durante as primeiras décadas de vida, ocorre também o acréscimo de massa óssea e o pico de massa óssea, estimando-se que pelos 18 a 20 anos de idade um indivíduo tenha atingido cerca de 90% da sua massa óssea total (Weaver *et al.*, 2016; Karlsson & Rosengren, 2020). Apesar do acréscimo de massa óssea ser o principal contribuidor para o pico de massa óssea (Malina *et al.*, 2015), variações de maturação e fatores externos podem afetar o osso e o seu desenvolvimento. Em adolescentes saudáveis a massa óssea e a densidade, aquando da maturação óssea, é inversamente proporcional ao *timing* da puberdade, ou seja quanto mais precoce o *onset* da puberdade, maiores os valores conteúdo mineral ósseo (CMO) e da densidade mineral óssea (DMO) avaliados por DXA, e portanto maior o pico de massa óssea (PMO) (Gilsanz *et al.*, 2011). No entanto, as variações naturais próprias do indivíduo no que respeita à velocidade de maturação sexual significam que ambos indivíduos que tenham uma maturação precoce ou tardia podem atingir um PMO idêntico (Specker & Minett, 2013), findando o desenvolvimento esquelético. Caso estes fatores não sejam controlados (como o caso da prática regular de atividade física e um aporte nutricional correto) (Moreno *et al.*, 2014; Constable *et al.*, 2021), um atraso no *onset* da puberdade resulta naturalmente num PMO mais baixo em relação a indivíduos com um desenvolvimento *on time* e *early* (Gilsanz, 2011), o que proporciona benefícios em curto e longo prazo à saúde cardiovascular, óssea (Scerpella *et al.*, 2018), muscular e psicológica de crianças e adolescentes (Gebremariam, 2012; Wang *et al.*, 2017). Não obstante, são escassos os estudos que relacionam o estado maturacional através da IO com a DMO e o CMO (Weaver, 2016; Malina, *et al.*, 2021), bem como de composição corporal, no entanto existe uma relação positiva entre a maturação e a massa magra mole (Pietrobelli, 2002; Ackerman, 2006; Jackowski, 2009; Ausili, 2012;) e a maturação biológica (Arabi, 2004; Gilsanz, 2011). O objetivo deste estudo é precisamente analisar relação da idade óssea como preditor da DMO e CMO, bem com clarificar a sua relação com a composição corporal, nomeadamente com o tecido magro mole e a massa magra através de DXA.

MÉTODOS

Os participantes do presente estudo observacional transversal foram recrutados, voluntariamente, em agrupamentos escolares na região do Algarve. O estudo foi conduzido de acordo com as recomendações da declaração de Helsínquia para estudos humanos, tendo sido previamente aprovado pelo *Comissão de Ética da Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra* (CE / FCDEF-UC / 00172016). Todos os participantes foram informados sobre os objetivos, protocolo experimental e procedimentos do estudo e informados que a participação era voluntária e que poderiam abandonar o estudo a qualquer momento. O consentimento informado foi obtido junto dos pais ou responsáveis legais. As avaliações imagiológicas foram realizadas num laboratório de imagiologia acreditado, por um único técnico qualificado.

Amostra

A amostra constituída por 115 sujeitos do género masculino, com idade cronológica compreendida entre os 12 e os 16 anos. Foram considerados os seguintes critérios de inclusão: (i) sexo masculino; (ii) idade cronológica inferior a 16 anos; (iii) sem qualquer prática desportiva federada à data do início da recolha dos dados ou nos últimos três anos. Quanto aos critérios de exclusão foram considerados: (i) fraturas prévias de ossos longos ou qualquer cirurgia que leve à imobilização por um período superior a 6 meses; (ii) patologias metabólicas que inferem com o tecido ósseo e composição corporal, como por exemplo diabetes; (iii) ter realizado ou estar a realizar qualquer tipo de terapia farmacológica que interfira no metabolismo ósseo; (iv) ter experimentado fraturas de ossos longos ou imobilização prolongada recente.

Idade óssea

A idade óssea foi determinada através de um exame radiológico da mão e punho esquerdo. A idade óssea foi determinada com recurso ao método de Tanner-Whitehouse 3 (TW3) (Grau & Klaus, 1975; Cox, 1996; Malina *et al.*, 2007). O equipamento utilizado foi o Siemens Axiom Aristos VX - modelo nº 1350S de radiologia convencional com 45 kVp, 6 mA. A dose de radiação efetiva aproximada para os sujeitos foi de 0,001 mGy.

Antropometria

Os procedimentos antropométricos foram realizados de acordo com os procedimentos estandardizados (Lohman *et al.*, 1988; Malina *et al.*, 2004). Resumidamente, os sujeitos foram pesados com o mínimo de roupa possível e sem calçado com os resultados aproximados a 0,1 Kg, utilizando-se uma balança (Tanita BC610). Para a estatura foi utilizado um estadiómetro com medição aproximada a 0,1 cm (Estadiómetro portátil Seca 213 com nivelador integrado (Ref. SA 213.172.1009)) de acordo com os procedimentos estandardizados.

Absorciometria de raios-X de dupla energia

Os *outcomes* primários foram conteúdos mineral ósseo, densidade mineral óssea, massa gorda e massa magra do corpo inteiro medidos por absorciometria radiológica de dupla energia (DXA). Foi utilizado um absorciómetro de raios-X de dupla energia (GE Lunar Prodigy, software v.11,03), conforme descrito nos estudos precedentes da presente tese. Foram retidos para análise parâmetros idênticos de aquisição em diferentes regiões, considerando-se CMO, DMO, tecido gordo e tecido magro mole. As regiões de interesse foram posicionadas manualmente de acordo com as orientações da *ISCD* (The Internatioanl Society for Clinical Densitometry - ISCD, 2014).

Análise dos dados

Foi usada estatística descritiva para caracterizar a totalidade da amostra. Foram usados modelos generalizados lineares para determinar diferenças significativas em termos de DMO de acordo com as variáveis de maturação óssea.

Para as análises descritivas, um nível de significância de 1% foi considerado tendo em conta análises múltiplas (Hopkins *et al.*, 2009). Para as restantes análises, o nível de significância considerado foi de 5%. As análises foram realizadas através do software Statistival Package for the Social Sciences, SPSS 26.0 (SPSS INC. 2011, Chicago, Illinois, USA) e o software GraphPad Prism (GraphPad Software, Inc., La Jolla, CA, USA).

Uma vez que as variáveis 'idade cronológica' e 'idade óssea' apresentam uma elevada correlação, foi criada a variável (IO/IC), ou seja, o rácio dado pela divisão da idade óssea com a idade cronológica, como variável independente para correlação com o DMO e composição corporal.

RESULTADOS

A Tabela 5.1 apresenta sumariamente as características da amostra do presente estudo composta por 115 adolescentes escolares com idade cronológica entre os 12,1 e os 15,8 anos, sendo mais estreitada do que a idade óssea que varia entre os 11,9 e os 16,5 anos. De acordo com a Tabela 5.2 a estatura surge com um coeficiente de correlação largo com a idade óssea ($r=0,517$) e apenas moderado com a idade cronológica ($r=0,397$). E quanto às componentes de massa corporal, ambas surgem mais fortemente associada à idade óssea do que à idade cronológica: massa gorda ($r=0,522$ com IO, associação larga; $r=0,491$ com IC, associação moderada), massa magra mole ($r=0,522$ com IO, associação larga; $r=0,491$, com IO, associação moderada). Quanto às associações entre os indicadores do tecido ósseo, tanto CMO como DMO, não surgem associados nem à idade óssea, nem à cronológica sendo os coeficientes triviais ou pequenos e sem significado estatístico. Considerando a razão IC/IO como indicador de cadência natural esquelética, este estabelece uma correlação de magnitude forte com a estatura ($r=0,559$) e pequena ou trivial com os demais indicadores morfológicos de tamanho corporal e composição incluindo os de tecido ósseo.

Tabela 5.1.: Estatística descritiva para a totalidade da amostra (n=115).

		Amplitude		Média	Desvio Padrão
		Mínimo	Máximo		
Idade cronológica	anos	12,14	15,75	14,05	0,934
Idade óssea	anos	11,90	16,05	14,27	1,08
Estatura	cm	126,6	183,7	162,13	11,02
Massa corporal	Kg	31,0	82,7	53,0	11,19
Tecido gordo	Kg	11,9	31,6	20,2	4,28
Tecido magro mole	Kg	22,7	60,7	38,9	8,22
Conteúdo Mineral ósseo	g	1254	1689	1439	108,32
Densidade Mineral Óssea	g.cm ⁻²	0,723	1,362	1,028	0,127

Tabela 5.2.: Coeficientes de correlação bivariada simples entre morfologia dada pelo tamanho e composição corporal incluindo conteúdo e densidade mineral óssea (n=115).

	Idade cronológica		Idade óssea		IO/IC	
	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>
Estatura	0,397	0,000	0,598	0,000	0,562	0,000
Massa corporal	0,484	0,000	0,517	0,000	0,211	0,024
Tecido gordo	0,491	0,001	0,522	0,000	0,210	0,024
Tecido magro mole	0,491	0,001	0,521	0,000	0,210	0,024
Conteúdo mineral ósseo	0,041	0,661	0,103	0,275	0,157	0,099
Densidade mineral óssea	0,150	0,109	0,161	0,086	0,076	0,421

IO/IC (rácio da idade óssea a dividir pela idade cronológica)

A Figura 5.1. resume um efeito significativo dos grupos criados pelos tercís de IO/IC ($F=18,253, p<0,001$), sendo os posicionados no primeiro tercís (G1) mais baixos que os posicionados entre o segundo tercís (G2) e o terceiro tercís (G3) e naturalmente também baixos que os posicionados acima do segundo tercís (G2): G1 versus G2 ($d=0,74$, isto é, efeito moderado, G1 versus G3 ($d=1,125$, efeito grande), sendo as diferenças de médias entre G2 e G3 de magnitude moderada ($d=0,72$). Mais ainda, na Figura 5.1, apesar do efeito de cadência maturacional não ser significativa sobre a massa corporal, as diferenças entre os grupos G1 e G3 mesmo sendo 5,4kg (g1: 50,7kg; G3: 56,1), o valor d para a magnitude dos efeitos é pequeno ($d=0,50$). Esta tendência de variação $G1<G2<G3$ mas de magnitude trivial ser pequena é consistentemente notada para as duas componentes da massa, conforme Figura 5.2, sendo para a tecido gordo e tecido magro mole o efeito da cadência maturacional testada a partir de grupos criados pelos tercís, sempre não significativa para a análise da variância. Finalmente, no que se refere ao CMO, os três grupos apresentam pontualmente diferenças de média de magnitude pequena entre G1 e G3 ($d=0,50$) e entre G2 e G3 ($d=0,49$), apesar da variável independente não apresentar um efeito estatisticamente significativo ($F=2,996, p<0,05$). E para a DMO, na análise em que é colocada como variável dependente, também na Figura 5.3, o efeito da cadência maturacional não é significativo, notando-se uma tendência na diferença de médias entre G2 (DMO=0,999 g/cm²) e G3 (DMO=1,062 g/cm²) com magnitude pequena ($d=0,49$) sendo trivial a variação entre G1 e G2 ($d=0,20$).

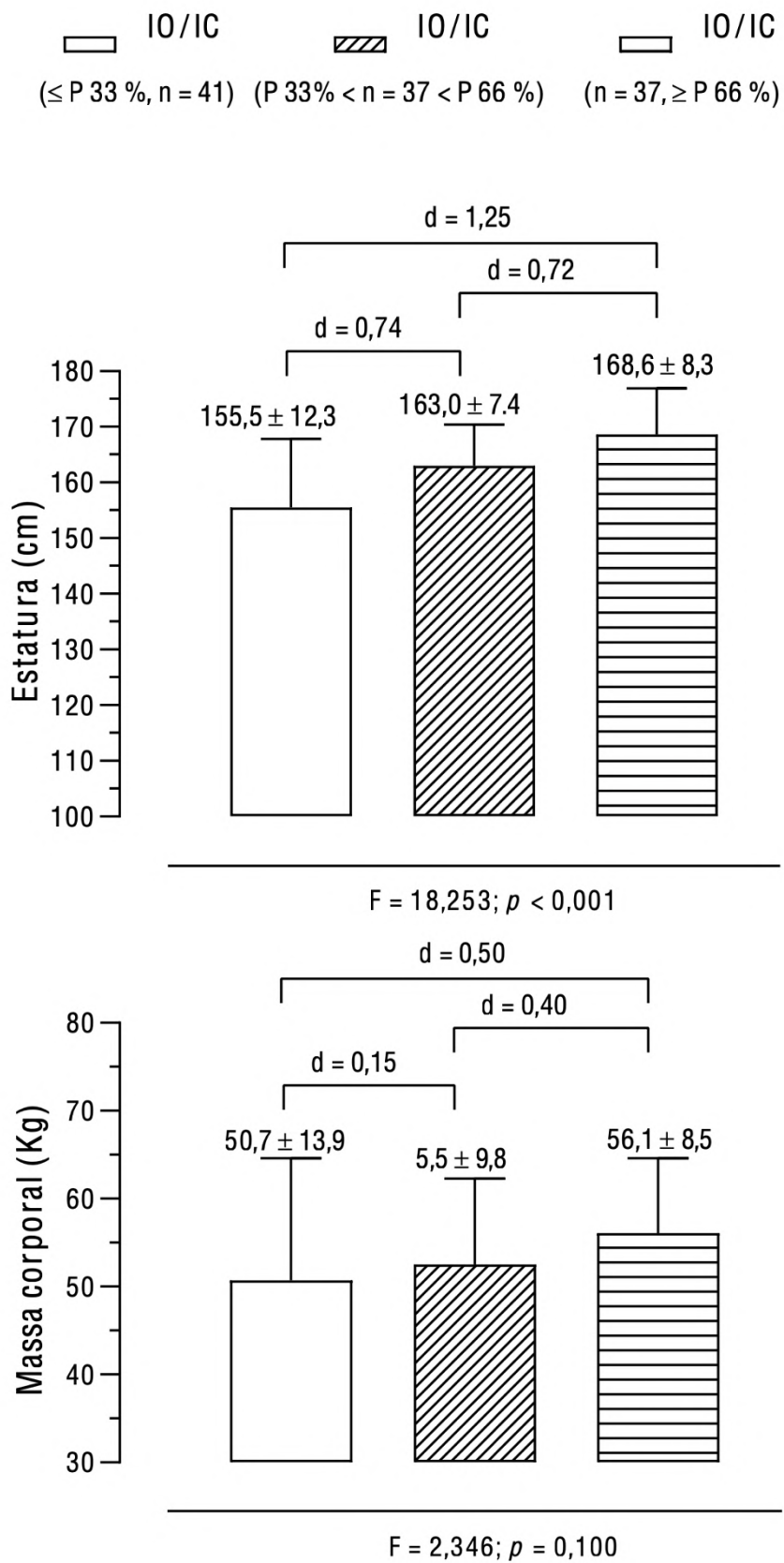


Figura 5.1.: Variação do tamanho corporal de acordo com o estado maturacional dado pela IO / IC em adolescentes masculinos (n=115).

