



Maria Alexandra Agostinho Silva

COMPOSIÇÃO CORPORAL EM VOLEIBOLISTAS ADOLESCENTES DO SEXO FEMININO

Concordância entre as metodologias absorciometria de raio-X de dupla energia, pletismografia de ar deslocado e equações antropométricas

Dissertação de Mestrado na área científica de Ciências do Desporto, especialidade Treino Desportivo para Crianças e Jovens, orientada pelo Professor Doutor Manuel J. Coelho-e-Silva e Professor Doutor João Valente dos Santos e apresentada à Faculdade de Ciências do desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra

Abril de 2015



UNIVERSIDADE DE COIMBRA

UNIVERSIDADE DE COIMBRA
Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física

Composição Corporal em Voleibolistas

Adolescentes do Sexo Feminino

Concordância entre as metodologias absorciometria de raio-X de dupla energia, pletismografia de ar deslocado e equações antropométricas

Dissertação de Mestrado apresentada a Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra com vista à obtenção do grau de Mestre em Treino Desportivo para Crianças e Jovens.

Orientação

Prof. Doutor Manuel João Cerdeira
Coelho e Silva

Prof. Doutor João Valente dos
Santos

MARIA ALEXANDRA AGOSTINHO SILVA

Abril de 2015

Silva, M. A. (2015). *Composição Corporal em Voleibolistas Adolescentes do Sexo Feminino. Concordância entre as metodologias absorciometria de raio-X de dupla energia, pletismografia de ar deslocado e equações antropométricas*. Dissertação de Mestrado com vista à obtenção do grau de Mestre em Treino Desportivo para Crianças e Jovens. Universidade de Coimbra. Coimbra, Portugal.

Agradecimentos

Ao Professor Doutor Manuel João Coelho e Silva pela orientação e apoio constantes bem como pela fé quase paternal.

Ao Professor Doutor João Valente dos Santos porque evidenciou disponibilidade ilimitada e porque nunca deixou de me corrigir.

Aos meus colegas de curso pelo companheirismo e pela colaboração na prossecução deste trabalho.

Ao Esmoriz Ginásio Clube por ter despertado em mim um dia o gosto pelo desporto e por ter sido um parceiro incomensurável neste projeto.

À minha família e, em particular, à minha mãe, por terem estado sempre lá para mim.

Ao Filipe Simões, que, mesmo ausente, continuou sempre presente.

Resumo

As características antropométricas das voleibolistas parecem estar determinantemente ligadas à qualidade do seu desempenho, assumindo um papel significativo no sucesso desportivo que se pode alcançar na modalidade.

Objetivos: Analisar a precisão de equações antropométricas para estimar a massa gorda (MG) na voleibolista adolescente do sexo feminino, tendo como referência as metodologias de pletismografia de ar deslocado (ADP) e absorciometria de raio-X de dupla energia (DXA).

Métodos: A amostra inclui 36 voleibolistas femininas (16.75 ± 1.03 anos). A MG foi, assim, estimada por DXA, ADP e equações antropométricas estabelecidas por Slaughter et al. (1988). Recorreu-se à regressão linear múltipla para determinar a quantidade de variância explicada da MG relativa estimada por ADP e DXA.

Resultados: Os dados parecem sugerir uma sobrestimativa da percentagem (%) de MG pela equação 1 (decorrente do somatório das pregas Tricipital e Subescapular) em relação à equação 2 (decorrente do somatório das pregas Tricipital e Geminal Medial) de Slaughter et al. (1988). Verifica-se, igualmente, uma sobrestimativa por parte do método antropométrico em relação à ADP, em ambas as equações. Adicionalmente, verifica-se uma subestimativa por parte do método antropométrico em relação à DXA.

Conclusões: As equações propostas por Slaughter et al. (1998) não parecem ser adequadas para estimar a % de MG em jovens voleibolistas femininas. Para o efeito, o conjunto mais robusto de preditores, identificado pelo presente estudo, foi a massa corporal, prega bicipital ou subescapular e a prega geminal medial.

Palavras-chave: Voleibol · Adolescência · Atletas Femininas · Antropometria · Massa Gorda

Abstract

The anthropometric characteristics of volleyball players seem to be fully linked to the quality of their performance, assuming a significant role in the level that they can achieve in the sport.

Objectives: The aim of the current study was to analyse the precision of anthropometric equations to estimate fat mass (FM) in youth female volleyball players, using Whole-body air displacement plethysmography (ADP) and Dual-Energy X-Ray Absorptiometry (DXA) as the reference methods.

Methods: The sample included 36 female volleyball players (16.75 ± 1.03 years). FM was thus estimated by ADP, DXA and by the anthropometric equations of Slaughter et al. (1988). Multiple linear regressions were used to identify FM mathematical models with the best statistical fit.

Results: Data seem to suggest an over-estimation of the %FM by equation 1 (resulting from the sum of triceps and subscapular skinfolds) when compared to equation 2 (resulting from the sum of triceps and medial calf skinfolds) of Slaughter et al. (1988). There is, also, a trend for over-estimation of the anthropometric method in relation to ADP, in both equations. Additionally, there is a trend for underestimation of the anthropometric method in relation to the DXA.

Conclusions: The equations proposed by Slaughter et al. (1998), does not seem to be suitable for FM estimations in young female volleyball players. For this purpose, the most robust set of predictors, identified by this study, was body mass, biceps or subscapular skinfolds and medial calf skinfold.

Keywords: Volleyball · Youth · Female Athletes · Anthropometry · Fat Mass

Índice Geral

Agradecimentos	iii
Resumo	iv
Abstract	v
Índice de Tabelas	viii
Lista de Abreviaturas	x
Capítulo I: Introdução	1
1. Introdução	2
1.1. Tamanho e composição corporal em voleibolistas	3
1.2. Objetivo e variáveis estudadas	6
Capítulo II: Metodologia	7
2. Metodologia	8
2.1. Caracterização da amostra	8
2.2. Informações de natureza desportiva	8
2.3. Antropometria	8
Massa corporal	9
Estatura	9
Altura sentada	9
Estimativa do comprimento os membros inferiores	9
Envergadura	9
Pregas de gordura subcutânea	10
Somatório das pregas de gordura subcutânea	11
Porcentagem de massa gorda	11
2.4. Maturity offset	12
2.5. Porcentagem de estatura matura predita	13
2.6. Pletismografia de ar deslocado (BOD POD)	14

2.7. Absorciometria de raio-X de dupla energia	14
2.8. Análise estatística	15
Capítulo III: Resultados	17
3. Resultados	18
Capítulo IV: Discussão e Conclusões	31
4. Discussão e conclusões	32
Modelos de composição corporal	32
Métodos de avaliação da composição corporal	33
Antropometria	34
Equações em populações pediátricas	35
Pletismografia de ar deslocado	36
Absorciometria de raio-X de dupla energia	37
Estudos com crianças e jovens não atletas e voleibolistas	38
4.1. Limitações e direções para futuras investigações	40
4.2. Conclusões e implicações práticas	40
Referências bibliográficas	43
Apêndices	49