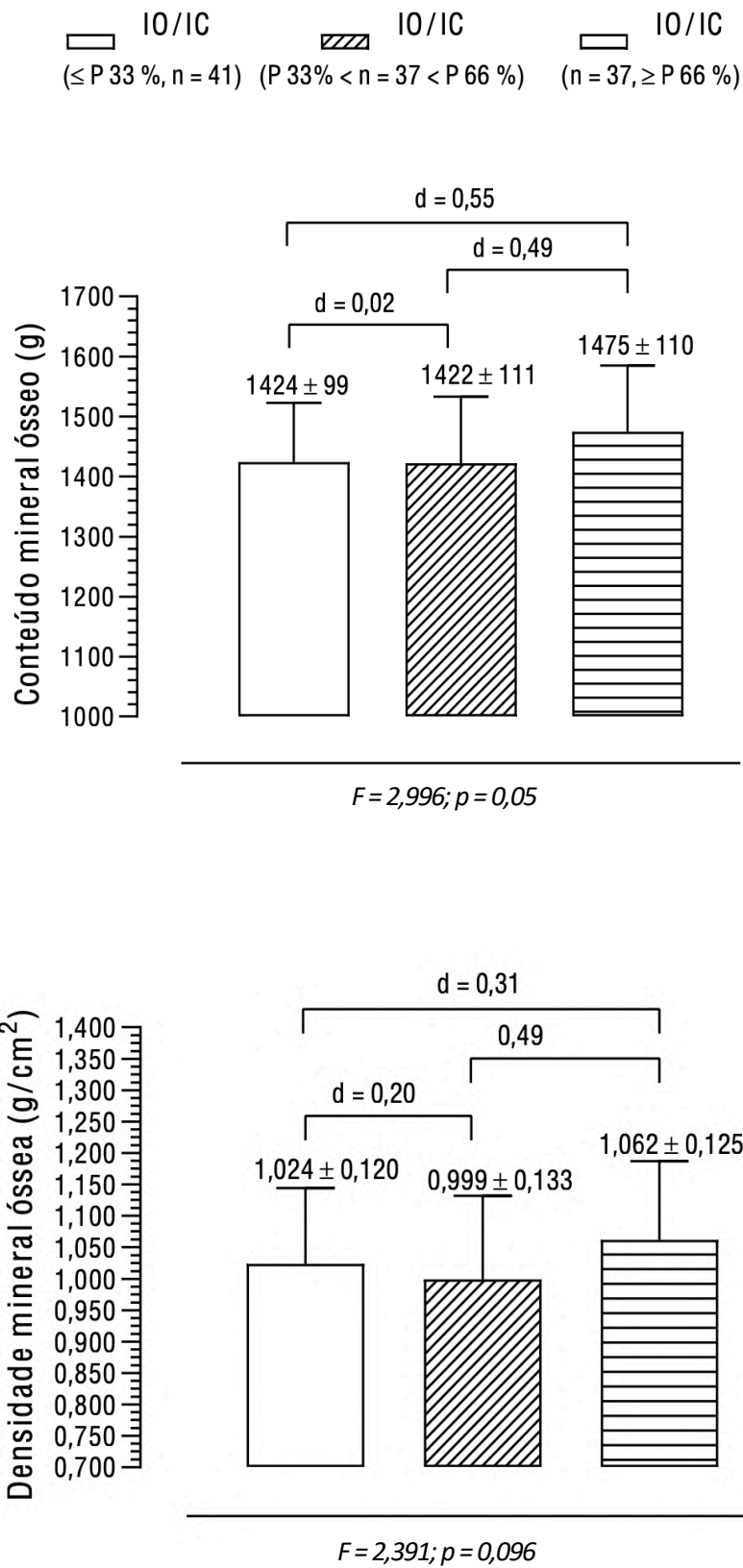


Figura 5.2.: Variação do Conteúdo Mineral Ósseo e Densidade Mineral Óssea de acordo com o estado maturacional dado pela IO / IC em adolescentes masculinos (n=115).

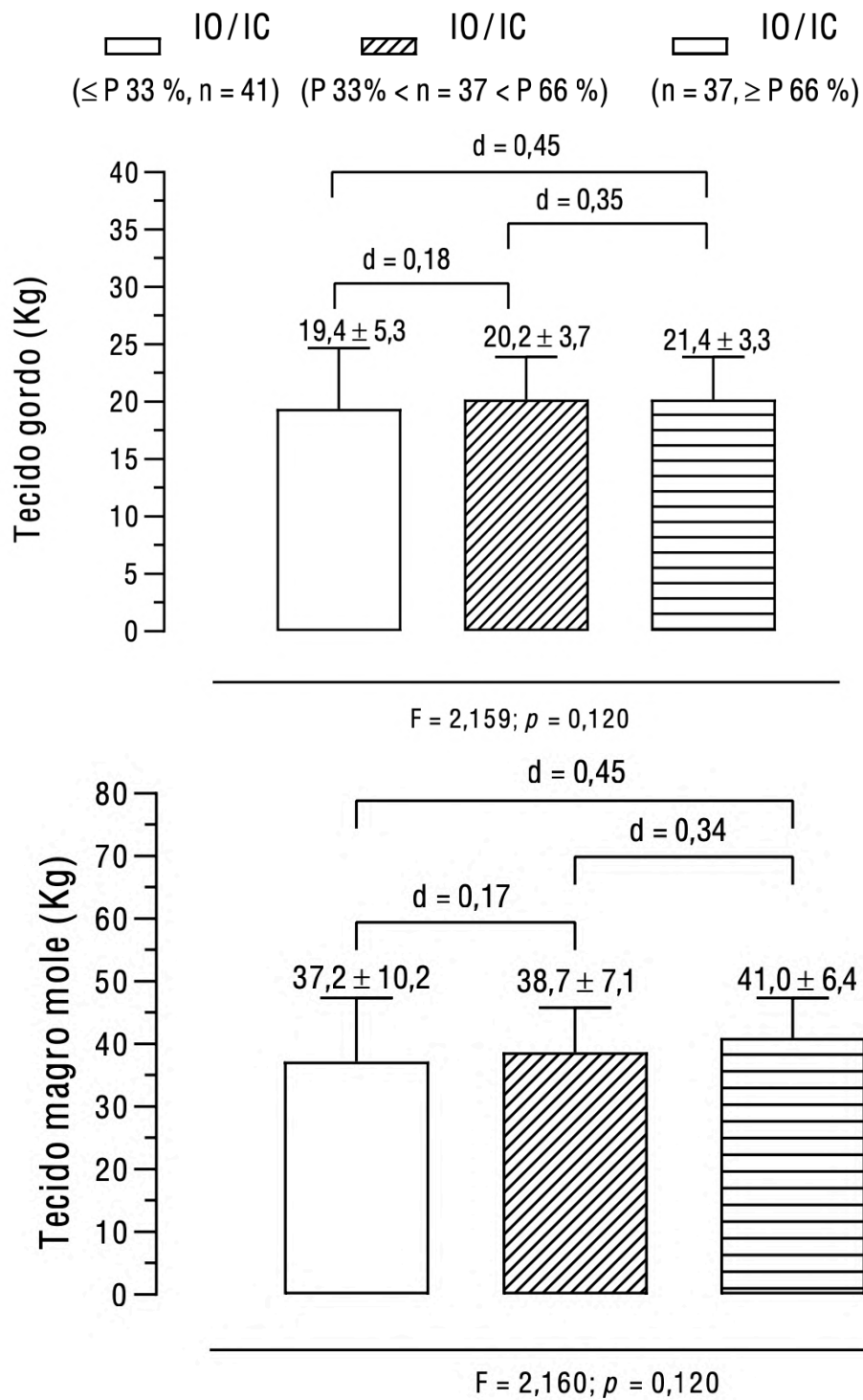


Figura 5.3.: Variação dos tecidos magro mole e gordo de acordo com o estado maturacional dado pela IO / IC em adolescentes masculinos (n=115).

DISCUSSÃO

O tecido magro mole é maior em indivíduos com maior rácio IO/IC, portanto verifica-se um pequeno aumento da mesma para indivíduos com IO no tercil mais elevado, mas com magnitude pequena. Não obstante, parece estar em linha com estudos que relacionam este com um aumento da maturação somática e sexual (Turnaöl, 2016; Zabriskie *et al.*, 2020), bem como com o aumento da idade cronológica (Spehnjak *et al.* 2021), e portanto, indivíduos maturacionalmente mais avançados tendem a ter maior tecido magro mole (Valente-dos-Santos, *et al.* 2014; Turnaöl, 2016; Müller, 2018; Cumpian *et al.*, 2021). Um aumento do tecido magro mole parece estar também associado a um aumento do CMO (Carvalho *et al.*, 2012; Milanese *et al.*, 2015), sendo que neste estudo verifica-se também um aumento do mesmo com o aumento da IO/IC, apesar de não ser significativo, é sugestivo do mesmo e merece atenção futura. Paralelamente, verifica-se um aumento da DMO progressivamente para os tercils $G1 < G2 < G3$, com a IO/IC o que sugere uma relação positiva maturacional entre a IO e a DMO. Noutro estudo de Agostinete *et al.*, (2021), em que se analisou a maturação somática e sexual com o tecido magro mole e a DMO verificou-se que o tecido magro mole era o agente mediador para a maturação e a DMO. Narciso *et al.*, (2020), verificou que as adaptações directas ou indirectas do tecido ósseo são também mediadas pelo tecido magro mole e, portanto, pode ser uma variável preditiva da DMO. Estes resultados poderão ser isolados caso haja interesse numa investigação individualizada da DMO para indivíduos com valores consideravelmente baixos, como resultados de outras causas subjacentes como uma nutrição desadequada (Jackson *et al.*, 2017; Uday, 2021) ou a existência de patologia gastro-intestinal (Neelis, 2018). Não obstante, a dinâmica do CMO e DMO com a idade óssea, e consequente variação de maturação está presente (Hart *et al.*, 2020), mas requer exploração adicional possivelmente num estudo longitudinal que acompanhe a variação da DMO com a IO uma vez que esta ao contrário dos outros métodos permite estudar a maturação deste a infância até os indivíduos atingirem a maturidade (Malina *et al.*, 2015). Durante os anos puberais, a variação inter-individual em termos de tamanho corporal está relacionada com as diferenças individuais (Malina *et al.*, 2004; Figueiredo *et al.*, 2009). O tecido gordo não apresentou diferenças significativas pelos diferentes tercils o que pode estar

relacionado com a multifatoriedade pela qual este é afectado, nomeadamente o estilo de vida dos indivíduos. Apesar deste tendencialmente diminuir até ao fim da puberdade paralelamente a um aumento do tecido magro mole (Cumpian *et al.*, 2021). O nível de atividade física e/ou prática desportiva também tem uma influência positiva na maturação (Bacil, 2015). Os indivíduos tendem a tornar-se menos ativos fisicamente à medida que o progresso em direção ao estado de maturidade evolui, independentemente da idade cronológica (Sherar, *et al.*, 2008). No entanto, noutros estudos apontam que indivíduos masculinos que maturam precocemente apresentam significativamente maiores valores de AF vigorosa comparados que apresentam um estado de desenvolvimento *on-time* ou tardio (Van-Jaarsveld *et al.*, 2006). A integração deste viés na amostra, ao não controlar o nível de AF poderá ter contribuído para a ausência de uma relação significativa entre as variáveis, em particular para a DMO com a IO, uma vez que a IO apresenta uma variação considerável se os indivíduos fizeram actividade física regular (Malina, *et al.*, 2007 & Malina *et al.*, 2010).

Algumas limitações do presente estudo incluem os fatores internos (ou seja, genéticos) e externos (ou seja, desequilíbrio de energético). A ausência de dados hormonais é outra potencial fraqueza deste estudo pois apesar de não afetarem a aquisição de dados, poderão auxiliar na explicação dos mecanismos por trás de alguns valores de DMO e idade óssea. Não obstante, a análise permitiu observar um aumento da DMO em jovens associado a uma maior maturação óssea.

CONCLUSÃO

O aumento da IO/IC está relacionado com o CMO e DMO apesar deste não ser significativo, parece haver uma mediação entre eles. Observou-se também um aumento do tecido magro mole com o aumento da IO/IC. Este estudo realça a dinâmica entre a maturação óssea, o conteúdo ósseo e o tecido magro mole em que estes são interdependentes e indissociáveis.

Referências Bibliográficas

Ackerman, A., Thornton, J., Wang, J., Pierson, R., Horlick, M. (2006) Sex difference in the effect of puberty on the relationship between fat mass and bone mass in 926 healthy subjects, 6 to 18 years old. *Obesity* (Silver Spring) 14:819–825. <https://doi.org/10.1038/oby.2006.95>

Almeida-Neto, P. F., de Medeiros, R., de Matos, D. G., Baxter-Jones, A., Aida, F. J., de Assis, G. G., Silva Dantas, P. M., & Cabral, B. (2021). Lean mass and biological maturation as predictors of muscle power and strength performance in young athletes. *PloS one*, 16(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0254552>

Arabi, A., Tamim, H., Nabulsi, M., Maalouf, J., Khalifé, H., Choucair, M., Vieth, R., & El-Hajj Fuleihan, G. (2004). Sex differences in the effect of body-composition variables on bone mass in healthy children and adolescents. *The American journal of clinical nutrition*, 80(5), 1428–1435. <https://doi.org/10.1093/ajcn/80.5.1428>

Ausili, E., Rigante, D., Salvaggio, E., Focarelli, B., Rendeli, C., Ansuini, V., Paolucci, V., Triarico, S., Martini, L., & Caradonna, P. (2012). Determinants of bone mineral density, bone mineral content, and body composition in a cohort of healthy children: influence of sex, age, puberty, and physical activity. *Rheumatology international*, 32(9), 2737–2743. <https://doi.org/10.1007/s00296-011-2059-8>

Bacil, E. D., Mazzardo Júnior, O., Rech, C. R., Legnani, R. F., & de Campos, W. (2015). Atividade física e maturação biológica: uma revisão sistemática [Physical activity and biological maturation: a systematic review]. *Revista paulista de pediatria: orgao oficial da Sociedade de Pediatria de Sao Paulo*, 33(1), 114–121. <https://doi.org/10.1016/j.rpped.2014.11.003>

Baxter-Jones, A., & Jackowski, S. A. (2021). Sex differences in bone mineral content and bone geometry accrual: a review of the Paediatric Bone Mineral Accrual Study (1991-2017). *Annals of human biology*, 48(6), 503–516. <https://doi.org/10.1080/03014460.2021.2014568>

Bergeron, M. F., Mountjoy, M., Armstrong, N., Chia, M., Côté, J., Emery, C. A., Faigenbaum, A., Hall, G., Jr, Kriemler, S., Léglise, M., Malina, R. M., Pensaard, A. M., Sanchez, A., Soligard, T., Sundgot-Borgen, J., van Mechelen, W., Weissensteiner, J. R., & Engebretsen, L. (2015). International Olympic Committee consensus statement on youth athletic development. *British journal of sports medicine*, *49*(13), 843–851. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094962>

Beunen, G. P., Rogol, A. D., & Malina, R. M. (2006). Indicators of biological maturation and secular changes in biological maturation. *Food and nutrition bulletin*, *27*(4 Suppl Growth Standard), S244–S256. <https://doi.org/10.1177/15648265060274S508>

Carvalho, H. M., Coelho-e-Silva, M. J., Franco, S., Figueiredo, A. J., Tavares, O. M., Ferry, B., Hidalgo-Hermanni, I., Courteix, D., & Malina, R. M. (2012). Agreement between anthropometric and dual-energy X-ray absorptiometry assessments of lower-limb volumes and composition estimates in youth-club rugby athletes. *Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquee, nutrition et metabolisme*, *37*(3), 463–471. <https://doi.org/10.1139/h2012-027>

Coelho-E-Silva, M. J., Konarski, J. M., Krzykała, M., Galas, S., Beata, P., Żurek, P., Faria, J., Tavares, O. M., Oliveira, T. G., Rodrigues, I., Martinho, D. V., Valente-Dos-Santos, J., & Malina, R. M. (2022). Growth and maturity status of young male table tennis players. *Research in sports medicine*, *30*(1), 61–79. <https://doi.org/10.1080/15438627.2021.1888099>

Constable, A. M., Vlachopoulos, D., Barker, A. R., Moore, S. A., Soinenen, S., Haapala, E. A., Väistö, J., Westgate, K., Brage, S., Mahonen, A., & Lakka, T. A. (2021). The independent and interactive associations of physical activity intensity and vitamin D status with bone mineral density in prepubertal children: the PANIC Study. *Osteoporosis international: a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*, *32*(8), 1609–1620. <https://doi.org/10.1007/s00198-021-05872-z>

Cox L. A. (1996). Tanner-Whitehouse method of assessing skeletal maturity: problems and common errors. *Hormone research*, *45 Suppl 2*, 53–55. <https://doi.org/10.1159/000184848>

Cumpian Silva, J., Rinaldi, A., Guedes Vasconcelos, F. A., Assis, M., Mazzeti, C. M., de Oliveira, M. H., & Conde, W. L. (2021). Body phenotypes and sexual maturation in Brazilian and US adolescents: evidence for a change in BMI category. *Public health nutrition*, *24*(16), 5387–5399. <https://doi.org/10.1017/S1368980020004589>

Dvorak, J., George, J., Junge, A., & Hodler, J. (2007). Age determination by magnetic resonance imaging of the wrist in adolescent male football players. *British journal of sports medicine*, *41*(1), 45–52. <https://doi.org/10.1136/bjism.2006.031021>

Engebretsen, L., Steffen, K., Bahr, R., Broderick, C., Dvorak, J., Janarv, P. M., Johnson, A., Leglise, M., Mamisch, T. C., McKay, D., Micheli, L., Schamasch, P., Singh, G. D., Stafford, D. E., & Steen, H. (2010). The International Olympic Committee Consensus statement on age determination in high-level young athletes. *British journal of sports medicine*, *44*(7), 476–484. <https://doi.org/10.1136/bjism.2010.073122>

Figueiredo, A. J., Gonçalves, C. E., Coelho E Silva, M. J., & Malina, R. M. (2009). Youth soccer players, 11-14 years: maturity, size, function, skill and goal orientation. *Annals of human biology*, *36*(1), 60–73. <https://doi.org/10.1080/03014460802570584>

Figueiredo, P., Seabra, A., Brito, M., Galvão, M., & Brito, J. (2021). Are Soccer and Futsal Affected by the Relative Age Effect? The Portuguese Football Association Case. *Frontiers in psychology*, *12*, 679476. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.679476>

Gebremariam, M. K., H Bergh, I., F Andersen, L., Ommundsen, Y., Bjelland, M., & Lien, N. (2012). Stability and change in potential correlates of physical activity and association with pubertal status among Norwegian children in the transition between childhood and adolescence. *The international journal of behavioral nutrition and physical activity*, *9*, 56. <https://doi.org/10.1186/1479-5868-9-56>

Gilsanz, V., Chalfant, J., Kalkwarf, H., Zemel, B., Lappe, J., Oberfield, S., Shepherd, J., Wren, T., & Winer, K. (2011). Age at onset of puberty predicts bone mass in young adulthood. *The Journal of pediatrics*, *158*(1), 100–105.e1052. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2010.06.054>

Grau, U., & Klaus, F. (1975). Das Skeletalter nach Tanner-Whitehouse und die sogenannte "körperliche Schulreife" [Skeletal age of Tanner-Whitehouse and so-called school maturity. Demonstration of a method and its testing in 1st grade pupils]. *Praxis der Kinderpsychologie und Kinderpsychiatrie*, *24*(3), 94–101.

Jackowski S Faulkner R, Farthing J, Kontulainen S, Beck TJ Baxter-Jones A.D. (2009) *Peak lean tissue mass accrual precedes changes in bone strength indices at the proximal femur during the pubertal growth spurt. Bone* 44:1186–1190

Karlsson, M. K., & Rosengren, B. E. (2020). Exercise and Peak Bone Mass. *Current osteoporosis reports*, *18*(3), 285–290. <https://doi.org/10.1007/s11914-020-00588-1>

Kemper, H. C., Post, G. B., & Twisk, J. W. (1997). Rate of maturation during the teenage years: nutrient intake and physical activity between ages 12 and 22. *International journal of sport nutrition*, *7*(3), 229–240. <https://doi.org/10.1123/ijnsn.7.3.229>

Malina R. M. (2006). Weight training in youth-growth, maturation, and safety: an evidence-based review. *Clinical journal of sport medicine: official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, *16*(6), 478–487. <https://doi.org/10.1097/01.jsm.0000248843.31874.be>

Malina, R. M., Chamorro, M., Serratos, L., & Morate, F. (2007). TW3 and Fels skeletal ages in elite youth soccer players. *Annals of human biology*, *34*(2), 265–272. <https://doi.org/10.1080/03014460701207601>

Malina, R. M., Eisenmann, J. C., Cumming, S. P., Ribeiro, B., & Aroso, J. (2004). Maturity-associated variation in the growth and functional capacities of youth

football (soccer) players 13-15 years. *European journal of applied physiology*, 91(5-6), 555–562. <https://doi.org/10.1007/s00421-003-0995-z>

Malina, R. M., Figueiredo, A. J., & Coelho-E-Silva, M. J. (2017). Body Size of Male Youth Soccer Players: 1978-2015. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 47(10), 1983–1992. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0743-x>

Malina, R. M., Martinho, D. V., Valente-Dos-Santos, J., Coelho-E-Silva, M. J., & Koziel, S. M. (2021). Growth and Maturity Status of Female Soccer Players: A Narrative Review. *International journal of environmental research and public health*, 18(4), 1448. <https://doi.org/10.3390/ijerph18041448>

Malina, R. M., Peña Reyes, M. E., Figueiredo, A. J., Coelho E Silva, M. J., Horta, L., Miller, R., Chamorro, M., Serratos, L., & Morate, F. (2010). Skeletal age in youth soccer players: implication for age verification. *Clinical journal of sport medicine: official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, 20(6), 469–474. <https://doi.org/10.1097/JSM.0b013e3181f827ea>

Malina, R. M., Rogol, A. D., Cumming, S. P., Coelho e Silva, M. J., & Figueiredo, A. J. (2015). Biological maturation of youth athletes: assessment and implications. *British journal of sports medicine*, 49(13), 852–859. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094623>

Matina, R. M., & Rogol, A. D. (2011). Sport training and the growth and pubertal maturation of young athletes. *Pediatric endocrinology reviews: PER*, 9(1), 441–455.

Moreno, L. A., Gottrand, F., Huybrechts, I., Ruiz, J. R., González-Gross, M., DeHenauw, S., & HELENA Study Group (2014). Nutrition and lifestyle in european adolescents: the HELENA (Healthy Lifestyle in Europe by Nutrition in Adolescence) study. *Advances in nutrition (Bethesda, Md.)*, 5(5), 615S–623S. <https://doi.org/10.3945/an.113.005678>

Müller, L., Müller, E., Hildebrandt, C., Kapelari, K., & Raschner, C. (2015). Die Erhebung des biologischen Entwicklungsstandes für die Talentselektion - welche Methode eignet sich? [The assessment of biological maturation for talent selection -

which method can be used?]. *Sportverletzung Sportschaden : Organ der Gesellschaft für Orthopädisch-Traumatologische Sportmedizin*, 29(1), 56–63.
<https://doi.org/10.1055/s-0034-1399043>

Neelis, E., Rijnen, N., Sluimer, J., Olieman, J., Rizopoulos, D., Wijnen, R., Rings, E., de Koning, B., & Hulst, J. (2018). Bone health of children with intestinal failure measured by dual energy X-ray absorptiometry and digital X-ray radiogrammetry. *Clinical nutrition (Edinburgh, Scotland)*, 37(2), 687–694.
<https://doi.org/10.1016/j.clnu.2017.02.014>

Pietrobelli, A., Faith, M. S., Wang, J., Brambilla, P., Chiumello, G., & Heymsfield, S. B. (2002). Association of lean tissue and fat mass with bone mineral content in children and adolescents. *Obesity research*, 10(1), 56–60.
<https://doi.org/10.1038/oby.2002.8>

Rauch F, Bailey D, Baxter-Jones A, Mirwald R, Faulkner R. The ‘muscle-bone unit’ during the pubertal growth spurt. *Bone*. 2004; 34:771-5.

Scerpella, J. J., Buehring, B., Hetzel, S. J., & Heiderscheid, B. C. (2018). Increased Leg Bone Mineral Density and Content During the Initial Years of College Sport. *Journal of strength and conditioning research*, 32(4), 1123–1130.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001929>

Sherar, L. B., Cumming, S. P., Eisenmann, J. C., Baxter-Jones, A. D., & Malina, R. M. (2010). Adolescent biological maturity and physical activity: biology meets behavior. *Pediatric exercise science*, 22(3), 332–349.
<https://doi.org/10.1123/pes.22.3.332>

Silva, D., & Martins, P. C. (2017). Impact of physical growth, body adiposity and lifestyle on muscular strength and cardiorespiratory fitness of adolescents. *Journal of bodywork and movement therapies*, 21(4), 896–901.
<https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2017.01.007>

Specker, B., & Minett, M. (2013). Can physical activity improve peak bone mass? *Current osteoporosis reports*, 11(3), 229–236. <https://doi.org/10.1007/s11914-013-0152-5>

Turnagöl H. H. (2016). Body composition and bone mineral density of collegiate American football players. *Journal of human kinetics*, 51, 103–112. <https://doi.org/10.1515/hukin-2015-0164>

Uday, S., Manaseki-Holland, S., Bowie, J., Mughal, M. Z., Crowe, F., & Högler, W. (2021). The effect of vitamin D supplementation and nutritional intake on skeletal maturity and bone health in socio-economically deprived children. *European journal of nutrition*, 60(6), 3343–3353. <https://doi.org/10.1007/s00394-021-02511-5>

Valente-dos-Santos, J., Coelho-e-Silva, M. J., Machado-Rodrigues, A. M., Elferink-Gemser, M. T., Malina, R. M., Petroski, É. L., Minderico, C. S., Silva, A. M., Baptista, F., & Sardinha, L. B. (2014). Prediction equation for lower limbs lean soft tissue in circumpubertal boys using anthropometry and biological maturation. *PloS one*, 9(9), e107219. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0107219>

Van Jaarsveld C.H., Fidler JA, Simon AE, Wardle J. Persistent impact of pubertal timing on trends in smoking, food choice, activity, and stress in adolescence. *Psychosom Med.* 2007; 69:798-806

Wang, M. T., Chow, A., & Amemiya, J. (2017). Who Wants to Play? Sport Motivation Trajectories, Sport Participation, and the Development of Depressive Symptoms. *Journal of youth and adolescence*, 46(9), 1982–1998. <https://doi.org/10.1007/s10964-017-0649-9>

Weaver, C. M., Gordon, C. M., Janz, K. F., Kalkwarf, H. J., Lappe, J. M., Lewis, R., O'Karma, M., Wallace, T. C., & Zemel, B. S. (2016). The National Osteoporosis Foundation's position statement on peak bone mass development and lifestyle factors: a systematic review and implementation recommendations. *Osteoporosis international: a journal established as result of cooperation between the European*

Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA, 27(4), 1281–1386. <https://doi.org/10.1007/s00198-015-3440-3>

World Health Organization. Global recommendations on physical activity for health [acedido a 27 de Junho de 2021]. Geneve. ISBN: 9789241599979. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241599979>

CAPÍTULO VI

Conclusões

O osso é o resultado de um processo progressivo e dinâmico de formação e alteração da matriz óssea (Brentano *et al.*, 2008), com particular importância na infância e a adolescência para estabelecer a saúde óssea ao longo da vida (Vicente-Rodriguez *et al.*, 2004). O acúmulo de minerais ósseos e o PMO são influenciados por fatores hereditários e modificáveis (Bonjour, *et al.*, 2007), sendo fatores determinantes centrais da saúde óssea e do risco de fraturas na idade adulta e na idade avançada (Lorentzon & Cummings, 2015).

Vários estudos, indicam que a atividade física está relacionada de forma positiva com a DMO, sendo um fator importante para a sua manutenção. Neste estudo concluiu-se que o grupo de atletas adolescentes masculinos avaliados no presente estudo possui maior CMO e DMO para o corpo todo e regiões específicas do esqueleto em relação ao grupo de não-atletas (Tan *et al.*, 2014; Hong & Kim, 2018; Zymbal, *et al.*, 2019).

Em termos de composição corporal o grupo de atletas apresenta uma quantidade maior de tecido magro mole e menor quantidade de tecido gordo para a totalidade do corpo. Estes resultados vão ao encontro de outros estudos (Gomez-Bruton *et al.*, 2016; Pelegrini *et al.*, 2020). Não obstante, é necessário caracterizar o tipo de atividade realizada de forma a relacionar o seu tipo de efeito sobre o osso. A atividade física regular é um dos principais determinantes na acumulação de massa óssea (Tan *et al.*, 2014), bem como o tipo, intensidade, frequência, duração do exercício, carga dinâmica e carga estática (Hong & Kim, 2018), mas o papel do exercício na regulação da saúde óssea ainda não está totalmente compreendido (Vlachopoulos, 2017). O aumento da massa óssea está normalmente relacionado ao aumento da carga mecânica (Olmedillas *et al.*, 2011). No entanto, ainda é debatível como os diferentes desportos contrastando em carga podem afetar a aquisição óssea em atletas adolescentes do sexo masculino (Vlachopoulos, 2017). Os mecanismos adaptativos do osso não ocorrem com a mesma magnitude no corpo todo e em regiões específicas, surgindo o interesse pelo estudo de alterações geométricas e estruturais do tecido ósseo (Heinonen, *et al.*, 2001; Gómez-Bruton *et al.*, 2013;) bem

como pela interação gerada pela força muscular e composição corporal sobre o esqueleto (Cardadeiro *et al.*, 2010).

O futebol pode ser considerado um desporto "osteogénico" contribuindo para a massa óssea nos locais de sustentação de peso em indivíduos em fase de desenvolvimento (Greene & Naughton, 2006), em contraste, desportos como a natação podem ser considerados "não osteogénicos" (German Vicente-Rodriguez *et al.*, 2004), embora exista evidência de que os nadadores adolescentes do sexo masculino podem também ter menor CMO com grupos de controlo (Gómez-Bruton *et al.*, 2015). Os resultados obtidos mostram que os futebolistas como tendo valores superiores de CMO e DMO para o corpo todo, assim como para o tronco e membros inferiores, comparativamente aos nadadores. Os futebolistas possuem também maior tecido magro mole e tecido gordo para todo o corpo, tronco e membros inferiores.

Em relação ao Fémur proximal os futebolistas apresentaram valores significativamente mais elevados de CMO e DMO para todas as regiões específicas, mesmo quando ajustado para fatores confundidores, indo ao encontro de outros estudos (Lozano-Berges *et al.*, 2018; Gümüş *et al.*, 2019) apoiando a importância desta região no que respeita à prática desportiva com impacto (van Santen *et al.*, 2019; Buttan *et al.*, 2020). Paralelamente a quantidade de tecido magro mole é também maior, estando de acordo com outros estudos e apoiando a relação positiva entre o tecido magro mole e a CMO e DMO (Zymbal, *et al.*, 2019; Bahenský, *et al.*, 2020).

Uma exceção ocorre para os membros superiores, local onde os nadadores possuem maior CMO, DMO e tecido magro mole. Uma vez que esta região também não ser influenciada por impacto mecânico, tal como nos futebolistas, este aumento poderá dever-se à maior quantidade de massa muscular, resultante do elevado movimento e tensão realizado em meio hídrico ter um efeito positivo na atividade metabólica do tecido ósseo (Gómez-Bruton *et al.*, 2013).

Os jogadores de futebol sendo expostos a impactos mecânicos repetitivos (Rosado *et al.*, 2020) parecem estar estão positivamente associados aos parâmetros de saúde óssea (Agostinete *et al.*, 2017), em contraste, a natação, devido ao seu meio

hipogravítico e sem impacto (Valente-Dos-Santos *et al.*, 2018; Agostinete *et al.*, 2020).

A massa corporal também atua sob o tecido ósseo, pois uma massa corporal maior impõe uma maior carga mecânica no esqueleto (Weeks *et al.*, 2008; Specker, *et al.*, 2015). A relação entre o excesso de peso e o conteúdo ósseo carece ainda de estudos pois por um lado o excesso de peso está associado a maior CMO e DMO (Heany *et al.*, 2000; Leonard *et al.*, 2004), mas por outro também pode estar associado a maior fragilidade óssea (Fintini *et al.*, 2020). No estudo realizado entre indivíduos normoponderais e com excesso de peso, estes últimos apresentam valores médios superiores de CMO e DMO para todo o corpo e para as várias regiões do esqueleto exceto para os membros superiores.

Estes resultados apoiam a ideia de que o excesso de carga no esqueleto contribui também para o aumento da massa óssea observado noutros estudos (Streeter *et al.*, 2013; Winther *et al.*, 2018), o facto de nos membros superiores este aumento não se verificar torna ainda mais evidente estes dados.

O grupo com excesso de peso também apresenta maior tecido magro mole e este também está positivamente associado a um aumento da massa óssea (Leonard *et al.*, 2004; Schoenau, Neu & Manz, 2004; Winther *et al.*, 2018).

Estes resultados em que os indivíduos com excesso de peso apresenta tanto maior quantidade de tecido magro mole e tecido gordo suporta o fator sinérgico positivo entre a massa corporal e o aumento da massa óssea. Estes estudos observacionais fornecem implicações práticas para jovens inativos, jovens atletas de desportos com e sem impacto.