Índice de Tabelas

Tabela 1	Resumo de características antropométricas e composição corporal de voleibolistas femininas.....	5
Tabela 2.	Estatística descritiva de variáveis de maturação biológica e caracterização dos anos de prática desportiva.....	20
Tabela 3.	Estatística descritiva para as variáveis antropométricas simples e compostas	21
Tabela 4.	Estatística descritiva para os indicadores de composição corporal resultantes da estimativa dada pelas equações [equação 1: tricipital (T) + subescapular (S); equação 2: T + geminal (G)] de Slaughter et al. (1988).....	22
Tabela 5.	Estatística descritiva para os indicadores de composição corporal resultantes do ADP.....	23
Tabela 6.	Estatística descritiva para os indicadores de composição corporal resultantes do DXA.....	24
Tabela 7.	Diferença entre metodologias de estimativa da massa gorda relativa e absoluta: ADP vs. Slaughter et al. (1988) [(ANTHR) equação 1: tricipital (T) + subescapular (S); equação 2: T + geminal (G)]	26
Tabela 8.	Diferença entre metodologias de estimativa da massa gorda relativa e absoluta: DXA vs. Slaughter et al. (1988) [(ANTHR) equação 1: tricipital (T) + subescapular (S); equação 2: T + geminal (G)]	26
Tabela 9.	Correlações bivariadas simples entre a massa gorda relativa e absoluta dada pelo ADP, pelo DXA e pelas equações (equação 1: tricipital + subescapular; equação 2: tricipital + geminal) de Slaughter et al. (1988) (ANTHR).....	27

Tabela 10.	Correlações bivariadas simples entre as medidas de idade, maturação biológica, variáveis antropométricas simples e compostas e a massa gorda relativa dada pelo ADP, pelo DXA e pelas equações [equação 1: tricipital (T) + subescapular (S); equação 2: tricipital (T) + geminal (G)] de Slaughter et al. (1988) (ANTHR).....	28
Tabela 11.	Preditores significativos da massa gorda relativa [estimada por ADP e por DXA], em jovens voleibolistas do sexo feminino, e valores de R^2 ajustados e erros padrão de estimativa (SEE) dos modelos estatísticos gerados com base na análise de regressões lineares múltiplas (modelo <i>backward stepwise</i>)	30

Lista de Abreviaturas

ADP	– Pletismografia de ar deslocado
ANTHR	– Antropometria
AS	– Altura sentada
CMI	– Comprimento dos membros inferiores
DXA	– Absorciometria de raio-X de dupla energia
G	– prega geminal
H	– Estatura
IC	– Idade cronológica
M	– Massa corporal
MG	– Massa Gorda
MIG	– Massa Isenta de Gordura
PVC	– Pico de velocidade de crescimento
S	– Prega subescapular
T	– Prega tricipital

Capítulo I

Introdução

1. Introdução

O voleibol é uma modalidade ainda pouco estudada e não existem estudos relativos aos parâmetros que a literatura consagrou como *match performance*. Tal pode dever-se ao facto de não ser um jogo de invasão, tornando-se pouco relevante quantificar a carga externa de jogo. Os estudos destacam sobretudo o número de ações em cada jogada e o número de jogadas considerando jogos disputados em 3 sets e em 4 sets. Por exemplo, com base em 28 jogadores polacos de voleibol (Mroczek, Januszkiewicz, Kawczynski, Borysiuk, & Chmura, 2014), estimou-se que numa partida são percorridos 1221 metros num jogo a 3 sets ou 1757 metros num jogo com 4 sets, tendo sido notada uma diferença significativa entre as várias posições e também uma tendência para serem percorridas maiores distâncias nos sets finais. Em cada jogada (rally), em média são percorridos entre 9.1 e 12.6 metros, sendo os pontos resultantes em média de 3.2 jogadas.

Parece que dentro dos episódios críticos que determinam o sucesso nesta modalidade, a qualidade do jogo e por inerência das características físicas do distribuidor, são determinantes na estrutura de rendimento e sucesso competitivo. Numa pesquisa resultante da análise de 24 jogos do campeonato do mundo de seniores de 2010 foi atribuída uma importância fundamental e explicativa da vitória, à variabilidade e eficácia das ações do distribuidor (Silva, Lacerda, & Vicente, 2013).

Efetivamente, parecem mais abundantes os trabalhos centrados no jogador do que no jogo propriamente dito, existindo literatura abundante dedicada às lesões (Hall, Barber Foss, Hewett, & Myer, 2015; Janssen, Brown, Munro, & Steele, 2015). Está consensualmente estabelecido que existe uma relação entre o risco e ocorrência de lesões e o nível de aptidão, em especial nos parâmetros de força e composição corporal, tendo em consideração variáveis como o tamanho corporal. Por exemplo, num estudo com 12 atletas sub-19 (16.2 ± 1.5 anos) foi avaliada a impulsão vertical

pelo protocolo *counter movement jump* e ainda pela avaliação isocinética dos extensores e flexores do joelho às velocidades angulares de 60°, 180° e 240° por segundo, tendo como propósito a monitorização ao longo da época do desempenho. Este estudo concluiu que são pouco relevantes as variações sazonais dos parâmetros de força dinâmica e isocinética (Rousanoglou, Barzouka, & Boudolos, 2013).

Complementarmente, outro estudo igualmente centrado no voleibol feminino, tendo avaliado 102 atletas com uma idade média de 15.2 anos, concluiu que a sobrecarga ponderal e a adiposidade são preditores significativos de testes, como o PWC-170 (*physical working capacity a 170 batimentos por minuto*), o *Wingate* e o *counter movement vertical jump*, sugerindo que tão importante como centrar a atenção nos resultados das provas físicas, importa intervir e monitorizar as atletas com expectativas de rendimento naquilo que diz respeito à composição corporal (Nikolaidis, 2013).

1.1. Tamanho e composição corporal em voleibolistas

A Tabela 1 apresenta um resumo de características antropométricas (i.e., estatura e massa corporal) e de composição corporal [i.e., percentagem de massa gorda (%MG) e massa isenta de gordura (MIG)], de jogadoras de voleibol, disponíveis na literatura e que importa detalhar. Em atletas cujo segmento etário alterna entre o juvenil e o adulto, a estatura varia entre 167.0 ± 8.0 cm (Nikolaidis, 2013) e 183.4 ± 7.7 cm (Copic, Dopsaj, Ivanovic, Nesic, & Jaric, 2014), respetivamente. Já a massa corporal varia entre 59.1 ± 8.3 kg (Nikolaidis, 2013) e 75.1 ± 7.4 kg (Cardinale & Lim, 2003), respetivamente. Estas variações de dados podem dever-se a um elevado número de fatores, tais como o perfil genético das atletas, o nível de prática desportiva ou mesmo o processo de seleção desportiva de que foram alvo.