Referências

- Adams J. E. (2013). Advances in bone imaging for osteoporosis. *Nature reviews. Endocrinology*, 9(1), 28–42. <https://doi.org/10.1038/nrendo.2012.217>
- Agostinete, R. R., Fernandes, R. A., Narciso, P. H., Maillane-Vanegas, S., Werneck, A. O., & Vlachopoulos, D. (2020). Categorizing 10 Sports According to Bone and Soft Tissue Profiles in Adolescents. *Medicine and science in sports and exercise*, 52(12), 2673–2681. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002420>
- Agostinete, R. R., Maillane-Vanegas, S., Lynch, K. R., Turi-Lynch, B., Coelho-e-Silva, M. J., Campos, E. Z., ... Araújo Fernandes, R. (2017). The Impact of Training Load on Bone Mineral Density of Adolescent Swimmers: A Structural Equation Modeling Approach. *Pediatric Exercise Science*, 29(4), 520–528.
- Albanese, C. V., Diessel, E., & Genant, H. K. (2003). Clinical applications of body composition measurements using DXA. *Journal of clinical densitometry: the official journal of the International Society for Clinical Densitometry*, 6(2), 75–85. <https://doi.org/10.1385/jcd:6:2:75>
- Ausili, E., Rigante, D., Salvaggio, E., Focarelli, B., Rendeli, C., Ansuini, V., Paolucci, V., Triarico, S., Martini, L., & Caradonna, P. (2012). Determinants of bone mineral density, bone mineral content, and body composition in a cohort of healthy children: influence of sex, age, puberty, and physical activity. *Rheumatology international*, 32(9), 2737–2743. <https://doi.org/10.1007/s00296-011-2059-8>
- Bahenský, P., Marko, D., Bunc, V., & Tlustý, P. (2020). Power, Muscle, and Take-Off Asymmetry in Young Soccer Players. *International journal of environmental research and public health*, 17(17), 6040. <https://doi.org/10.3390/ijerph17176040>
- Baptista, F., Santos, D. A., Silva, A. M., Mota, J., Santos, R., Vale, S., Ferreira, J. P., Raimundo, A. M., Moreira, H., & Sardinha, L. B. (2012). Prevalence of the Portuguese population attaining sufficient physical activity. *Medicine and science in sports and exercise*, 44(3), 466–473. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318230e441>
- Bass, S. L., Naughton, G., Saxon, L., Iuliano-Burns, S., Daly, R., Briganti, E. M., Hume, C., & Nowson, C. (2007). Exercise and calcium combined results in a greater osteogenic effect than either factor alone: a blinded randomized placebo-controlled trial in boys. *Journal of bone and mineral research: the official journal of the American Society for Bone and Mineral Research*, 22(3), 458–464. <https://doi.org/10.1359/jbmr.061201>

Bianchi, M., Leonard, M., Bechtold, S., Hogler, W., Mughal, M., & Shonau, E. (2014). Bone health in children and adolescents with chronic diseases that may affect the skeleton: the 2013 ISCD Pediatric Official Positions. *Journal of Clinical Densitometry*, 2(17), 281–294.

Bonjour, J., Theintz, G., Buchs, B., Slosman, D., & Rizzoli, R. (1991). Critical years and stages of puberty for spinal and femoral bone mass accumulation during adolescence. *Journal of Clinical Endocrinology Metabolism*, 1(73), 555–563.

Bonjour, J. P., Chevalley, T., Rizzoli, R., & Ferrari, S. (2007). Gene-environment interactions in the skeletal response to nutrition and exercise during growth. *Medicine and sport science*, 51, 64–80. <https://doi.org/10.1159/000103005>

Borga, M., West, J., Bell, J. D., Harvey, N. C., Romu, T., Heymsfield, S. B., & Dahlqvist Leinhard, O. (2018). Advanced body composition assessment: from body mass index to body composition profiling. *Journal of investigative medicine: the official publication of the American Federation for Clinical Research*, 66(5), 1–9. <https://doi.org/10.1136/jim-2018-000722>

Brentano, M. A., Cadore, E. L., Da Silva, E. M., Ambrosini, A. B., Coertjens, M., Petkowicz, R., Viero, I., & Krueel, L. F. (2008). Physiological adaptations to strength and circuit training in postmenopausal women with bone loss. *Journal of strength and conditioning research*, 22(6), 1816–1825. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31817ae3f1>

Budek, A. Z., Hoppe, C., Michaelsen, K. F., & Mølgaard, C. (2007). High intake of milk, but not meat, decreases bone turnover in prepubertal boys after 7 days. *European Journal of Clinical Nutrition*, 61(8), 957–962. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1602605>

Bull, F. C., Al-Ansari, S. S., Biddle, S., Borodulin, K., Buman, M. P., Cardon, G., Carty, C., Chaput, J. P., Chastin, S., Chou, R., Dempsey, P. C., DiPietro, L., Ekelund, U., Firth, J., Friedenreich, C. M., Garcia, L., Gichu, M., Jago, R., Katzmarzyk, P. T., Lambert, E., ... Willumsen, J. F. (2020). World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *British journal of sports medicine*, 54(24), 1451–1462. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102955>

Buttan, A., Cui, J., Guo, X., Chen, Y. I., Hsueh, W. A., Rotter, J. I., & Goodarzi, M. O. (2020). Physical Activity Associations with Bone Mineral Density and Modification by Metabolic Traits. *Journal of the Endocrine Society*, 4(8), bvaa092. <https://doi.org/10.1210/jendso/bvaa092>

Cardadeiro, G., Baptista, F., Zymbal, V., Rodrigues, L. a, & Sardinha, L. B. (2010). Ward's area location, physical activity, and body composition in 8- and 9-year-old

boys and girls. *Journal of Bone and Mineral Research: The Official Journal of the American Society for Bone and Mineral Research*, 25(11), 2304–2312. <https://doi.org/10.1002/jbmr.229>

Carling, C., Le Gall, F., & Malina, R. M. (2012). Body size, skeletal maturity, and functional characteristics of elite academy soccer players on entry between 1992 and 2003. *Journal of sports sciences*, 30(15), 1683–1693. <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.637950>

Chaput, J. P., Willumsen, J., Bull, F., Chou, R., Ekelund, U., Firth, J., Jago, R., Ortega, F. B., & Katzmarzyk, P. T. (2020). 2020 WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour for children and adolescents aged 5-17 years: summary of the evidence. *The international journal of behavioral nutrition and physical activity*, 17(1), 141. <https://doi.org/10.1186/s12966-020-01037-z>

Chevalley, T., Bonjour, J. P., Ferrari, S., Hans, D., & Rizzoli, R. (2005). Skeletal site selectivity in the effects of calcium supplementation on areal bone mineral density gain: A randomized, double-blind, placebo-controlled trial in prepubertal boys. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 90(6), 3342–3349. <https://doi.org/10.1210/jc.2004-1455>

Chevalley, T., Bonjour, J. P., Ferrari, S., & Rizzoli, R. (2008). High-protein intake enhances the positive impact of physical activity on BMC in prepubertal boys. *Journal of Bone and Mineral Research*, 23(1), 131–142. <https://doi.org/10.1359/jbmr.070907>

Clark, R. R., Sullivan, J. C., Bartok, C. J., & Carrel, A. L. (2007). DXA provides a valid minimum weight in wrestlers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(11), 2069–2075. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31814fb423>

Compston J.E., Cooper C, K. J. (1995). Fortnightly review: bone densitometry in clinical practice. *BMJ*, (310), 1507–1510.

Cooper, C., Westlake, S., Harvey, N., Javaid, K., Dennison, E., & Hanson, M. (2006). Review: developmental origins of osteoporotic fracture. *Osteoporosis International*, 17(1), 337–347. <https://doi.org/10.1007/s00198-019-04906-x>

Cruz J. A. (2000). Dietary habits and nutritional status in adolescents over Europe--Southern Europe. *European journal of clinical nutrition*, 54 Suppl 1, S29–S35. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1600981>

Cunningham, H. C., West, D. W. D., Baehr, L. M., Tarke, F. D., Baar, K., Bodine, S. C., & Christiansen, B. A. (2018). Age-dependent bone loss and recovery during hindlimb

unloading and subsequent reloading in rats. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 19(1), 1–11. <https://doi.org/10.1186/s12891-018-2156-x>

Daly, R. M., Stenevi-Lundgren, S., Linden, C., & Karlsson, M. K. (2008). Muscle determinants of bone mass, geometry and strength in prepubertal girls. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40(6), 1135–1141. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318169bb8d>

Datta, M., & Schwartz, G. G. (2013). Calcium and vitamin D supplementation and loss of bone mineral density in women undergoing breast cancer therapy. *Critical Reviews in Oncology/Hematology*, 88(3), 613–624. <https://doi.org/10.1016/j.critrevonc.2013.07.002>

de Oliveira, C. F., da Silveira, C. R., Beghetto, M., de Mello, P. D., & de Mello, E. D. (2014). Assessment of calcium intake by adolescents. *Revista paulista de pediatria: orgao oficial da Sociedade de Pediatria de Sao Paulo*, 32(2), 216–220. <https://doi.org/10.1590/0103-0582201432211913>

Deere, K., Sayers, A., Rittweger, J., & Tobias, J. H. (2012). Habitual levels of high, but not moderate or low, impact activity are positively related to hip BMD and geometry: results from a population-based study of adolescents. *Journal of Bone and Mineral Research: The Official Journal of the American Society for Bone and Mineral Research*, 27(9), 1887–1895. <https://doi.org/10.1002/jbmr.1631>

Deng, K. L., Yang, W. Y., Hou, J. L., Li, H., Feng, H., & Xiao, S. M. (2021). Association between Body Composition and Bone Mineral Density in Children and Adolescents: A Systematic Review and Meta-Analysis. *International journal of environmental research and public health*, 18(22), 12126. <https://doi.org/10.3390/ijerph182212126>

Dimai, H. P. (2017). Use of dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) for diagnosis and fracture risk assessment; WHO-criteria, T- and Z-score, and reference databases. *Bone*, 104, 39–43. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2016.12.016>

Dionyssiatis, Y., Paspati, I., Trovas, G., Galanos, A., & Lyritis, G. P. (2010). Association of physical exercise and calcium intake with bone mass measured by quantitative ultrasound. *BMC women's health*, 10, 12. <https://doi.org/10.1186/1472-6874-10-12>

Direção-Geral da Saúde. Ministério da Saúde - Programa nacional para a promoção da atividade física. Lisboa: Direção-Geral da Saúde, 2020. ISBN: 978-972-675-318-6

Dong, Y., Pollock, N., Stallmann-Jorgensen, I. S., Gutin, B., Lan, L., Chen, T. C., Keeton, D., Petty, K., Holick, M. F., & Zhu, H. (2010). Low 25-hydroxyvitamin D levels in

adolescents: race, season, adiposity, physical activity, and fitness. *Pediatrics*, 125(6), 1104–1111. <https://doi.org/10.1542/peds.2009-2055>

Drewa, A., & Zorena, K. (2017). Prevention of overweight and obesity in children and adolescents in European countries. *Pediatric endocrinology, diabetes, and metabolism*, 23(3), 152–158. <https://doi.org/10.18544/PEDM-23.03.0087>

Eston, R., & Reilly, T. (2016). *Kinanthropometry and Exercise Physiology Laboratory Manual - Tests, Procedures and Data* (2^o ed.). New York: Routledge.

Fintini, D., Cianfarani, S., Cofini, M., Andreoletti, A., Ubertini, G. M., Cappa, M., & Manco, M. (2020). The Bones of Children with Obesity. *Frontiers in endocrinology*, 11, 200. <https://doi.org/10.3389/fendo.2020.00200>

Fitzpatrick, L. & Heaney, R. (2003). Got Soda? *Journal of Bone and Mineral Research*, 18(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Forbes, G. (1999). Body composition: overview. *The Journal of Nutrition*, (129), 270–272. <http://jn.nutrition.org/content/129/1/270S.short>

Frost, H. M. (2003). Bone's Mechanostat: A 2003 Update. *Anatomical Record - Part A Discoveries in Molecular, Cellular, and Evolutionary Biology*, 275(2), 1081–1101. <https://doi.org/10.1002/ar.a.10119>

Fung, E. B., Bachrach, L. K., & Sawyer, A. J. (2016). *Bone Health Assessment in Pediatrics - Guidelines for Clinical Practice* (2^o ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-30412-0>

Genant, H. K., Engelke, K., Fuerst, T., Glüer, C. C., Grampp, S., Harris, S. T., Jergas, M., Lang, T., Lu, Y., Majumdar, S., Mathur, A., & Takada, M. (1996). Noninvasive assessment of bone mineral and structure: state of the art. *Journal of bone and mineral research: the official journal of the American Society for Bone and Mineral Research*, 11(6), 707–730. <https://doi.org/10.1002/jbmr.5650110602>

Genton, L., Hans, D., Kyle, U. G., & Pichard, C. (2002). Dual-energy X-ray absorptiometry and body composition: differences between devices and comparison with reference methods. *Nutrition* (Burbank, Los Angeles County, Calif.), 18(1), 66–70. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11827768>

Gibbons, M. J., Gilchrist, N. L., Frampton, C., Maguire, P., Reilly, P. H., March, R. L., & Wall, C. R. (2004). The effects of a high calcium dairy food on bone health in pre-pubertal children in New Zealand. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 13(4), 341–347. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15563438>

Glorieux, F., Pettifor, J., & Juppner, H. (2012). *Pediatric bone: biology and diseases* (2^oed.). London: Academic. <https://doi.org/10.1016/C2009-0-63398-5>

Goiana-da-Silva, F., Cruz-E-Silva, D., Gregório, M. J., Nunes, A. M., Calhau, C., Hercberg, S., Rito, A., Bento, A., Cruz, D., Almeida, F., Darzi, A., & Araújo, F. (2019). Nutri-Score: A Public Health Tool to Improve Eating Habits in Portugal. *Acta medica portuguesa*, 32(3), 175–178. <https://doi.org/10.20344/amp.11627>

Gomez-Bruton, A., Montero-Marín, J., González-Agüero, A., García-Campayo, J., Moreno, L. A., Casajús, J. A., & Vicente-Rodríguez, G. (2016). The Effect of Swimming During Childhood and Adolescence on Bone Mineral Density: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 46(3), 365–379. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0427-3>

Greene, D. A., & Naughton, G. A. (2006). Adaptive skeletal responses to mechanical loading during adolescence. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 36(9), 723–732. <https://doi.org/10.2165/00007256-200636090-00001>

Guadalupe-Grau, A., Fuentes, T., Guerra, B., & Calbet, J. A. (2009). Exercise and bone mass in adults. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 39(6), 439–468. <https://doi.org/10.2165/00007256-200939060-00002>

Guedes, D. (2006). Recursos antropométricos para análise da composição corporal. *Revista Brasileira de Educação Física*, (5), 115–121.

Gümüş, E., Akgül, S., Kanbur, N., & Derman, O. (2019). A comparison of bone mineral density in adolescent swimmers, pentathletes and figure skaters. *The Turkish journal of pediatrics*, 61(6), 831–838. <https://doi.org/10.24953/turkjped.2019.06.002>

Heaney, R. P., Abrams, S., Dawson-Hughes, B., Looker, A., Marcus, R., Matkovic, V., & Weaver, C. (2000). Peak bone mass. *Osteoporosis international: a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*, 11(12), 985–1009. <https://doi.org/10.1007/s001980070020>

Heinonen, A., Sievänen, H., Kyröläinen, H., Perttunen, J., & Kannus, P. (2001). Mineral mass, size, and estimated mechanical strength of triple jumpers' lower limb. *Bone*, 29(3), 279–285. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11557373>

Heymsfield, S. B., Ebbeling, C. B., Zheng, J., Pietrobelli, A., Strauss, B. J., Silva, A. M., & Ludwig, D. S. (2015). Multi-component molecular-level body composition reference methods: evolving concepts and future directions. *Obesity reviews: an official journal*

of the International Association for the Study of Obesity, 16(4), 282–294. <https://doi.org/10.1111/obr.12261>

Tan, T. Z., Miow, Q. H., Miki, Y., Noda, T., Mori, S., Huang, R. Y., & Thiery, J. P. (2014). Epithelial-mesenchymal transition spectrum quantification and its efficacy in deciphering survival and drug responses of cancer patients. *EMBO molecular medicine*, 6(10), 1279–1293. <https://doi.org/10.15252/emmm.201404208>

Hopkins, W. G., Marshall, S. W., Batterham, A. M., & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine and science in sports and exercise*, 41(1), 3–13. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31818cb278>

Huncharek, M., Muscat, J., & Kupelnick, B. (2008). Impact of dairy products and dietary calcium on bone-mineral content in children: results of a meta-analysis. *Bone*, 43(2), 312–321. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2008.02.022>

Inquérito Alimentar Nacional e de Atividade Física (IAN- -AF) 2015-2016. Consórcio IAN-AF; 2017.

Institute of Medicine (US) Subcommittee on Interpretation and Uses of Dietary Reference Intakes, & Institute of Medicine (US) Standing Committee on the Scientific Evaluation of Dietary Reference Intakes. (2020). *DRI Dietary Reference Intakes: Applications in Dietary Assessment*. National Academies Press (US).