As características antropométricas tendem a variar em função do nível competitivo, sendo que o gradiente, para a estatura e massa corporal, tende a favorecer as atletas de níveis competitivos mais elevados (Barnes et al., 2007;

Gualdi-Russo & Zaccagni, 2001; Malousaris et al., 2008). No que diz respeito as alterações das características antropométricas ao longo de uma época desportiva, verificou-se, por exemplo, no estudo de Häkkinen (1993), um ligeiro decréscimo da %MG. Apesar do aumento dos níveis de massa gorda poderem afetar negativamente o desempenho desportivo, deve ser referido que as alterações verificadas foram de pequena magnitude e podem ter sido afetadas, pelo menos em parte, pela precisão do tipo de instrumentos e metodologias de avaliação. O trabalho de Bayios, Bergeles, Apostolidis, Noutsos e Koskolou (2006), mostrou que as atletas de voleibol da primeira divisão Grega eram mais altas (177.1 ± 6.5 cm) que as atletas de basquetebol (174.7 ± 7.8 cm) e de andebol (165.9 ± 6.3 cm), consideradas no estudo. As atletas de voleibol eram igualmente mais pesadas (69.5 ± 7.4 kg), possuíam mais massa isenta de gordura (53.2 ± 5.3 kg), e menos %MG (23.4 ± 2.8 %) que as atletas de andebol (65.1 ± 9.1 kg, 48.0 ± 6.0 kg, 25.9 ± 3.3 %, respetivamente). Parece evidente que, independentemente do nível de proficiência, ser-se mais alta no voleibol garante vantagens competitivas.

Um dos tópicos de investigação de interesse passa por determinar que características antropométricas se relacionam com o sucesso desportivo no Voleibol. Curiosamente, não foram encontradas associações significativas entre variáveis antropométricas e a velocidade de remate em atletas (19.5 ± 1.1 anos) da primeira divisão da Associação Atlética Universitária Nacional dos Estados Unidos da América (Ferris, Signorile, & Caruso, 1995). Para esclarecer, estes e outros assuntos correlatos, são necessários mais estudos que se dediquem ao esclarecimento da importância das características antropométricas para o desempenho desportivo atual.

Tabela 1. Resumo de características antropométricas e composição corporal de voleibolistas femininas.

Estudo	Natureza da amostra	Idade (anos)	n	Estatura (cm)	Massa corporal (kg)	%MG	MIG (kg)
Copic et al. (2014)	Atletas olímpicas	22.0 ± 3.7	35	183.3 ± 7.7	70.6 ± 7.2	17.6 ± 3.4	58.1 ± 5.9
Martín-Matillas et al. (2014)	Primeira divisão nacional Espanhola	24.8 ± 4.4	148	179.8 ± 7.1	72.3 ± 8.4	23.4 ± 2.9	54.9 ± 5.7
Nikolaidis (2013)	Atletas adolescentes Gregas	15.3 ± 1.8	74	167.0 ± 8.0	59.1 ± 8.3	23.9 ± 3.5	45.0 ± 4.1
González-Rave et al. (2011)	Primeira divisão nacional Espanhola	27.4 ± 9.4	12	179.7 ± 6.4	72.2 ± 8.5	--	--
Amasay et al. (2008)	Divisão II da NCAA	19.2 ± 0.9	10	178.0 ± 6.0	70.9 ± 9.9	--	--
Malousaris et al. (2008)	Primeira divisão Nacional Grega	23.8 ± 4.7	A1: 79 A2: 84	A1: 179.6 ± 5.8 A2: 174.7 ± 6.2	A1: 71.0 ± 8.2 A2: 68.2 ± 6.3	A1: 22.7 ± 2.9 A2: 24.1 ± 2.6	A1: 54.8 ± 5.7 A2: 51.7 ± 4.5
Barnes et al. (2007)	Divisão I, II da NCAA	DI: 20.3 ± 1.5 DII: 19.6 ± 1.4	DI: 9 DII: 11	DI: 177.9 ± 6.3 DII: 174.3 ± 7.7	DI: 73.3 ± 7.7 DII: 71.5 ± 9.8	--	--
Nesser e Demchak (2007)	Divisão I da NCAA	--	11	175.5 ± 8.0	67.4 ± 7.5	--	--
Baytos et al. (2006)	Primeira divisão	22.7 ± 2.8	79	177.1 ± 6.5	69.5 ± 7.4	23.4 ± 2.8	53.2 ± 5.3
Lawson et al. (2006)	Prática não formal	21.3 ± 1.8	12	169.4 ± 5.4	66.0 ± 7.9	--	--
Cardinale e Lim (2003)	Atletas profissionais	23.9 ± 3.6	16	183.1 ± 8.4	75.1 ± 7.4	--	--
Gualdi-Russo e Zaccagni (2001)	Liga A1 e A2 Italiana	23.1 ± 4.4	A1: 129 A2: 115	A1: 178.4 ± 5.8 A2: 176.7 ± 4.9	A1: 71.2 ± 7.0 A2: 70.9 ± 6.9	--	--
Ferris et al. (1995)	Divisão I da NCAA	19.5 ± 1.1	13	176.7 ± 4.6	69.7 ± 10.8	22.2 ± 5.0	15.8 ± 5.6
Häkkinen (1993)	Liga Finlandesa	22.4 ± 3.4	9	--	Pré-Época: 66.7 ± 5.6 Pós-Época: 62.5 ± 8.0	Pré-Época: 25.1 ± 1.9 Pós-Época: 24.3 ± 1.6	--

Nota: Além da dimensão amostral de cada estudo, os valores apresentados representam Média e Desvio Padrão; NCAA, Associação Atlética Universitária Nacional dos Estados Unidos da América.

1.2. Objetivo e variáveis estudadas

O presente estudo analisa a precisão de equações antropométricas (Slaughter et al., 1988) para estimar a %MG em voleibolistas adolescentes do sexo feminino, tendo como referência as metodologias de pletismografia de ar deslocado (ADP) e absorciometria de raio-X de dupla energia (DXA). Com efeito, considerou-se, na presente investigação, um primeiro conjunto de variáveis relativo a informação de natureza desportiva. Foi considerado um segundo conjunto de variáveis, onde se inclui toda a informação antropométrica da qual derivaram estimações relativas de massa gorda e indicadores maturacionais. Inclui-se, ainda, um grupo de variáveis associadas à avaliação da composição corporal realizada por ADP e DXA.

Capítulo II

Metodología

2. Metodologia

2.1. Caracterização da amostra

A amostra foi constituída por 36 voleibolistas adolescentes do sexo feminino (16.75 ± 1.03 anos), pertencentes à Associação Académica de Coimbra e ao Esmoriz Ginásio Clube. O projeto foi aprovado pelo *Conselho Científico* da *Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física* da *Universidade de Coimbra* (FCDEF-UC). Foram recolhidos os termos de consentimento junto dos clubes, dos responsáveis legais das participantes e de todas as atletas envolvidas. Todas as atletas tinham atingido a menarca antes do início do estudo. As atletas consideradas estavam envolvidas no processo treino e competição há pelo menos 2 anos. Elas participavam em sessões regulares de treino (3-4 sessões por semana; aproximadamente 270-360 minutos por semana) e, normalmente, jogavam 1 a 2 jogos competitivos por semana ao longo de um período de, aproximadamente, 9 meses (outubro a junho).