Institute of Medicine. (2018). Dietary Reference Intakes for Calcium and Vitamin D. *Comptes Rendus Mathématique (Vol. 356)*. Washington, DC: *The National Academies Press*. <https://doi.org/10.1016/j.crma.2018.11.003>

International Food Information Council Foundation. (2001). *Physical Activity, Nutrition and Bone Health*. Washington, DC. Retrieved from <http://ific.org>

Kanis, J. A. McCloskey, E. V., Johansson, H., Oden, A., Melton, L. J., & Khaltsev, N. (2008). A reference standard for the description of osteoporosis. *Bone*, 42(3), 467–475. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2007.11.001>

Kelly, T. L., Berger, N., & Richardson, T. L. (1998). DXA body composition: theory and practice. *Applied Radiation and Isotopes: Including Data, Instrumentation and Methods for Use in Agriculture, Industry and Medicine*, 49(5–6), 511–513. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20176522>

Kuriyan R. (2018). Body composition techniques. *The Indian journal of medical research*, 148(5), 648–658. https://doi.org/10.4103/ijmr.IJMR_1777_18

Lambert, E. V., Kolbe-Alexander, T., Adlakha, D., Oyeyemi, A., Anokye, N. K., Goenka, S., Mogrovejo, P., & Salvo, D. (2020). Making the case for 'physical activity security':

the 2020 WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour from a Global South perspective. *British journal of sports medicine*, 54(24), 1447–1448. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-103524>

Lappe, J. M., Watson, P., Gilsanz, V., Hangartner, T., Kalkwarf, H. J., Oberfield, S., ... Zemel, B. (2015). The longitudinal effects of physical activity and dietary calcium on bone mass accrual across stages of pubertal development. *Journal of Bone and Mineral Research*, 30(1), 156–164. <https://doi.org/10.1002/jbmr.2319>

Levine, M. A. (2012). Assessing bone health in children and adolescents. *Indian Journal of Endocrinology and Metabolism*, 16(Suppl 2), S205-12. <https://doi.org/10.4103/2230-8210.104040>

Lewiecki, E. M. (2010). Bone densitometry and vertebral fracture assessment. *Current Osteoporosis Reports*, 8(3), 123–130. <https://doi.org/10.1007/s11914-010-0018-z>

Lissner, L., Wijnhoven, T. M., Mehlig, K., Sjöberg, A., Kunesova, M., Yngve, A., Petrauskiene, A., Duleva, V., Rito, A. I., & Breda, J. (2016). Socioeconomic inequalities in childhood overweight: heterogeneity across five countries in the WHO European Childhood Obesity Surveillance Initiative (COSI-2008). *International journal of obesity (2005)*, 40(5), 796–802. <https://doi.org/10.1038/ijo.2016.12>

Lohman, T. G., Hingle, M., & Going, S. B. (2013). Body composition in children. *Pediatric exercise science*, 25(4), 573–590. <https://doi.org/10.1123/pes.25.4.573>

Lohman, TG, & Sundgot-Borgen, J. (2012). Current Status of Body Composition Assessment in Sport. *Sports Medicine*, 42(3), 227–249. <http://link.springer.com/article/10.2165/11597140-000000000-00000>

Lorentzon, M., & Cummings, S. R. (2015). Osteoporosis: the evolution of a diagnosis. *Journal of internal medicine*, 277(6), 650–661. <https://doi.org/10.1111/joim.12369>

Lozano-Berges, G., Matute-Llorente, Á., González-Agüero, A., Gómez-Bruton, A., Gómez-Cabello, A., Vicente-Rodríguez, G., & Casajús, J. A. (2018). Soccer helps build strong bones during growth: a systematic review and meta-analysis. *European journal of pediatrics*, 177(3), 295–310. <https://doi.org/10.1007/s00431-017-3060-3>

Maggioli, C., & Stagi, S. (2017). Bone modeling, remodeling, and skeletal health in children and adolescents: mineral accrual, assessment and treatment. *Annals of pediatric endocrinology & metabolism*, 22(1), 1–5. <https://doi.org/10.6065/apem.2017.22.1.1>

Majidinia, M., Sadeghpour, A., & Yousefi, B. (2018). The roles of signaling pathways in bone repair and regeneration. *Journal of cellular physiology*, 233(4), 2937–2948. <https://doi.org/10.1002/jcp.26042>

Malina R. M. (2007). Body composition in athletes: assessment and estimated fatness. *Clinics in sports medicine*, 26(1), 37–68. <https://doi.org/10.1016/j.csm.2006.11.004>

Malina R. M. (2022). 1.4.1 Physical Activity, Health, and Nutrition. *World review of nutrition and dietetics*, 124, 81–86. <https://doi.org/10.1159/000516719>

Malina, R. M., Rogol, A. D., Cumming, S. P., Coelho e Silva, M. J., & Figueiredo, A. J. (2015). Biological maturation of youth athletes: assessment and implications. *British journal of sports medicine*, 49(13), 852–859. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094623>

Malina, R., Bouchard, C., & Bar-Or, O. (2004). Growth, Maturation and Physical Activity. Hardcover. ISBN 9780880118828

Mazess RB, B. H. (1989). Bone densitometry for diagnosis and monitoring osteoporosis. *Proc Soc Exp Biol Med.*, 3(191), 261–271.

Mazzoccoli G. (2016). Body composition: Where and when. *European journal of radiology*, 85(8), 1456–1460. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2015.10.020>

Michalopoulou, M., Kambas, A., Leontsini, D., Chatzinikolaou, A., Draganidis, D., Avloniti, A., Tsoukas, D., Michopoulou, E., Lyritis, G. P., Papaioannou, N., Tournis, S., & Fatouros, I. G. (2013). Physical activity is associated with bone geometry of premenarcheal girls in a dose-dependent manner. *Metabolism: clinical and experimental*, 62(12), 1811–1818. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2013.08.006>

Moore, M., Braid, S., Falk, B., & Klentrou, P. (2007). Daily calcium intake in male children and adolescents obtained from the rapid assessment method and the 24-hour recall method. *Nutrition Journal*, 6, 24. <https://doi.org/10.1186/1475-2891-6-24>

Njeh, C. F., Fuerst, T., Hans, D., Blake, G. M., & Genant, H. K. (1999). Radiation exposure in bone mineral density assessment. *Applied Radiation and Isotopes: Including Data, Instrumentation and Methods for Use in Agriculture, Industry and Medicine*, 50(1), 215–236. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10028639>

Olmedillas, H., González-Agüero, A., Moreno, L. A., Casajús, J. A., & Vicente-Rodríguez, G. (2011). Bone related health status in adolescent cyclists. *PLoS ONE*, 6(9). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0024841>

Padilla, C. J., Ferreyro, F. A., & Arnold, W. D. (2021). Anthropometry as a readily accessible health assessment of older adults. *Experimental gerontology*, *153*, 111464. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2021.111464>

Pelegrini, A., Klen, J. A., Costa, A. M., Bim, M. A., Claumann, G. S., De Angelo, H., & Araújo Pinto, A. (2020). Association between sedentary behavior and bone mass in adolescents. *Osteoporosis international: a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*, *31*(9), 1733–1740. <https://doi.org/10.1007/s00198-020-05412-1>

Pereira da Silva, A., Matos, A., Valente, A., Gil, Â., Alonso, I., Ribeiro, R., Bicho, M., & Gorjão-Clara, J. (2016). Body Composition Assessment and Nutritional Status Evaluation in Men and Women Portuguese Centenarians. *The journal of nutrition, health & aging*, *20*(3), 256–266. <https://doi.org/10.1007/s12603-015-0566-0>

Rauch, F., & Schoenau, E. (2001). Changes in bone density during childhood and adolescence: an approach based on bone's biological organization. *Journal of bone and mineral research: the official journal of the American Society for Bone and Mineral Research*, *16*(4), 597–604. <https://doi.org/10.1359/jbmr.2001.16.4.597>

Riddoch, C. J., Bo Andersen, L., Wedderkopp, N., Harro, M., Klasson-Heggebø, L., Sardinha, L. B., Cooper, A. R., & Ekelund, U. (2004). Physical activity levels and patterns of 9- and 15-yr-old European children. *Medicine and science in sports and exercise*, *36*(1), 86–92. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000106174.43932.92>

Rizzoli, R., & Bonjour, J. P. (2004). Dietary protein and bone health. *Journal of Bone and Mineral Research*, *19*(4), 527–531. <https://doi.org/10.1359/JBMR.040204>

Rizzoli, R., Bianchi, M. L., Garabédian, M., McKay, H. A., & Moreno, L. A. (2010). Maximizing bone mineral mass gain during growth for the prevention of fractures in the adolescents and the elderly. *Bone*, *46*(2), 294–305. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2009.10.005>

Roche, A. (1991). Growth Maturation and Body Composition - The Fels Longitudinal Study 1929 -1991. (G. Lasker, C. Mascie-Taylor, D. Roberts, & R. Foley, Ed.) (1st ed.). Cambridge: Cambridge Studies in Biological Anthropology.

Rosado, J., Duarte, J. P., Sousa-E-Silva, P., Costa, D. C., Martinho, D. V., Valente-Dos-Santos, J., Coelho-E-Silva, M. J. (2020). Body composition among long distance runners. *Revista Da Associacao Medica Brasileira*, *66*(2), 180–186. <https://doi.org/10.1590/1806-9282.66.2.180>

Sartori, R., & Sandri, M. (2015). BMPs and the muscle-bone connection. *Bone*, 80, 37–42. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2015.05.023>

Schnitzler, C. M. (2015). Childhood cortical porosity is related to microstructural properties of the bone-muscle junction. *Journal of Bone and Mineral Research*, 30(1), 144–155. <https://doi.org/10.1002/jbmr.2312>

Seo, Y. G., Kim, Y., Lim, H., Kang, M. J., & Park, K. H. (2021). Relationship Between Bone Mineral Density and Body Composition According to Obesity Status in Children. *Endocrine practice: official journal of the American College of Endocrinology and the American Association of Clinical Endocrinologists*, 27(10), 983–991. <https://doi.org/10.1016/j.eprac.2021.06.006>

Shepherd, J. A., Ng, B. K., Sommer, M. J., & Heymsfield, S. B. (2017). Body composition by DXA. *Bone*, 104, 101–105. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2017.06.010>

Shojaa, M., Von Stengel, S., Schoene, D., Kohl, M., Barone, G., Bragonzoni, L., Dallolio, L., Marini, S., Murphy, M. H., Stephenson, A., Mänty, M., Julin, M., Risto, T., & Kemmler, W. (2020). Effect of Exercise Training on Bone Mineral Density in Post-menopausal Women: A Systematic Review and Meta-Analysis of Intervention Studies. *Frontiers in physiology*, 11, 652. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00652>

Silva, C. C., Goldberg, T. B., Teixeira, A. S., & Dalmas, J. C. (2011). The impact of different types of physical activity on total and regional bone mineral density in young Brazilian athletes. *Journal of Sports Sciences*, 29(3), 227–234. <https://doi.org/10.1080/02640414.2010.529456>

Specker, B., Thiex, N. W., & Sudhagoni, R. G. (2015). Does Exercise Influence Pediatric Bone? A Systematic Review. *Clinical orthopaedics and related research*, 473(11), 3658–3672. <https://doi.org/10.1007/s11999-015-4467-7>

Spinelli, A., Buoncristiano, M., Kovacs, V. A., Yngve, A., Spiroski, I., Obreja, G., Starc, G., Pérez, N., Rito, A. I., Kunešová, M., Sant'Angelo, V. F., Meisfjord, J., Bergh, I. H., Kelleher, C., Yardim, N., Pudule, I., Petrauskiene, A., Duleva, V., Sjöberg, A., Gualtieri, A., ... Breda, J. (2019). Prevalence of Severe Obesity among Primary School Children in 21 European Countries. *Obesity facts*, 12(2), 244–258. <https://doi.org/10.1159/000500436>

Stamatakis, E., & Bull, F. C. (2020). Putting physical activity in the 'must-do' list of the global agenda. *British journal of sports medicine*, 54(24), 1445–1446. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-103509>

Streeter, A. J., Hosking, J., Metcalf, B. S., Jeffery, A. N., Voss, L. D., & Wilkin, T. J. (2013). Body fat in children does not adversely influence bone development: a 7-year

longitudinal study (EarlyBird 18). *Pediatric obesity*, 8(6), 418–427. <https://doi.org/10.1111/j.2047-6310.2012.00126.x>

Swaim, R. a, Barner, J. C., & Brown, C. M. (2008). The relationship of calcium intake and exercise to osteoporosis health beliefs in postmenopausal women. *Research in Social & Administrative Pharmacy: RSAP*, 4(2), 153–163. <https://doi.org/10.1016/j.sapharm.2007.03.004>

Tan, C. O., Battaglino, R. A., Doherty, A. L., Gupta, R., Lazzari, A. A., Garshick, E., Zafonte, R., & Morse, L. R. (2014). Adiponectin is associated with bone strength and fracture history in paralyzed men with spinal cord injury. *Osteoporosis international: a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*, 25(11), 2599–2607. <https://doi.org/10.1007/s00198-014-2786-2>

Tan, V. P. S., Macdonald, H. M., Kim, S. J., Nettlefold, L., Gabel, L., Ashe, M. C., & McKay, H. A. (2014). Influence of physical activity on bone strength in children and adolescents: A systematic review and narrative synthesis. *Journal of Bone and Mineral Research*, 29(10), 2161–2181. <https://doi.org/10.1002/jbmr.2254>

Tobias, J. H., Gould, V., Brunton, L., Deere, K., Rittweger, J., Lipperts, M., & Grimm, B. (2014). Physical Activity and Bone: May the Force be with You. *Frontiers in Endocrinology*, 5(March), 20. <https://doi.org/10.3389/fendo.2014.00020>

Toombs, R., Ducher, G., Shepherd, J., & De Souza, M. J. (2012). The impact of recent technological advances on the trueness and precision of DXA to assess body composition. *Obesity (Silver Spring, Md.)*, 20(1), 30–39. <https://doi.org/10.1038/oby.2011.211>

Tur, J. A., & Bibiloni, M. (2019). Anthropometry, Body Composition and Resting Energy Expenditure in Human. *Nutrients*, 11(8), 1891. <https://doi.org/10.3390/nu11081891>

Valente-Dos-Santos, J., Tavares, Ó. M., Duarte, J. P., Sousa-E-Silva, P. M., Rama, L. M., Casanova, J. M., Fontes-Ribeiro, C. A., Marques, E. A., Courteix, D., Ronque, E., Cyrino, E. S., Conde, J., & Coelho-E-Silva, M. J. (2018). Total and regional bone mineral and tissue composition in female adolescent athletes: comparison between volleyball players and swimmers. *BMC pediatrics*, 18(1), 212. <https://doi.org/10.1186/s12887-018-1182-z>

van Santen, J. A., Pereira, C., Sanchez-Santos, M. T., Cooper, C., & Arden, N. K. (2019). Dominant vs. non-dominant hip comparison in bone mineral density in young sporting athletes. *Archives of osteoporosis*, 14(1), 54. <https://doi.org/10.1007/s11657-019-0605-2>

Vannucci, L., Fossi, C., Quattrini, S., Guasti, L., Pampaloni, B., Gronchi, G., Giusti, F., Romagnoli, C., Cianferotti, L., Marcucci, G., & Brandi, M. L. (2018). Calcium Intake in Bone Health: A Focus on Calcium-Rich Mineral Waters. *Nutrients*, *10*(12), 1930. <https://doi.org/10.3390/nu10121930>

Vatanparast, H., Bailey, D. A., Baxter-Jones, A. D. G., & Whiting, S. J. (2010). Calcium requirements for bone growth in Canadian boys and girls during adolescence. *British Journal of Nutrition*, *103*(4), 575–580. <https://doi.org/10.1017/S0007114509992522>

Vlachopoulos, D., Barker, A. R., Williams, C. A., ARNGRÍMSSON, S. A., Knapp, K. M., Metcalf, B. S., Fatouros, I. G., Moreno, L. A., & Gracia-Marco, L. (2017). The Impact of Sport Participation on Bone Mass and Geometry in Male Adolescents. *Medicine and science in sports and exercise*, *49*(2), 317–326. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001091>

Vlachopoulos, D., Gracia-Marco, L., Barker, A. R., Huybrechts, I., Moreno, L. A., & Mouratidou, T. (2016). Bone health: The independent and combined effects of calcium, Vitamin D and exercise in children and adolescents. *Food and Nutritional Components in Focus*, 2016-January (10), 530–546. <https://doi.org/10.1039/9781782622130-00530>

Wallace, T. C., & Frankenfeld, C. L. (2017). Dietary Protein Intake above the Current RDA and Bone Health: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of the American College of Nutrition*, *36*(6), 481–496. <https://doi.org/10.1080/07315724.2017.1322924>

Wang, ZiMian, Pi-Sunyer, F. X., Kotler, D. P., Wielopolski, L., Withers, R. T., Pierson, R. N., & Heymsfield, S. B. (2002). Multicomponent methods: evaluation of new and traditional soft tissue mineral models by in vivo neutron activation analysis. *The American Journal of Clinical Nutrition*, *76*(5), 968–974. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12399267>

Weeks, B. K., Young, C. M., & Beck, B. R. (2008). Eight months of regular in-school jumping improves indices of bone strength in adolescent boys and girls: The POWER PE study. *Journal of Bone and Mineral Research*, *23*(7), 1002–1011. <https://doi.org/10.1359/jbmr.080226>

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. *Journal of Nutrition*, *134*(3), 696–700. <https://doi.org/10.1093/jn/134.3.696s>