2.2. Informações de natureza desportiva

Através da aplicação de um inquérito inicial, foram obtidas variáveis referentes à experiência desportiva individual das atletas, nomeadamente: clube; idade de início de prática do voleibol; anos de prática; volume semanal de treino; nível desportivo.

2.3. Antropometria

Todas as medidas antropométricas foram realizadas seguindo as recomendações técnicas apresentadas por Lohman, Roche e Martorell (1988). As variáveis consideradas foram a massa corporal, estatura, altura sentada, comprimento dos

membros inferiores (estimado), envergadura e pregas de gordura subcutânea. Foi calculado o somatório das pregas de gordura subcutânea e a %MG.

Massa corporal

A massa corporal foi medida com uma balança portátil (Seca model 770, Hanover, MD, USA) até 0.1 kg. As atletas submeteram-se à pesagem descalças e vestidas somente com calções e t-shirt.

Estatura

A estatura foi avaliada utilizando um estadiômetro portátil (*Harpender* model 98.603, Holtain Ltd, Crosswell, UK) até 0,1 cm. As atletas foram instruídas no sentido de assumirem a posição antropométrica de referência, tendo o observador assegurado a ortogonalidade da *linha de Frankfurt* relativamente à escala.

Altura sentada

As voleibolistas sentaram-se no estadiômetro com banco acoplado (*Sitting Height Table Harpenden*), tendo o antropometrista nivelado a plataforma para os apoios e o comprimento da superfície de apoio.

Estimativa do comprimento dos membros inferiores

O comprimento dos membros inferiores corresponde à diferença entre estatura e altura sentada.

Envergadura

A envergadura foi avaliada pela distância entre as extremidades superiores, definidas pelo ponto distal do dedo médio das mãos, ou *dactylion*. Este valor foi encontrado

através de uma fita métrica metálica, estando o sujeito com o peito encostado a uma parede.

Pregas de gordura subcutânea

Procedeu-se à avaliação das pregas de gordura subcutânea utilizando um adipómetro *Lange Skinfold Caliper*, com aproximação a 0.2 mm (Beta Technology, Ann Arbor, Michigan).

Tricipital

A prega de gordura assume uma orientação vertical na face posterior do braço direito, a meia distância entre os pontos acromial da omoplata e olecraneano do cúbito.

Bicipital

Esta prega de gordura foi medida na parte média e anterior do braço direito, fazendo uso dos mesmos procedimentos e pontos de referência da prega tricipital.

Subescapular

Esta prega assume uma orientação oblíqua dirigida para baixo e para fora e foi medida na região posterior do tronco, imediatamente abaixo do vértice inferior e interno da omoplata.

Suprailíaca

Mediu-se a prega suprailíaca imediatamente acima da crista ilíaca, ao nível da linha midaxilar.

Abdominal

A zona de medição da prega abdominal foi o ponto localizado a 3 cm ao lado do centro do umbigo e 1 cm abaixo do mesmo (prega horizontal).

Geminal medial

Com a articulação do joelho fletida, formando a perna e a coxa um ângulo de 90° entre si, esta prega vertical foi medida na parte média e interna da perna, na zona de maior perímetro do meio da perna (prega vertical).

Somatório das pregas de gordura subcutânea

Este resultado total deriva da soma aritmética dos valores correspondentes à medição das seis pregas de gordura subcutânea anteriormente elencadas. Esta variável é expressa em mm.

Porcentagem de massa gorda

Equação antropométrica tendo as pregas tricipital e subscapular como preditores

Recorreu-se à equação para o sexo feminino com o valor do somatório das pregas tricipital (Tric) e subscapular (Sub) inferior a 35 mm:

$$1.33 (\text{Tric} + \text{Sub}) - 0.013 (\text{Tric} + \text{Sub})^2 - 2.5$$

E com valor do somatório das pregas superior a 35 mm:

$$0.546 (\text{Tric} + \text{Sub}) + 9.7$$

Equação antropométrica tendo as pregas tricipital (Tric) e geminal medial (GM) como preditores (sexo feminino independente do valor do somatório):

$$0.610 (\text{Tric} + \text{GM}) + 5.1$$

2.4. Maturity offset

Na determinação deste indicador maturacional seguiu-se a fórmula proposta por Mirwald, Baxter-Jones, Bailey e Beunen (2002). Para tal, foi necessário coligir informação relativa ao sujeito observado: idade cronológica (IC), massa corporal (M), estatura (H), altura sentada (AS) e comprimento dos membros inferiores (CMI). O resultado da equação visa formular uma estimativa da distância, em anos, a que o sujeito se encontra do pico de velocidade de crescimento (PVC) para a estatura, podendo o valor ser negativo (se ainda não atingiu o PVC) ou positivo (se já ultrapassou o PVC):

$$-9.376 + [0.0001882 \cdot \text{CMI} \cdot \text{AS}] + [0.0022 \cdot \text{IC} \cdot \text{CMI}] + [0.005841 \cdot \text{IC} \cdot \text{AS}] - [0.002658 \cdot \text{IC} \cdot \text{M}] + [0.07693 \cdot (\text{M} \cdot \text{H}^{-1}) \cdot 100]$$

2.5. Percentagem de estatura matura predita

Foi empregado o modelo processual proposto por Khamis e Roche (1994), que, para o cálculo da estatura matura, prevê a utilização da estatura atual, massa corporal e estatura média parental. Recorreu-se, seguidamente, à multiplicação das variáveis apresentadas por coeficientes de ponderação diretamente indexados à idade cronológica dos observados:

$$\text{Constante} + H \cdot (\text{coeficiente para estatura}) + M \cdot (\text{coeficiente para a M}) + H \cdot \text{média parental} (\text{coeficiente para H média parental})$$

Os coeficientes do método Khamis-Roche apresentam-se em polegadas (*inches*) e libras (*pounds*), tendo sido necessário proceder à sua conversão para o sistema métrico (centímetros e quilogramas). O indicador maturacional é encontrado pela percentagem de estatura matura predita já alcançada aquando da medição:

$$\% \text{ estatura matura predita} = (\text{estatura no momento} / \text{estatura matura predita}) \cdot 100$$

A informação respeitante à estatura dos pais biológicos das atletas observadas obteve-se através de fotocópia do documento de identificação de cada um dos progenitores. No caso de algum dos pais ter já falecido ou não ter disponível, no momento do levantamento dos dados, o documento solicitado, recorreu-se à informação verbal. Nestes casos, foram aplicadas as equações referidas por Epstein, Valoski, Kalarchian e McCurley (1995) a fim de ajustar a tendência sobre estimação da estatura quando reportada indiretamente. Este procedimento foi igualmente utilizado por Malina et al. (2005).

2.6. Pletismografia de ar deslocado (BOD POD)

A avaliação da composição corporal foi realizada por pletismografia (Bod Pod Composition System, model Bod Pod 2006, Life Measurement, Inc., Concord, CA, USA). Por sua vez, o volume corporal foi medido de acordo com os procedimentos da aplicação informática do Bod Pod (versão 3.2.5; DLL, 2.40; versão de controlo 5.90), descritos por Dempster e Aitkens (1995) e por McCrory, Gomez, Bernauer e Mole (1995). Todos os intervenientes no estudo, no momento da avaliação, usaram apenas roupa interior de licra e uma touca de natação, tal como recomendado pelo fabricante. Protocolarmente, solicitou-se ao participante que se mantivesse sentado e estático no interior da câmara, que foi ainda informado da necessidade da normalização dos seus movimentos respiratórios. Este procedimento foi cumprido duas vezes consecutivas, a fim de se assegurar uma consistência de resultados que não fosse variável em mais de 150 mL. Caso se verificasse a necessidade de um número de avaliações superior a três, o Bod Pod era recalibrado e eram concretizadas mais duas a três avaliações. O volume de gás torácico foi estimado pela própria aplicação do dispositivo, a partir da estatura, da idade e do sexo. A densidade corporal (massa corporal/volume corporal) foi calculada com o objetivo de estimar o valor percentual de gordura corporal, utilizando as fórmulas específicas para a idade e sexo disponibilizadas por Lohman (1986). A %MG foi convertida, à posteriori, em massa gorda, enquanto a massa isenta de gordura (MIG) foi auferida por subtração.

2.7. Absorciometria de raio-X de dupla energia

A absorciometria de raio-X de dupla energia (DXA; Hologic QDR-4500) de todo o corpo, foi levada a cabo com a versão 9.10 do software para análise de todo o corpo (Hologic Inc., Bedford, MA, USA). Para a determinação da informação necessária, as atletas permaneceram deitadas em supinação na maca e foram analisadas da cabeça aos pés em 3.5 minutos. A DXA estabeleceu três compartimentos: massa magra, massa gorda e conteúdo mineral ósseo. A MIG (kg) representou, efetivamente, a soma da massa magra com o conteúdo mineral ósseo.

2.8. Análise estatística

Num momento inicial, procedeu-se à caracterização da amostra através da estatística descritiva, atendendo a parâmetros de tendência central (média) e de dispersão (desvio padrão e amplitude).

A assunção da normalidade foi efetivamente verificada utilizando o teste de Kolmogorov-Smirnov e pela inspeção visual das parcelas de normalidade. Nos pressupostos corrompidos, concretizaram-se transformações logarítmicas de forma a reduzir a não uniformidade do erro. Os valores serão recodificados, com vista à obtenção de médias estimadas, caso não se verifique a normalidade.

Na apresentação das diferenças entre metodologia de estimativa de massa gorda absoluta e relativa fez-se uso do teste *t*-student para amostras emparelhadas. Subsequentemente, foi utilizada a correlação de *Pearson*, para avaliar as possíveis associações entre as variáveis que representam o tamanho corporal - pregas cutâneas - e valores relativos e absolutos de massa gorda estimada por pletismografia e por densitometria radiológica de dupla energia. A magnitude das associações foi interpretada segundo os valores de corte e inferências qualitativas sugeridas por Hopkins, Marshall, Batterham e Hanin (2009): $r < 0.1$ (trivial); $0.1 < r < 0.3$ (pequena); $0.3 < r < 0.5$ (moderada); $0.5 < r < 0.7$ (grandes); $0.7 < r < 0.9$ (muito grandes); e, $r > 0.9$ (quase perfeitas).

A análise da regressão linear múltipla foi utilizada para reconhecer as variáveis correlatas capazes de explicar a variância dos resultados relativos e absolutos de massa gorda calculada pelas medidas critério e de referência. Este procedimento baseou-se na técnica *backward* com um valor de corte de $p < 0.05$. Com efeito, este procedimento parte de um modelo inicial que associa a combinação linear de todas as variáveis independentes com a variável dependente. Na sequência deste mecanismo processual, testa sucessivamente a possibilidade de remover uma variável independente sem prejudicar a magnitude da associação entre os dois lados da equação.

Para todos os testes de estatística inferencial, o nível de significância foi mantido em 5%, valor estabelecido para ciências sociais e comportamentais. Utilizamos o *software Statistical Program for Social Sciences – SPSS*, versão 19.0 para *Windows* e o *Microsoft Office Excel 2013*.

Capítulo III

Resultados

3. Resultados

A Tabela 2 sumariza as medidas de tendência central e de dispersão das variáveis de maturação biológica e anos de prática federada da modalidade. A idade cronológica apresenta uma amplitude de 3.49 anos. A amostra apresenta-se muito próxima do estado maturo, considerando a percentagem de estatura matura predita, em média, no valor de 99.4%. A análise da normalidade das variáveis residuais, através do teste de Kolmogorov-Smirnov, não sugere um afastamento significativo da normalidade ($K-S = 0.51$ a 0.92 , $p = 0.36$ a 0.96).

A Tabela 3 apresenta os mesmos parâmetros de estatística descritiva considerados na tabela precedente, mas relativamente às variáveis antropométricas simples (massa corporal, estatura, envergadura, altura sentada, comprimento dos membros inferiores e valor das pregas) e compostas (soma das pregas de gordura subcutânea e índice de massa corporal). A amplitude de variação é de 19 cm para a estatura e de 40.6 kg para a massa corporal. O conjunto das variáveis consideradas tende a demonstrar uma distribuição normal ($K-S = 0.49$ a 1.13 , $p = 0.16$ a 0.97).

A Tabela 4 corresponde aos valores de estatística descritiva para os indicadores de composição corporal resultantes da estimativa dada pelas equações antropométricas propostas por Slaughter et al. (1988). Os dados parecem sugerir uma sobrestimativa da %MG calculada pela equação 1 (decorrente do somatório das pregas tricipital e subescapular) em relação à equação 2, isto é, decorrente do somatório das pregas tricipital e geminal medial, sendo os valores médios 26.7% e 23.5%, respetivamente. As variáveis configuram-se em conformidade com os pressupostos da distribuição normal ($K-S = 0.54$ a 1.09 , $p = 0.18$ a 0.93).

A Tabela 5 é referente à estatística descritiva para os indicadores de composição corporal resultantes da ADP. A %MG estimada por este método apresenta uma média de 20.3% e uma amplitude de 27.7% entre a amostra. As

variáveis parecem estarem de acordo com a verificação dos pressupostos da distribuição normal ($K-S = 0.73$ a 1.00 , $p = 0.27$ a 0.76).

A Tabela 6 mostra a estatística descritiva para os indicadores de composição corporal resultantes da tecnologia DXA, isto é, absorciometria de raio-X de energia dupla. A %MG estimada por este método apresenta uma média de 30.7% e uma amplitude de 29.5%. As provas de verificação da normalidade de distribuição não rejeitam a hipótese nula ($K-S = 0.60$ a 1.26 , $p = 0.08$ a 0.86).

Tabela 2. Estatística descritiva de variáveis de maturação biológica e caracterização dos anos de prática desportiva ($n = 36$).