Winther, A., Jørgensen, L., Ahmed, L. A., Christoffersen, T., Furberg, A. S., Grimnes, G., Jorde, R., Nilsen, O. A., Dennison, E., & Emaus, N. (2018). Bone mineral density at the hip and its relation to fat mass and lean mass in adolescents: the Tromsø Study, Fit Futures. *BMC musculoskeletal disorders*, 19(1), 21. <https://doi.org/10.1186/s12891-018-1933-x>

Winzenberg, T., Shaw, K., Fryer, J., & Jones, G. (2006). Effects of calcium supplementation on bone density in healthy children: Meta-analysis of randomised controlled trials. *British Medical Journal*, 333(7572), 775–778. <https://doi.org/10.1136/bmj.38950.561400.55>

Withers, R., LaForgia, J., & Pillans, R. (1998). Comparisons of two-, three-, and four-compartment models of body composition analysis in men and women. *Applied Physiology*, (85), 238–245. <http://www.jappt.org/content/85/1/238.short>

World Health Organization - Dept. of Nutrition for Health and Development. (2009). WHO Child Growth Standards - Length/height-for-age, weight-for-age, weight-for-length, weight-for-height and body mass index-for-age - Methods and development. *Developmental Medicine & Child Neurology* (Vol. 51). <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2009.03503.x>

World Health Organization - Mapping the health system response to childhood obesity in the WHO European Region - An overview and country perspectives. WHO Reports (Vol. 7). 2019, Copenhagen. <https://www.euro.who.int/en/health-topics/disease-prevention/nutrition/publications/2019/mapping-the-health-system-response-to-childhood-obesity-in-the-who-european-region.-an-overview-and-country-perspectives-2019>

Wosje, K. S., & Specker, B. L. (2000). Role of calcium in bone health during childhood. *Nutrition Reviews*, 58(9), 253–268. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2000.tb01879.x>

Zhang, P., Hamamura, K., & Yokota, H. (2008). A Brief Review of Bone Adaptation to Unloading. *Genomics, Proteomics and Bioinformatics*, 6(1), 4–7. [https://doi.org/10.1016/S1672-0229\(08\)60016-9](https://doi.org/10.1016/S1672-0229(08)60016-9)

Zymbal, V., Baptista, F., Letuchy, E. M., Janz, K. F., & Levy, S. M. (2019). Mediating Effect of Muscle on the Relationship of Physical Activity and Bone. *Medicine and science in sports and exercise*, 51(1), 202–210. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001759>

Trabalhos relacionados com a Tese

Comunicações:

Pinheiro, J. M. Silva; L. Ribeiro (2021). Skeletal age as a determinant of bone mass in adolescent males - a cross-sectional study *XXXVI world congress of sports medicine, FIMS2021*. Athens. <https://www.fims2020.com/docs/FinalProgram.pdf>

Pinheiro, J. M. Silva; L. Ribeiro (2021). Skeletal maturation is associated with obesity in male adolescents: results from a Portuguese cross-sectional study *XXXVI world congress of sports medicine, FIMS2021*. Athens. <https://www.fims2020.com/docs/FinalProgram.pdf>

Pinheiro, J. M. Silva; L. Ribeiro (2021). The impact of different sports on total and regional bone mineral density in young Portuguese athletes *XXXVI world congress of sports medicine, FIMS2021*. Athens. <https://www.fims2020.com/docs/FinalProgram.pdf>

J. Pinheiro, L. P. Ribeiro, M. Coelho-e-Silva, (2020). Total and regional bone density and body mass in male adolescents: comparison between soccer players and swimmers, *Radiographer's. Insights into Imaging*, 11(Suppl 1) p.392, Vienna, Austria: Springer. 34. <https://doi.org/10.1186/s13244-020-00851-0>

J. Pinheiro, L. P. Ribeiro, M. Coelho-e-Silva, (2020). Total and regional bone density and body mass: comparison between normal and overweight male adolescents. *Radiographer's. Insights into Imaging*, 11(Suppl 1) p.393, Vienna, Austria: Springer. 34. <https://doi.org/10.1186/s13244-020-00851-0>

Pósteres

J. Pinheiro, L. P. Ribeiro, M. Coelho-e-Silva (2022). Body composition and Bone mineral density in sedentary and overweight male adolescents. *European Congress of Obesity* - LBP3.21

J. Pinheiro, L. P. Ribeiro, M. Coelho-e-Silva (2022). Body composition in Portuguese sedentary males - Comparative study between normal weighted and overweight adolescents. *Portuguese Obesity Congress – Poster session: Physical Activity*. <https://congressoportuguesobesidade.pt/wp-content/uploads/2021/11/programa19112021.pdf>

Pinheiro J., Silva, M., Ribeiro, L. 2021. Skeletal maturation as a predictor of Bone Mineral Density (BMD) and Bone Mineral Content (BMC). [*EPOSTM*]. *Electronic Presentation Online System*, Scientific Exhibit. European Congress of Radiology 2021 C-14349, <https://dx.doi.org/10.26044/ecr2021/C-14349>

J. Pinheiro, L. P. Ribeiro, M. Coelho-e-Silva, (2020). Total and regional bone density and body mass in male adolescents: comparison between athletes and non-athletes. [*EPOSTM*]. *Electronic Presentation Online System*, Scientific Exhibit. European Congress of Radiology, Austria, Vienna, March, 2020. <https://dx.doi.org/10.26044/ecr2020/C-13765>

ANEXOS

Anexo 1 – Consentimento Informado



FCDEF FACULDADE DE CIÊNCIAS DO
DESPORTO E EDUCAÇÃO FÍSICA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

No âmbito do curso de Doutoramento em Ciências do Desporto da Universidade de Coimbra, o abaixo-assinado e os seus orientadores iniciaram uma pesquisa dedicada ao estudo dos atletas.

A pesquisa realizada prevê a avaliação da estatura, altura sentada, massa corporal, massa gorda e ainda exames de imagem ao esqueleto de forma a estudar o crescimento, maturação e densidade óssea.

Estes procedimentos são socialmente e eticamente aceites, sendo os procedimentos de avaliação serão realizados pelo investigador abaixo-assinado, garantido o carácter voluntário da participação (os avaliados podem desistir a qualquer momento), a permissão de participação aos encarregados de educação, bem como o anonimato dos sujeitos e a não transmissão dos dados a uma terceira entidade.

Face ao exposto venho solicitar consentimento para iniciar o plano de execução operacional da investigação.

Sinceramente,

João Pedro Alexandre Pinheiro

jppinheiro@ualg.pt – 916969537

O encarregado de educação: _____, do atleta,
_____ (nome) nascido ___/___/___
autoriza participar no estudo que nos foi apresentado e aceita prestar as seguintes informações:

- a) Estatura do pai _____ cm (Conforme Bilhete de Identidade);
- b) Estatura da mãe _____ cm (Conforme Bilhete de Identidade);
- c) Estatura do atleta quando nasceu _____ cm;
- d) Peso do atleta quando nasceu _____ kg.

Data ___/___/2016

Assinatura _____

Anexo 2 – Pedido de autorização de recolha



João Pinheiro | jpinheiro@ualg.pt – 91696953
Urbanização Campina Villas, Lote 2, 2º Direito
8150-011 São Brás de Alportel

No âmbito do curso de Doutoramento em Ciências do Desporto da Universidade de Coimbra, o abaixo-assinado e os seus orientadores iniciaram uma pesquisa dedicada ao estudo de jovens atletas, de diferentes modalidades, e não atletas.

A pesquisa envolve jovens entre os 13 e os 16 anos dos seguintes locais:

- Agrupamento de Escolas Padre João Coelho Cabanita, R. Padre João Cabanita, 8100-231 Loulé;
- Escola de Natação de Loulé, Piscinas Municipais de Loulé, 8100-760 Loulé;
- Sociedade Recreativa e Desportiva 1º de Janeiro, R. Teófilo Braga, 8150-151 São Brás de Alportel
- Sporting Clube Farense - Praça de Tanger, 8000-166 Faro;
- Hospital Particular do Algarve - Urbanização Casal de Gambelas, Lote 2, Gambelas, 8005-226 Faro

A presente prevê a avaliação da estatura, altura sentada, massa corporal e ainda exames de imagem ao esqueleto. Estes procedimentos são socialmente e eticamente aceites, sendo que os procedimentos de avaliação serão realizados pelo investigador abaixo-assinado, sendo garantido o carácter voluntário da participação, a permissão de participação aos encarregados de educação, bem como o anonimato dos sujeitos e a não transmissão dos dados a uma terceira entidade.

Face ao exposto venho solicitar consentimento para iniciar o plano de execução operacional da investigação.

Sinceramente,

João Pedro Alexandre Pinheiro

Universidade de Coimbra, 15 de Agosto de 2015

Anexo 3: Resumo de projeto

João Pinheiro | jppinheiro@ualg.pt – 916969537
Urbanização Campina Villas, Lote 2, 2º Direito
8150-011 São Brás de Alportel

Resumo de Projecto - SPORTS PARTICIPATION, GROWTH, MATURATION AND BONE MINERAL CONTENT

No âmbito do curso de Doutoramento em Ciências do Desporto da Universidade de Coimbra, o abaixo-assinado e os seus orientadores iniciaram uma pesquisa dedicada ao estudo de jovens atletas, de diferentes modalidades, e não atletas.

Orientação:

- Professor Doutor Manuel João Coelho e Silva (<http://orcid.org/0000-0003-4512-7331>)
- Professor Doutor Luís Pedro Ribeiro (<http://www.degois.pt/visualizador/curriculum.jsp?key=1543404819176463>)

A pesquisa envolve jovens entre os 13 e os 16 anos dos seguintes locais:

Escola E. B. 2º & 3º Ciclos, José Belchior Viegas, de São Brás de Alportel,
Escola Secundária Poeta Bernardo Passos de São Brás de Alportel,
Clube de Futebol Sociedade Recreativa 1º de Janeiro de São Brás de Alportel
Louletano - Clube de Natação de Loulé;
Louletano Futebol Clube;
Farense Futebol Clube;

A presente prevê a avaliação da estatura, altura sentada, massa corporal e ainda exames de imagem ao esqueleto (Osteodensitometria e radiografia da mão).

Estes procedimentos são socialmente e eticamente aceites, tendo o projeto sido aprovado pela Comissão Científica da Universidade de Coimbra. Todos os procedimentos de avaliação serão realizados pelo investigador abaixo-assinado, sendo garantido o carácter voluntário da participação, a permissão de participação aos encarregados de educação, bem como o anonimato dos sujeitos e a não transmissão dos dados a uma terceira entidade.

Face ao exposto venho solicitar consentimento para iniciar o plano de execução operacional da investigação, ficando disponível para eventuais esclarecimentos.

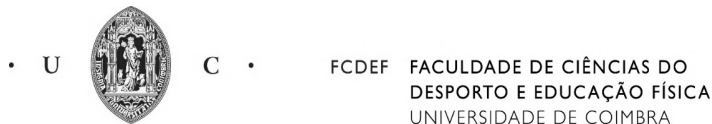
Sinceramente,



João Pedro Alexandre Pinheiro (Orcid: <http://orcid.org/0000-0001-7019-8313>) (jppinheiro@ualg.pt)

Universidade de Coimbra, 15 de Abril de 2016

Anexo 4: Orientação e Calendarização da recolha de dados



Assunto: Orientação e Calendarização do Projecto de Tese de Doutoramento

O Dr. João Pinheiro tem uma formação de base em tecnologias da saúde e é docente na Universidade do Algarve. Após o primeiro ano do curso doutoral de Ciências do Desporto, no Ramo de Actividade Física e Saúde e depois de ter trabalhado com o Dr. João Pinheiro e com o Doutor Luís Ribeiro, acertámos um projecto de pesquisa que agora assume o título provisório de *"SPORTS PARTICIPATION GROWTH, MATURATION AND BONE MINERAL CONTENT"*, cujo respectivo projecto foi enviado por correio electrónico pelo orientando.

No que respeita à calendarização, na respectiva instituição, prevê-se a necessidade da utilização da Sala de Osteodensitometria durante o período da manhã de Sábado das 9h00 – 12h30, durante 3 meses de forma a analisar vários atletas faseadamente.

Os exames poderão ser anonimizados utilizando o próprio software DICOM do serviço de imagiologia e exportados posteriormente em formato DICOM, JPEG ou PNG e posteriormente analisados. A cada atleta é atribuído um número de identificação invés do nome e apelido. Os *softwares* utilizados para análise das imagens são respectivamente o OSIRIX e o GE Lunar Prodigy 2011 Versão 13.60, a qual o orientando possui uma licença própria.

Face a toda a informação acima mencionada, tendo assumido as funções de orientação da tese doutoral proposta pelo Dr. João Pinheiro, fazendo-o conjuntamente com o Doutor Luís Ribeiro.

Cumprimentos

Anexo 5: Autorização de recolha de dados



Caríssimo Dr. João Pinheiro, o seu pedido para realizar a recolha de dados foi aprovado, ficando o equipamento ao seu dispor e as datas a agendar com o serviço.

Após a recolha do mesmo pedimos a sua divulgação internamente.

Atenciosamente ao dispor,

Ana Fontes

Consultora do Núcleo de Formação e Desenvolvimento Profissional

E-mail: anafontes@grupohpa.com

Grupo Hospital Particular do Algarve

Estrada de Alvor, Lote 27, 8500-322 Alvor, Algarve, Portugal

Tel.: +351 707 28 28 28

www.hpalg.com

AVISO DE CONFIDENCIALIDADE: Esta mensagem e quaisquer ficheiros anexos a ela são confidenciais e destinam-se a uso exclusivo da pessoa ou entidade a quem são dirigidos. Se não é o destinatário da mensagem ou a pessoa responsável pelo seu encaminhamento ao respectivo destinatário, fica informado de que recebeu esta mensagem por engano, e de que qualquer utilização, distribuição, reencaminhamento ou outra forma de revelação a outrem, impressão, ou cópia desta mensagem é expressamente proibido. Se recebeu esta mensagem por engano, deverá destruí-la, eliminá-la do sistema e informar o remetente ou o Hospital Particular do Algarve, SA. O Hospital Particular do Algarve, SA utiliza software antivírus. No entanto, não obstante terem sido tomadas todas as precauções, não pode garantir que a mensagem e seus anexos não contêm vírus. É, assim, da responsabilidade do destinatário assegurar que esta mensagem e seus anexos são submetidos a detector de vírus antes de serem utilizados. Alerta-se no entanto que as mensagens transmitidas por este meio podem ser interceptadas, corrompidas, perdidas, destruídas ou chegarem ao destino com atraso.



Alvor | Gambelas - Faro | Portimão | Monchique | Algarveshopping - Guia | Albufeira | Vilamoura | Vila Real de Stº António

 Pense bem antes de imprimir este email, o ambiente agradece.

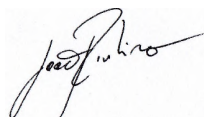
Anexo 6: Declaração de conflito de interesses



FCDEF FACULDADE DE CIÊNCIAS DO
DESPORTO E EDUCAÇÃO FÍSICA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Eu João Pedro Alexandre Pinheiro aluno nº2013180336 da
Universidade de Coimbra – Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física, declaro para
fins da realização da tese de doutoramento intitulada: “*Sports participation, growth, maturation
and bone mineral content*” na instituição “Grupo HPA – Hospital Particular do Algarve”, não
existirem quaisquer conflitos de interesses a declarar.

João Pinheiro, 1 de Junho de 2016



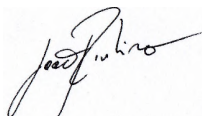
Anexo 7: Declaração de partilha e divulgação



FCDEF FACULDADE DE CIÊNCIAS DO
DESPORTO E EDUCAÇÃO FÍSICA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Eu João Pedro Alexandre Pinheiro aluno nº2013180336 da
Universidade de Coimbra – Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física, declaro para
fins da realização da tese de doutoramento intitulada: “*Sports participation, growth, maturation
and bone mineral content*” na instituição “Grupo HPA – Hospital Particular do Algarve”, declaro
referenciar a instituição cooperante, bem como os colaboradores da mesma em todos, e
quaisquer trabalhos de cariz académicos, que decorrerão da respectiva investigação.

João Pinheiro, 1 de Junho de 2016



Anexo 8:



Agrupamento de Escolas Padre João Coelho Cabanita

INFORMAÇÃO

Vítor Caliço
Conselho Diretivo
Agrupamento de Escolas Padre João Coelho Cabanita
R. Padre João Cabanita, 8100-231 Loulé;
Data: Outubro 2016

Assunto: Pedido de Autorização para realização de trabalho de investigação: "SPORTS PARTICIPATION, GROWTH, MATURATION AND BONE MINERAL CONTENT"

Investigador: João Pinheiro

Em relação ao estudo referido em epígrafe, somos de parecer favorável à realização do mesmo, uma vez que não se verificam quaisquer dificuldades do foro ético.