	Amplitude (Mín-Máx)	Média	Desvio Padrão	Kolmogorov-Smirnov	
				Valor	<i>p</i>
Idade cronológica (anos)	14.27 – 17.76	16.75	1.03	0.51	0.96
Tempo de prática federada (anos)	2 – 8	4.5	2.0	0.65	0.80
Idade de menarca (anos)	10.75 – 15.67	12.75	0.89	0.69	0.72
<i>Maturity offset</i> (anos)	1.94 – 4.46	3.52	0.64	0.92	0.36
Idade no PVC (anos)	11.89 – 14.30	13.23	0.57	0.70	0.71
Estatura matura predita (cm)	155.8 – 174.4	166.5	5.0	0.71	0.70
Porcentagem de estatura matura predita (%)	98.4 – 100.0	99.4	0.3	0.91	0.38

PVC = pico de velocidade de crescimento.

Tabela 3. Estatística descritiva para as variáveis antropométricas simples e compostas ($n = 36$).

	Amplitude (Mín-Máx)	Média	Desvio Padrão	Kolmogorov-Smirnov	
				Valor	p
Massa corporal (kg)	47.5 – 88.1	61.8	9.6	0.91	0.37
Estatura (cm)	154.8 – 173.8	165.6	5.1	0.75	0.63
Envergadura (cm)	152.4 – 174.0	166.5	5.3	0.60	0.86
Altura sentado (cm)	82.5 – 95.1	88.5	2.8	0.62	0.84
Comprimento dos membros inferiores (cm)	70.7 – 83.6	77.1	3.3	0.49	0.97
Prega tricipital (mm)	11 – 34	20	5	0.78	0.58
Prega bicipital (mm)	4 – 26	12	5	0.94	0.35
Prega subescapular (mm)	6 – 28	14	5	0.92	0.36
Prega supraíliaca (mm)	11 – 42	23	7	0.58	0.89
Prega abdominal (mm)	10 – 47	22	8	1.13	0.16
Prega geminal medial (mm)	9 – 32	19	6	1.07	0.20
Soma pregas gordura subcutânea (mm)	55 – 204	108	31	0.73	0.66

Tabela 4. Estatística descritiva para os indicadores de composição corporal resultantes da estimativa dada pelas equações [equação 1: tripital (T) + subescapular (S); equação 2: T + geminal (G)] de Slaughter et al. (1988); ($n = 36$).

	Amplitude (Mín-Máx)	Média	Desvio Padrão	Kolmogorov - Smirnov	
				Valor	<i>p</i>
Porcentagem de massa gorda $T+S$ (%)	18,1 – 31,5	26,7	3,5	0,68	0,74
Massa gorda $T+S$ (kg)	8,9 – 27,3	16,7	4,4	0,54	0,93
Massa isenta de gordura $T+S$ (kg)	35,9 – 61,2	45,1	5,6	1,09	0,18
Porcentagem de massa gorda $T+G$ (%)	14,0 – 40,3	23,5	6,5	0,88	0,42
Massa gorda $T+G$ (kg)	6,9 – 32,9	14,9	6,4	0,78	0,58
Massa isenta de gordura $T+G$ (kg)	37,1 – 59,6	46,9	4,8	0,76	0,62

Tabela 5. Estatística descritiva para os indicadores de composição corporal resultantes do ADP ($n = 36$).

	Amplitude (Mín-Máx)	Média	Desvio Padrão	Kolmogorov- Smirnov	
				Valor	p
Volume corporal (L)	45.3 – 87.0	59.2	10.0	0.96	0.31
Densidade corporal (Kg/L)	1.01 – 1.07	1.05	0.02	0.73	0.66
Volume gás torácico (L)	2.1 – 3.4	2.9	0.3	0.74	0.65
Porcentagem de massa gorda (%)	10.4 – 38.1	20.3	7.0	0.75	0.63
Massa gorda (kg)	6.4 – 33.1	13.2	6.7	1.00	0.27
Massa isenta de gordura (kg)	38.8 – 59.1	48.7	4.4	0.67	0.76

Tabela 6. Estatística descritiva para os indicadores de composição corporal resultantes do DXA ($n = 36$).

	Amplitude (Mín-Máx)	Média	Desvio Padrão	Kolmogorov- Smirnov	
				Valor	p
Massa tecidual (kg)	44.4 – 83.1	57.3	9.2	1.26	0.08
Conteúdo mineral ósseo (kg)	1.9 – 4.0	2.7	0.4	0.64	0.81
Porcentagem de massa gorda (%)	19.8 – 49.3	30.7	7.6	0.72	0.68
Massa gorda (kg)	9.4 – 40.9	18.2	7.7	1.18	0.12
Massa magra (kg)	34.4 – 44.0	39.2	2.8	0.60	0.86

A Tabela 7 apresenta a diferença de resultados obtidos pelas metodologias ADP e equações de Slaughter et al. (1988), para a estimativa de massa gorda relativa e absoluta. Foi utilizado o teste *t-student* de amostras emparelhadas. Adicionalmente, verifica-se uma sobrestimativa por parte do método antropométrico em relação à ADP em ambas as equações.

A Tabela 8 apresenta a diferença de resultados obtidos pelas metodologias DXA e equações de Slaughter et al. (1988) para a estimativa de massa gorda relativa e absoluta. Foi utilizado o teste *t-student* de amostras emparelhadas. Verifica-se uma subestimativa no método antropométrico em relação à DXA.

A Tabela 9 mostra as correlações entre a massa gorda relativa e absoluta dada pela ADP, pela DXA e pelas equações de Slaughter et al. (1988). Verifica-se uma associação de intensidade grande entre a %MG estimada por ADP e DXA com a equação 1 ($r = 0.65$ e 0.74 , respetivamente) e uma associação classificada como muito grande entre a %MG estimada por ADP e DXA com a equação 2 ($r = 0.74$ e 0.78 , respetivamente).

A Tabela 10 apresenta as correlações entre as medidas de idade, indicadores de maturação biológica, variáveis antropométricas simples e compostas e a massa gorda relativa dada pela ADP, pela DXA e pelas equações de Slaughter et al. (1988). É possível identificar uma associação de intensidade muito grande entre a %MG estimada por ADP e a massa corporal ($r = 0.80$), a prega bicipital ($r = 0.80$) e a geminal medial ($r = 0.72$). Igualmente, verifica-se uma associação muito grande entre a %MG estimada por DXA e a massa corporal ($r = 0.88$), a prega tricipital ($r = 0.74$), a bicipital ($r = 0.78$), a subescapular ($r = 0.73$), a suprailíaca ($r = 0.75$), a abdominal ($r = 0.71$) e a geminal medial ($r = 0.74$).

Tabela 7. Diferença entre metodologias de estimativa da massa gorda relativa e absoluta: ADP vs. Slaughter et al. (1988) [(ANTHR) equação 1: tricipital (T) + subescapular (S); equação 2: T + geminal (G)] ($n = 36$).

Variável dependente	Unidade de medida	Diferença $T+S$		t (p)	Diferença $T+G$		t (p)
		Média	Desvio Padrão		Média	Desvio Padrão	
% de massa gorda _{ADP}	%	-6.4	5.4	-7.12 (<0.001)	-3.1	4.9	-3.85 (<0.001)
Massa gorda _{ADP}	kg	-3.5	3.5	-6.00 (<0.001)	-1.7	2.9	-3.54 (0.001)

Tabela 8. Diferença entre metodologias de estimativa da massa gorda relativa e absoluta: DXA vs. Slaughter et al. (1988) [(ANTHR) equação 1: tricipital (T) + subescapular (S); equação 2: T + geminal (G)] ($n = 36$).

Variável dependente	Unidade de medida	Diferença $T+S$		t (p)	Diferença $T+G$		t (p)
		Média	Desvio Padrão		Média	Desvio Padrão	
% de massa gorda _{DXA}	%	4.0	5.5	4.31 (<0.001)	7.2	4.8	9.14 (<0.001)
Massa gorda _{DXA}	kg	1.5	4.0	2.17 (<0.001)	3.3	3.3	5.89 (<0.001)

Tabela 9. Correlações bivariadas simples entre a massa gorda relativa e absoluta dada pelo ADP, pelo DXA e pelas equações (equação 1: tricipital + subescapular; equação 2: tricipital + geminal) de Slaughter et al. (1988) (ANTHR); ($n = 36$).

Variável dependente	[tricipital + subescapular]		[tricipital + geminal]	
	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>
<i>Valores relativos (% massa gorda)</i>				
% de massa gorda _{ADP}	0.65	<0.001	0.74	<0.001
% de massa gorda _{DXA}	0.74	<0.001	0.78	<0.001
<i>Valores absolutos (em kg)</i>				
Massa gorda _{ADP}	0.88	<0.001	0.90	<0.001
Massa gorda _{DXA}	0.93	<0.001	0.91	<0.001

Tabela 10. Correlações bivariadas simples entre as medidas de idade, maturação biológica, variáveis antropométricas simples e compostas e a massa gorda relativa dada pelo ADP, pelo DXA e pelas equações [equação 1: tricipital (T) + subescapular (S); equação 2: tricipital (T) + geminal (G)] de Slaughter et al. (1988) (ANTHR).

	ADP		DXA		ANTHR _{TS}		ANTHR _{TG}	
	<i>r</i>	(<i>p</i>)	<i>r</i>	(<i>p</i>)	<i>r</i>	(<i>p</i>)	<i>r</i>	(<i>p</i>)
Idade cronológica	0.24	(0.16)	0.04	(0.81)	-0.13	(0.44)	-0.19	(0.27)
Anos de prática federada	-0.13	(0.45)	-0.05	(0.76)	-0.05	(0.79)	-0.05	(0.79)
Idade no PVC	0.20	(0.24)	-0.01	(0.99)	-0.03	(0.88)	-0.10	(0.56)
% de estatura matura predita	0.23	(0.17)	0.19	(0.27)	-0.01	(0.97)	-0.03	(0.87)
Massa corporal	0.80	(<0.001)	0.88	(<0.001)	0.67	(<0.001)	0.72	(<0.001)
Prega Tricipital	0.67	(<0.001)	0.74	(<0.001)				
Prega Bicipital	0.80	(<0.001)	0.78	(<0.001)				
Prega Subscapular	0.70	(<0.001)	0.73	(<0.001)				
Prega Suprailíaca	0.64	(<0.001)	0.75	(<0.001)				
Prega Abdominal	0.64	(<0.001)	0.71	(<0.001)				
Prega Geminal medial	0.72	(<0.001)	0.74	(<0.001)				
Soma pregas gordura subcutânea	0.80	(<0.001)	0.85	(<0.001)				

Nesta secção, recorreu-se à análise da regressão linear múltipla para determinar a quantidade de variância explicada da massa gorda relativa estimada por ADP e DXA. A Tabela 11 vem sugerir que a variável com mais sobreposição de variância é a %MG estimada por DXA (84%), seguindo-se a %MG estimada por ADP (78%) como a que menos é explicada pelos indicadores seleccionados. A massa corporal ($p = 0.01$) e as pregas bicipital ($p = 0.03$) e geminal ($p = 0.02$) surgem como variáveis explicativas da %MG estimada por ADP. Os preditores da %MG estimada por DXA foram a massa corporal ($p = 0.01$) e as pregas subescapular ($p = 0.03$) e geminal ($p = 0.02$).

Tabela 11. Preditores significativos da massa gorda relativa [estimada por ADP e por DXA], em jovens voleibolistas do sexo feminino, e valores de R^2 ajustados e erros padrão de estimativa (SEE) dos modelos estatísticos gerados com base na análise de regressões lineares múltiplas (modelo *backward stepwise*); ($n = 36$).

	Preditores	Coefficiente β (IC 95%)	p	r	Modelo R^2 ajust.	SEE
Porcentagem de massa gorda _{ADP}	Constante	-8.69 (-17.64 a 0.26)	0.06		0.78	3.46
	Massa corporal	0.29 (0.09 a 0.48)	0.01	0.39		
	Prega bicipital	0.46 (0.04 a 0.88)	0.03	0.31		
	Prega geminal	0.34 (0.05 a 0.63)	0.02	0.28		
Porcentagem de massa gorda _{DXA}	Constante	-8.98 (-16.50 a -1.47)	0.06		0.84	3.20
	Massa corporal	0.50 (0.34 a 0.66)	0.01	0.63		
	Prega subescapular	0.29 (-0.04 a 0.62)	0.03	0.19		
	Prega geminal	0.27 (0.03 a 0.53)	0.02	0.20		

IC = intervalo de confiança.

Capítulo IV

Discussão e Conclusões

4. Discussão e conclusões

A partir do objetivo geral, isto é, analisar a precisão de equações antropométricas para estimar a %MG em voleibolistas adolescentes do sexo feminino, tendo como referência as metodologias DXA e ADP, será realizada uma discussão dos resultados com base na literatura disponível. Adicionalmente, o objetivo desta secção passa por sumariar as principais conclusões e as suas implicações práticas, bem como direções para futuras investigações.

Modelos de composição corporal

Os modelos de composição corporal servem a necessidade do desenvolvimento de métodos e equações para a avaliação da composição corporal. Todos eles utilizam a análise da massa corporal, dividindo-a em dois ou mais componentes, usando modelos atômicos (e.g., oxigênio, cálcio), moleculares (e.g., água, proteínas), celulares (e.g., fluidos intra e extracelulares sólidos) tecidulares (e.g., tecido muscular, adiposo) e do corpo inteiro (Heymsfield, Wang, Baumgartner, & Ross, 1997; Malina, Bouchard, & Bar-Or, 2004).