Sem outro assunto, enviamos os nossos cumprimentos.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Vítor Caliço", is written over a horizontal line.

Anexo 9:



Escola de Natação de Loulé,
Piscinas Municipais de Loulé, 8100-760 Loulé;

Natação Desporto Clube - Loulé

Assunto: Execução de investigação e recolha de dados nas instalações municipais das piscinas de Loulé

Caro Sr. João Pinheiro

De acordo com o pedido realizado sob o tema de investigação "*Sports participation, growth, maturation and bone mineral content*", após reunião da direção e treinadores do Clube de Natação de Loulé, e não havendo quaisquer impeditivos à sua realização, enviamos o nosso parecer favorável à realização do mesmo.

Aquando a finalização do mesmo, agradecemos o contacto por parte do investigador na divulgação dos resultados do mesmo na nossa instituição.

Loulé, Setembro 2016

Natação Desporto Clube - Loulé

Anexo 10:



SPORTING CLUBE FARENSE

Direção Desportiva do SCF
Formação de Jogadores
Paulo Alentejano

// Telefone //
+351 289 894 020

// Fax //
+351 289 894 029

// Email //
sportingclubefarense@sapo.pt
marketing@sportingclubefarense.com

Vimos por este meio confirmar, após a nossa reunião, que aprovamos e autorizamos o seguimento do seu trabalho de investigação intitulado "*Sports Participation, growth and bone mineral content*" no Sporting Clube Farense.

Uma vez que tema é pertinente e do interesse do clube agradecemos uma apresentação geral final dos resultados obtidos aos treinadores e jogadores.

Cumprimentos;

Anexo 11:



Domingos Jacinto
Direção Desportiva
Sociedade Recreativa e Desportiva 1º de Janeiro
Novembro 2016

Assunto: Trabalho de investigação com os atletas do 1º de Janeiro F.C.

Caro Sr. João Pinheiro, vimos por este meio informar que autorizamos a recolha de dados na nossa instituição, uma vez que não existem constrangimentos à realização dos treinos planeados.

Com os melhores cumprimentos;

A handwritten signature in blue ink that reads "Domingos Jacinto". The signature is written in a cursive style and is positioned above a horizontal line.

Anexo 12:



FCDEF FACULDADE DE CIÊNCIAS DO
DESPORTO E EDUCAÇÃO FÍSICA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Comissão de Ética da FCDEF

Parecer preliminar sobre o projeto Submetido: Sports participation, growth, maturation and bone mineral content

Identificação do Processo: CE/FCDEF-UC/00172016

Exmo. Sr. Investigador

Para os devidos efeitos certifica-se que o projeto "Sports participation, growth, maturation and bone mineral content.", submetido à Comissão de Ética da FCDEF-UC não apresenta procedimentos que violem os princípios éticos em que se enquadra a investigação.

A Presidente da Comissão de Ética

Profª Doutora Paula Cristina Vaz Bernardo Tavares

Anexo 13: Questionário de frequência alimentar

Por favor, **antes de iniciar o questionário leia as instruções da página anterior.**

Pense durante o último ano quantas vezes por dia, semana ou mês, em média, consumiu cada um dos alimentos referidos. Na coluna referente à quantidade deverá assinalar se sua porção é igual, menor ou maior do que a referida como porção média. Para os alimentos consumidos só em determinadas épocas do ano, anote a frequência com que o alimento é consumido nessa época e assinale com uma cruz (x) na última coluna (Sazonal).

I. P. LÁCTEOS	Frequência alimentar								Quantidade			Sazonal		
	Nunca ou <1 mês	1-3 por mês	1 por sem	2-4 por sem	5-6 por sem	1 por dia	2-3 por dia	4-5 por dia	6 + por dia	Porção Média	A sua porção é:			
										Menor	Igual	Maior		
1. Leite gordo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1 chávena = 250 ml	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
2. Leite meio-gordo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1 chávena = 250 ml	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
3. Leite magro	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1 chávena = 250 ml	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
4. Iogurte	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Um =125g	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
5. Queijo (de qualquer tipo incluindo queijo fresco e requeijão)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1 fatia = 30g	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
6. Sobremesas lácteas: pudim, aletria e leite creme, etc	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Um ou 1 prato sobremesa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
7. Gelados	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Um ou 2 bolas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
II. OVOS, CARNES E PEIXES	Frequência alimentar								Quantidade			Sazonal		
	Nunca ou <1 mês	1-3 por mês	1 por sem	2-4 por sem	5-6 por sem	1 por dia	2-3 por dia	4-5 por dia	6 + por dia	Porção Média	A sua porção é:			
										Menor	Igual	Maior		
8. Ovos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Um	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
9. Frango	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1 porção ou 2 peças=150g	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
10. Peru, coelho	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1 porção ou 2 peças=150g	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
11. Carne vaca, porco, cabrito	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1 porção =120g	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
12. Fígado de vaca, porco, frango	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1 porção = 120g	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
13. Língua, mão de vaca, tripas, chispe, coração, rim	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1 porção =100g	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
14. Fiambre, chouriço, salpicão, presunto, etc	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	2 fatias ou 3 rodela =20g	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
15. Salsichas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	3 médias	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
16. Toucinho, bacon	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	2 fatias=50g	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
17. Peixe gordo: sardinha, cavala, carapau, salmão,	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1 porção =125g	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
18. Peixe magro: pescada, faneca, dourada, etc	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1 porção =125g	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
19. Bacalhau	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1 porção =125g	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
20. Peixe conserva: atum, sardinhas, etc	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1 lata	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
21. Lulas, polvo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1 porção =100g	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
22. Camarão, amêijoas, mexilhão, etc	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1 prato sobremesa =100g	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
III. Óleos e Gorduras	Frequência alimentar								Quantidade			Sazonal		
	Nunca ou <1 mês	1-3 por mês	1 por sem	2-4 por sem	5-6 por sem	1 por dia	2-3 por dia	4-5 por dia	6 + por dia	Porção Média	A sua porção é:			
										Menor	Igual	Maior		
23. Azeite	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1 colher sopa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
24. Óleos: girassol, milho, soja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1 colher sopa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
25. Margarina	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1 colher chá	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
26. Manteiga	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1 colher chá	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>

IV. PÃO, CEREAIS E SIMILARES	Frequência alimentar									Quantidade				S e l e c i o n a r
	Nunca ou <1 mês	1-3 por mês	1 por sem	2-4 por sem	5-6 por sem	1 por dia	2-3 por dia	4-5 por dia	6 + por dia	Porção Média	A sua porção é:			
											Menor	Igual	Maior	
27. Pão branco ou tostas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Um ou 2 tostas = 40g	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
28. Pão (ou tostas), integral, centeio, mistura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Um ou 2 tostas= 50g	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
29. Broa, broa de avintes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1 fatia = 80g	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
30. Flocos cereais (muesli, com-flakes, chocapic, etc.)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1 chávena =40g	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
31. Arroz	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	½ prato = 100g	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
32. Massas: esparguete, macarrão, etc.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	½ prato = 100g	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
33. Batatas fritas caseiras	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	½ prato = 100g	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
34. Batatas fritas de pacote	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1 pacote pequeno =30g	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
35. Batatas cozidas, assadas, estufadas e puré	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	2 batatas médias =160 g	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
V. DOCES E PASTÉIS	Frequência alimentar									Quantidade				S e l e c i o n a r
	Nunca ou <1 mês	1-3 por mês	1 por sem	2-4 por sem	5-6 por sem	1 por dia	2-3 por dia	4-5 por dia	6 + por dia	Porção Média	A sua porção é:			
											Menor	Igual	Maior	
36. Bolachas tipo maria, água e sal ou integrais	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	3 bolachas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
37. Outras bolachas ou biscoitos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	3 bolachas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
38. Croissant, pasteis, bolicao, doughnut ou bolos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Um; 1 fatia = 80g	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
39. Chocolate (tablete ou em pó)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	3 quadrados; 1 colher sopa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
40. Snacks de chocolate (Mars, Twix, Kit Kat, etc.)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Um	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
41. Marmelada, compota, geleia, mel	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1 colher sobremesa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
42. Açúcar	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1 colher sobremesa; 1 pacote	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
VI. HORTALIÇAS E LEGUMES	Frequência alimentar									Quantidade				S e l e c i o n a r
	Nunca ou <1 mês	1-3 por mês	1 por sem	2-4 por sem	5-6 por sem	1 por dia	2-3 por dia	4-5 por dia	6 + por dia	Porção Média	A sua porção é:			
											Menor	Igual	Maior	
43. Couve branca, couve lombarda	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	½ chávena =75g	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
44. Penca, Tronchuda	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	½ chávena = 65g	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
45. Couve galega	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	½ chávena =65g	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
46. Brócolos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	½ chávena =85g	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
47. Couve-flor, Couve-bruxelas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	½ chávena =65g	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
48. Grelhos, Nabiças, Espinafres	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	½ chávena =72g	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
49. Feijão verde	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	½ chávena =65g	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
50. Alface, Agrião	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	½ chávena =15g	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
51. Cebola	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	½ média=40g	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
52. Cenoura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1 média=80g	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
53. Nabo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1 médio=78g	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
54. Tomate fresco	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	½ médio=63g	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
55. Pimento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	½ médio=68g	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
56. Pepino	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	¼ médio=50g	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
57. Leguminosas: feijão, grão de bico	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1 chávena	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
58. Ervilha grão, Fava	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	½ chávena	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>

VII. FRUTOS	Frequência alimentar									Quantidade				S a z o n a r i
	Nunca ou <1 mês	1-3 por mês	1 por sem	2-4 por sem	5-6 por sem	1 por dia	2-3 por dia	4-5 por dia	6 + por dia	Porção Média	A sua porção é:			
											Menor	Igual	Maior	
59. Maça, pêra	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	uma média	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
60. Laranja, Tangerinas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1 média; 2 médias	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
61. Banana	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	uma média	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
62. Kiwi	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	um médio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
63. Morangos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1 chávena	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
64. Cerejas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1 chávena	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
65. Pêssego, Ameixa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1 médio; 3 médios	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
66. Melão, Melancia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1 fatia média = 150g	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
67. Diospiro	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1 médio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
68. Figo fresco, Nêspers, Damascos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	3 médios	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
69. Uvas frescas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1 cacho médio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
70. Frutos conserva pêssego, ananás	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	2 metades ou rodela	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
71. Amêndoas, avelãs, nozoes, amendoins, pistachio, etc.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	½ chávena (descascado)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
72. Azeitonas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	6 unidades	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
VIII. BEBIDAS E MISCELANEAS	Frequência alimentar									Quantidade				S a z o n a r i
	Nunca ou <1 mês	1-3 por mês	1 por sem	2-4 por sem	5-6 por sem	1 por dia	2-3 por dia	4-5 por dia	6 + por dia	Porção Média	A sua porção é:			
											Menor	Igual	Maior	
73. Vinho	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1 copo=125ml	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
74. Cerveja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1 garrafa ou 1 lata=330 ml	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
75. Bebidas brancas: whisky, aguardente, brandy, etc	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1 cálice = 40 ml	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
76. Coca-cola, pepsi-cola ou outras colas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1 garrafa ou 1 lata=330 ml	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
77. Ice-tea	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1 garrafa ou 1 lata=330 ml	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
78. Outros refrigerantes, sumos de fruta ou néctares embalados	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1 garrafa ou 1 copo = 250 ml	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
79. Café (incluindo pingo, meia de leite e outras bebidas com café)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1 chávena café	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
80. Chá preto e verde	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1 chávena	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
81. Croquetes, rissóis, bolinhos de bacalhau, etc.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	3 unidades	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
82. Maionese	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1 colher sobremesa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
83. Molho de tomate, ketchup	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1 colher sopa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
84. Pizza	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Meia pizza-normal	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
85. Hambúrguer	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Um médio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
86. Sopa de legumes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1 prato	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>

Existe algum alimento ou bebida que eu não tenha mencionado e que tenha consumido pelo menos 1 vez por semana mesmo em pequenas quantidades, ou numa época em particular. Por ex: frutos tropicais, sumos de fruta natural, bebidas espirituosas, café de mistura, alheiras, farínheiras, frutos secos (figo, ameixa, damasco), produtos dietéticos, rebuçados, etc.

Outros Alimentos	Frequência alimentar									Quantidade				S a z o n a r i
	Nunca ou <1 mês	1-3 por mês	1 por sem	2-4 por sem	5-6 por sem	1 por dia	2-3 por dia	4-5 por dia	6 + por dia	Porção Média				
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>

INSTRUÇÕES (PARA ENTREVISTADOR)

• As questões devem ser "neutras", isto é, não devem influenciar de qualquer forma o tipo de respostas

• O questionário pretende identificar o consumo de alimentos do ano anterior. Assim para cada alimento, deve assinalar, preenchendo o respectivo círculo, quantas vezes, em média, por dia, semana ou mês o inquirido consumiu cada um dos alimentos referidos nesta lista, **ao longo do último ano**. Não se esqueça de assinalar no círculo respectivo os alimentos que o inquirido nunca come, ou come menos de 1 vez por mês.

Preencha	assim	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
	assim não	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

• Na coluna correspondente à quantidade assinale se a porção que habitualmente o inquirido come é igual, maior ou menor do que a referida como porção média.

• Para os alimentos que só são consumidos, em determinadas épocas do ano (por ex: cerejas, diospiros, etc.), assinale as vezes em que o inquirido consumiu o alimento nessa época, e coloque uma cruz (x) na última coluna (Sazonal).

Preencha	assim	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	assim não	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

• Não se esqueça de ter em conta as vezes que o alimento é consumido sozinho e aquelas em que é adicionado a outros alimentos ou pratos (ex: café com leite, os ovos das omeletas, etc).

• No grupo III - **Óleos e Gorduras** - pergunte apenas os que são **adicionados** em saladas, no prato, no pão, etc, e **não** aos utilizados para cozinhar

• No grupo VI - **Hortaliças e Legumes** - pergunte pensando nos que são consumidos no prato (cozidos ou em saladas) e **não** nos que entram na confecção da sopa.

• No item nº 86, anote a frequência com que o inquirido come sopa de legumes. No caso da sopa consumida ser caldo verde, canja ou sopa instantânea, com uma frequência de **pelo menos 1 vez por semana**, deve assinalar este consumo separadamente no quadro existente para outros alimentos, tendo o cuidado em o subtrair à frequência que foi referida anteriormente para a sopa de legumes.

• Se houver algum alimento não mencionado na lista de alimentos e que consuma pelo menos 1 vez por semana, assinale, no quadro que existe para **outros alimentos**, a respectiva frequência e indique ainda a porção média de consumo. **Por ex: frutos tropicais, sumos de fruta natural, bebidas espirituosas, café de mistura, alheiras, farinheiras, frutos secos (figo, ameixa, damasco), produtos dietéticos, rebuçados, etc.**

Anexo 14: Controlo de Qualidade *DXA Lunar Prodigy*

Relatório de CQ de phantom

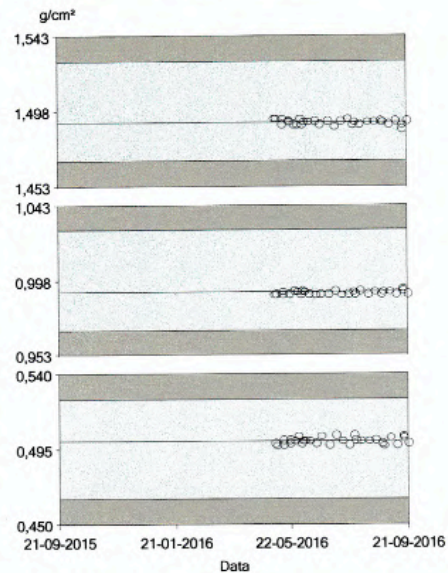
20-09-2016
8:20:48

Lunar Prodigy
DF-85146
(10,51)

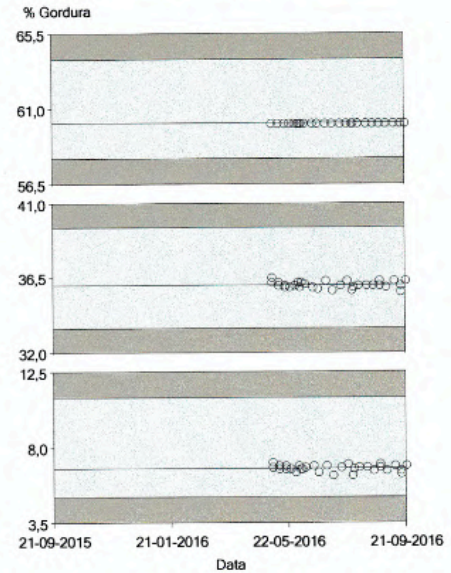
Phantom de CQ



Calibragem BMD



Calibragem de composição



Phantom de CQ

BMD	1,001 g/cm ²	Passou
BMC	25,04 g	Passou
Área	25,02 cm ²	Passou

Teste de CQ

Status do Raios-X e do detector	Passou
Testes mecânicos	Passou
Estado de Calibração	Passou

Precisão

BMD CV 0,18%

Estado do Sistema : Passou

Relatório de CQ de phantom

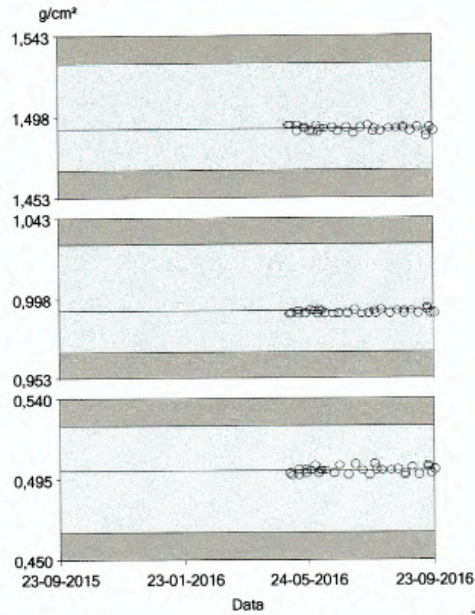
22-09-2016
15:22:31

Lunar Prodigy
DF-85146
(10,51)

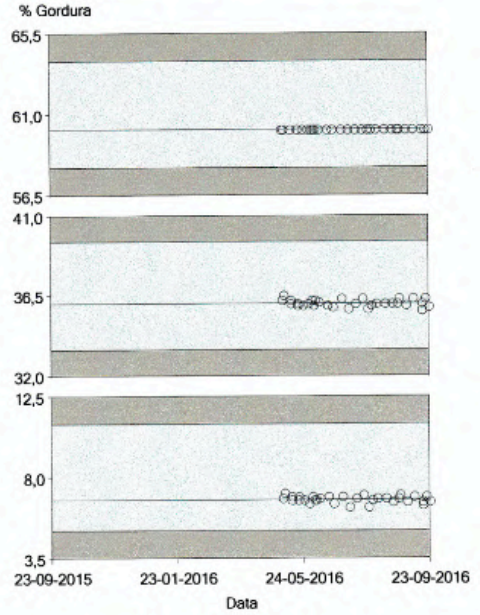
Phantom de CQ



Calibragem BMD



Calibragem de composição



Phantom de CQ

BMD	0,999 g/cm²	Passou
BMC	24,96 g	Passou
Área	24,99 cm²	Passou

Teste de CQ

Status do Raios-X e do detector	Passou
Testes mecânicos	Passou
Estado de Calibração	Passou

Precisão

BMD CV 0,19%

Estado do Sistema : Passou

Relatório de CQ de phantom

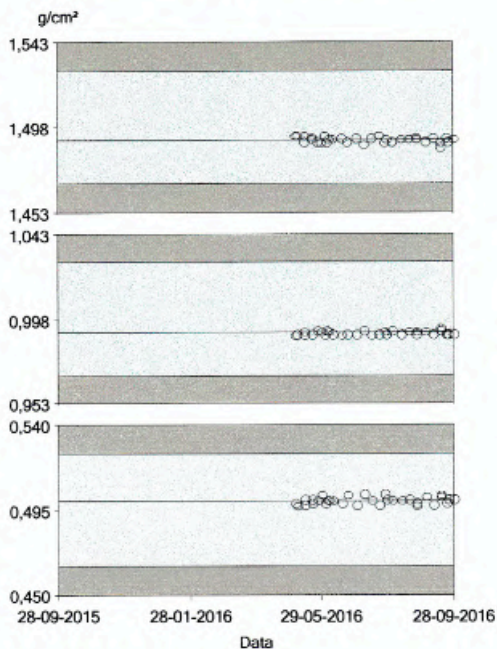
27-09-2016
9:23:33

Lunar Prodigy
DF-85146
(10,51)

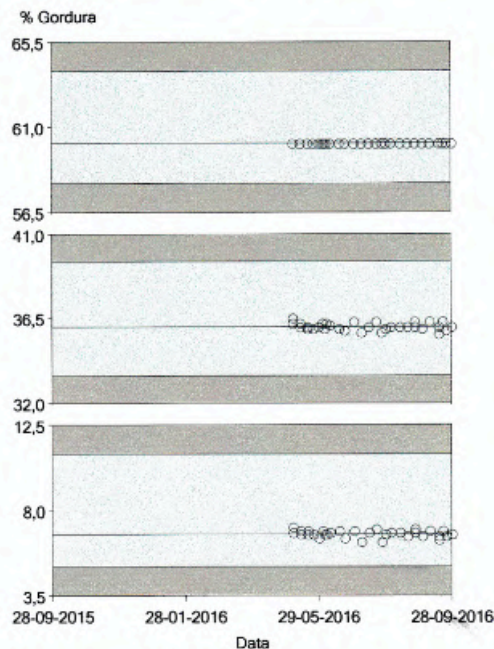
Phantom de CQ



Calibragem BMD



Calibragem de composição



Phantom de CQ

BMD	0,998 g/cm ²	Passou
BMC	24,94 g	Passou
Área	24,98 cm ²	Passou

Teste de CQ

Status do Raios-X e do detector	Passou
Testes mecânicos	Passou
Estado de Calibração	Passou

Precisão

BMD CV	0,19%
--------	-------

Estado do Sistema : Passou

Lunar Prodigy
DF-85146
(10,51)

Relatório de CQ de phantom

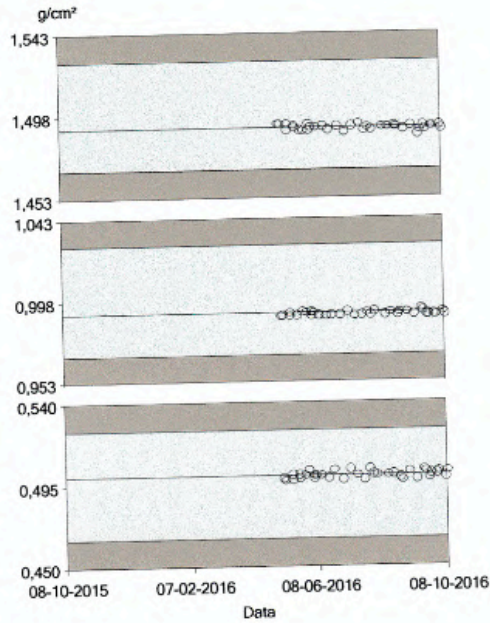
07-10-2016
15:13:27

Lunar Prodigy
DF-85146
(10,51)

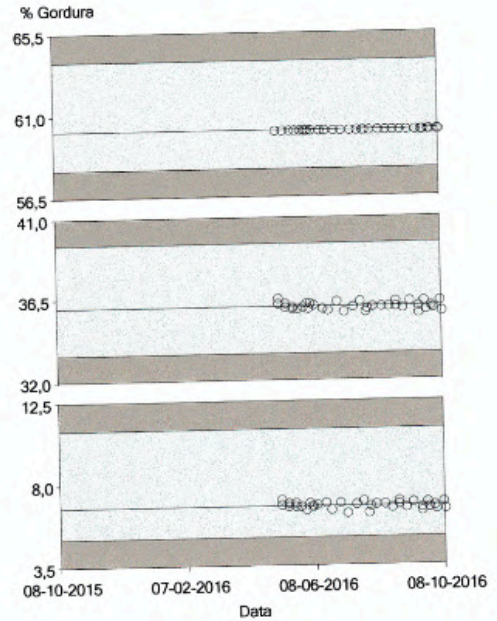
Phantom de CQ



Calibragem BMD



Calibragem de composição



Phantom de CQ

BMD	0,995 g/cm ²	Passou
BMC	24,87 g	Passou
Área	25,00 cm ²	Passou

Teste de CQ

Status do Raios-X e do detector	Passou
Testes mecânicos	Passou
Estado de Calibração	Passou

Precisão

BMD CV 0,20%

Estado do Sistema : Passou

Relatório de CQ de phantom

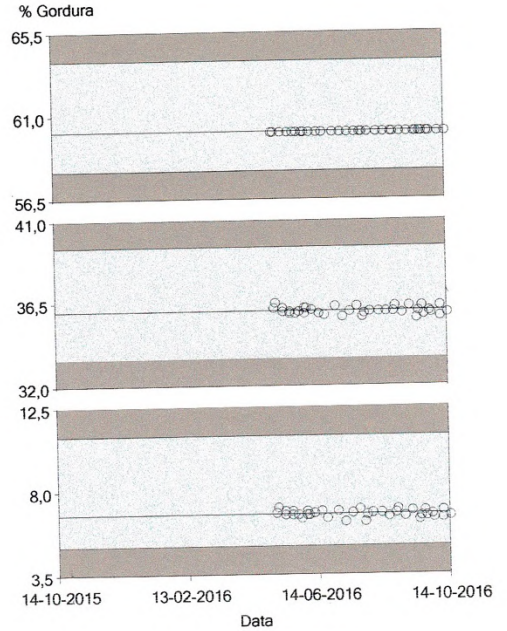
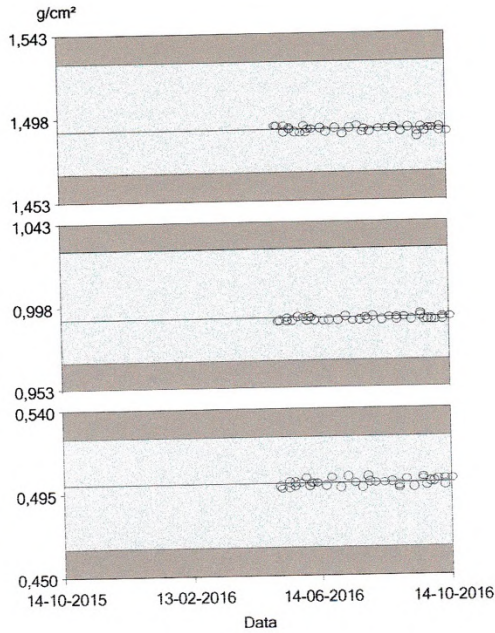
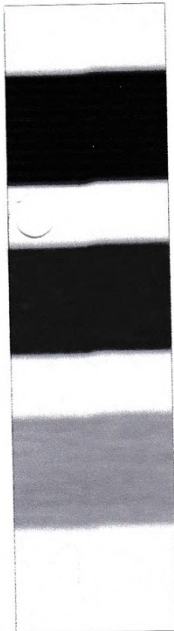
13-10-2016
16:21:58

Lunar Prodigy
DF-85146
(10,51)

Phantom de CQ

Calibragem BMD

Calibragem de composição



Phantom de CQ

BMD	0,999 g/cm ²	Passou
BMC	24,94 g	Passou
Área	24,97 cm ²	Passou

Teste de CQ

Status do Raios-X e do detector	Passou
Testes mecânicos	Passou
Estado de Calibração	Passou

Precisão

BMD CV 0,19%

Estado do Sistema : Passou

Relatório de CQ de phantom

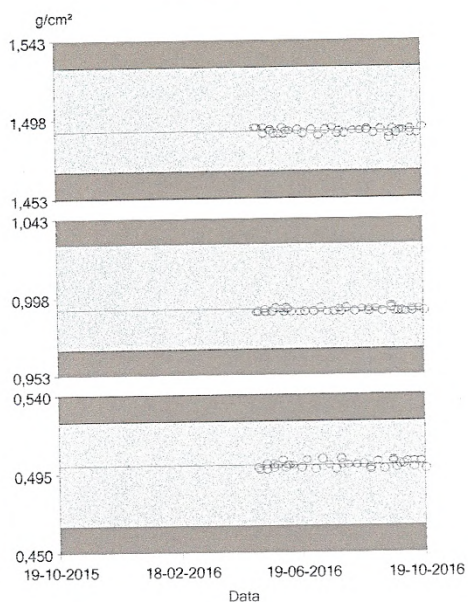
18-10-2016
8:10:31

Lunar Prodigy
DF-85146
(10,51)

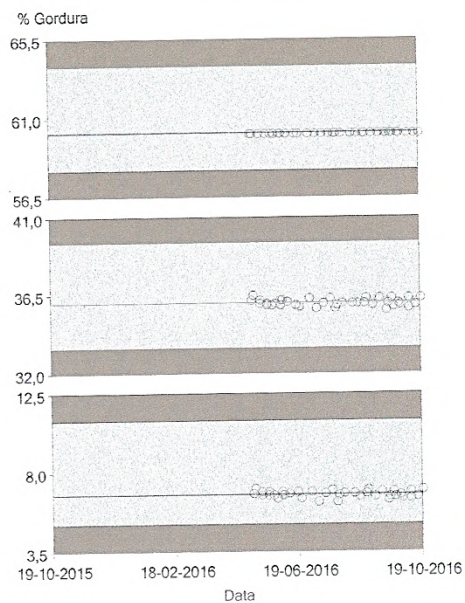
Phantom de CQ



Calibragem BMD



Calibragem de composição



Phantom de CQ

BMD	1,008 g/cm ²	Passou
BMC	25,23 g	Passou
Área	25,03 cm ²	Passou

Teste de CQ

Status do Raios-X e do detector	Passou
Testes mecânicos	Passou
Estado de Calibração	Passou

Precisão

BMD CV 0,20%

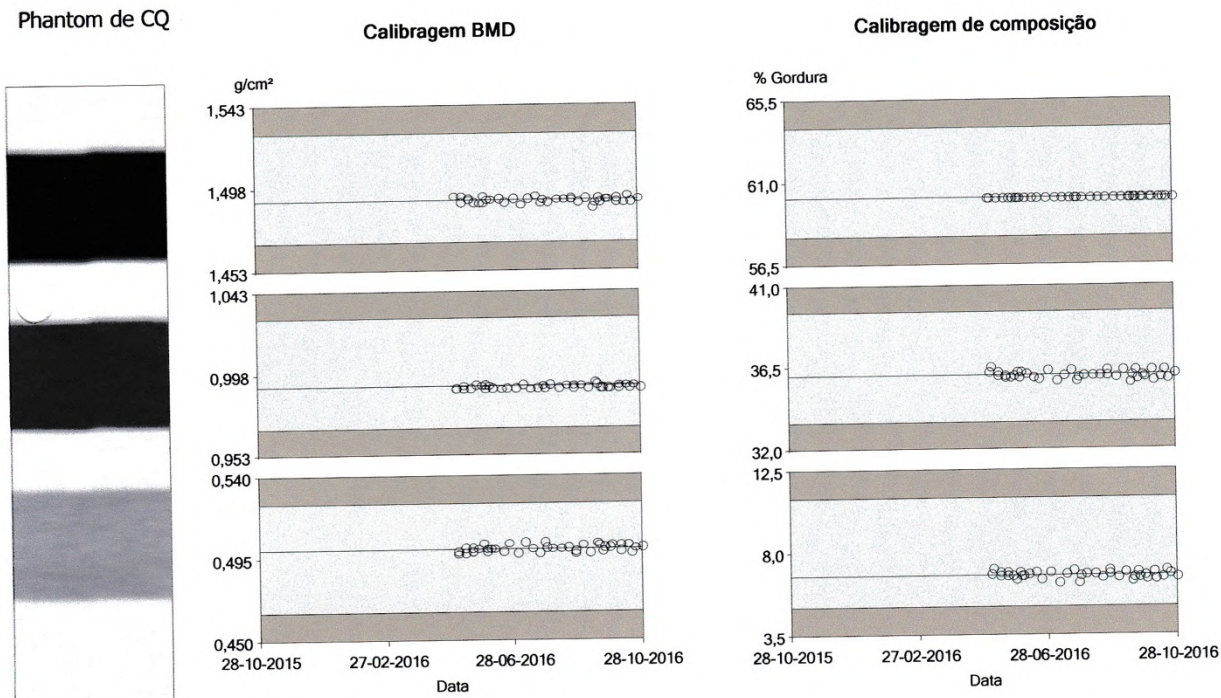
Estado do Sistema : Passou

Relatório de CQ de phantom

27-10-2016
9:08:40

Lunar Prodigy
DF-85146
(10,51)

Phantom de CQ



Phantom de CQ

BMD	1,006 g/cm ²	Passou
BMC	25,15 g	Passou
Área	25,01 cm ²	Passou

Teste de CQ

Status do Raios-X e do detector	Passou
Testes mecânicos	Passou
Estado de Calibração	Passou

Precisão

BMD CV 0,20%

Estado do Sistema : Passou