O modelo bicompartimental, que divide o corpo em MG e em MIG, é o mais utilizado no estudo da composição corporal. Heymsfield et al. (1997) resumiram algumas das críticas a este modelo como, por exemplo, a sua aplicação a subgrupos com densidades de MIG diferentes do valor de referência. Estes valores tendem a variar com a idade, o sexo, a etnia, o nível de gordura corporal e o nível de atividade física, dependendo essencialmente das proporções relativas da quantidade de água e minerais. Isto sucede porque o modelo parte do princípio de que as densidades da gordura e do tecido isento de gordura são constantes para todos os indivíduos e que a composição do tecido isento de gordura é de 73.8% de água, 19.4% de proteína e 6.8% de componente mineral. Os erros podem ser reduzidos se for feita a avaliação de mais componentes. Contudo, as equações antropométricas utilizadas para a avaliação da MG ou MIG têm vindo a ser desenvolvidas e validadas para o uso em

diferentes populações, sendo, na sua maioria, propostas a partir de modelos bicompartimentais. É nesse sentido que o presente estudo se centrou na análise da precisão das equações antropométricas propostas por Slaughter et al. (1988).

Os modelos multicompartimentais, por sua vez, utilizam a avaliação de três, quatro e mais compartimentos. O modelo tricompartimental divide o corpo em MG, água corporal total e MIG. Já o modelo tetracompartimental surge devido ao aparecimento de técnicas de avaliação do tecido mineral ósseo e divide a componente mineral da MIG em massa mineral óssea e residual (Silva & Sardinha, 2008). Este modelo tem sido alvo de especial atenção, pois o excesso de MG é um fator de risco para a saúde, além de poder limitar a atividade física. Contudo, a MG não é homogénea; divide-se em lípidos essenciais (i.e., componentes vitais das células, são 10 % dos lípidos totais) e não essenciais (i.e., triglicerídeos que fornecem energia e isolamento térmico, são 90 % dos lípidos totais). Por outro lado, a divisão da MIG acarreta vários problemas dado que as técnicas de avaliação de cada uma das componentes acarretam uma probabilidade elevada de erro de medida. Portanto, este modelo é tomado como um complemento e a massa corporal é estimada através da soma das componentes avaliadas separadamente. No que diz respeito à sua aplicação em crianças e jovens, deve ter-se alguma atenção, pois as proporções dos componentes corporais estão sujeitas a variação derivada do crescimento e maturação.

Métodos de avaliação da composição corporal

Os métodos para determinar a composição corporal podem ser classificados como diretos, indiretos e duplamente indiretos (Silva & Sardinha, 2008). O método direto é o que utiliza a separação e pesagem de cada um dos componentes do corpo isoladamente e estabelece relações entre eles e a massa corporal total. A dissecação de cadáveres é a única metodologia considerada direta, por isso é tão pouco usada em estudos. Os métodos indiretos servem-se de princípios químicos e físicos para estimar as quantidades de gordura e de massa magra existentes no corpo. De entre estes métodos destacam-se: (i) os métodos químicos, como a contagem de potássio

reativo (K40 e K42), excreção de creatinina urinária; e, (ii) os métodos físicos como o ultrassom, o raio-X, o raio-X de dupla energia, a ressonância nuclear magnética e a densitometria. Mas de entre todos, a pesagem hidrostática tem sido considerada como referência para a validação de métodos duplamente indiretos. Esta baseia-se no princípio de Arquimedes. Os métodos duplamente indiretos mais utilizados são a bioimpedância e a antropometria que são validados a partir de métodos indiretos, como a pesagem hidrostática e a absorciometria de raio-X de dupla energia. A presente dissertação ao reproduzir estas orientações metodológicas, identificou uma sobrestimativa por parte do método antropométrico (Slaughter et al., 1988) em relação à ADP em ambas as equações (Tabela 7). Em contraste com estas observações, estão os resultados que apontam para uma subestimativa no método antropométrico (Slaughter et al., 1988) em relação à DXA (Tabela 8).

Antropometria

Os métodos antropométricos são aplicáveis em estudos de larga escala, sendo mais utilizados em crianças e adolescentes pela simplicidade de utilização, facilidade de interpretação e menores restrições culturais, proporcionando uma avaliação rápida com razoável precisão (Malina, et al., 2004). Para o efeito, são utilizados instrumentos portáteis, pouco dispendiosos e acessíveis, e os procedimentos são simples e não invasivos (Silva & Sardinha, 2008). Os resultados são, contudo, menos precisos e incluem erros de estimativa mais elevados (Lohman & Going, 1998). As pregas são normalmente incluídas nas equações para estimar a MG por serem indicadores do tecido adiposo subcutâneo, baseando-se na existência de uma associação entre a espessura das pregas e a %MG corporal. Segundo Lohman e Going (1998) os valores das pregas apresentam uma estimativa aproximada da gordura corporal, porque 50-70% é aqui localizada. A equação matemática de estimativa da MG assume que apenas a adiposidade subcutânea é preditiva da adiposidade total (Silva & Sardinha, 2008), não considerando a componente profunda da MG. De modo a não maximizar o impacto destas limitações, no presente estudo todas as avaliações foram levadas a cabo por um único e experiente observador de acordo com as recomendações técnicas apresentadas por Lohman et

al. (1988). O mesmo, tem reportado na literatura internacional erros técnicos de medida (~ 0.7 mm) e coeficientes de variação (3.7-4.7%) baixos (Coelho-e-Silva et al., 2013).

Equações em populações pediátricas

Diferentes autores produziram equações específicas segundo diferentes estádios de maturidade, etnia e sexo. Neste contexto, destacam-se as equações desenvolvidas para adultos, para atletas, e para crianças e adolescentes (Silva & Sardinha, 2008). Nos últimos anos, Slaughter tem sido a autora mais referenciada nos estudos realizados com adolescentes. Slaughter et al. (1988) utilizaram três metodologias para prever a %MG com subgrupos específicos de 241 crianças e jovens (65 pré-pubertários, 59 pubertários e 117 pós-pubertários) e 68 adultos, entre os 8 e os 29 anos de idade, masculinos e femininos, de etnia branca e negra. Para o efeito foram utilizadas diferentes técnicas de avaliação tendo por base um modelo tetracompartimental, com validade cruzada e medições antropométricas baseadas no somatório de duas pregas adiposas: tricipital com a subescapular e tricipital com a geminal medial. Para estimar a densidade corporal foi utilizado o método de peso hidrostático corrigido para o volume pulmonar residual. A água corporal total foi determinada através da diluição de óxido de deutério ($2H_2O$) e o conteúdo mineral ósseo foi estimado utilizando a DXA.

Ao contrário do que se verificou no presente estudo, as equações propostas por Slaughter et al. (1988) foram validadas por um estudo de Janz et al. (1993) que procederam à validação cruzada por comparação da medida critério das equações de Slaughter et al. (1988) efetuado com um modelo bicompartimental através da pesagem hidrostática. Com uma amostra de 122 participantes com idades entre os 8 e 17 anos, apresentou valores de validação elevados com correlações de $r = 0.79 - 0.99$ e erro padrão de estimativa entre 3.6 e 4.6%. Sardinha, Going, Teixeira e Lohman (1999) desenvolveram equações preditivas da %MG em rapazes e raparigas portuguesas não atletas com idades compreendidas entre 10 e 15 anos de idade. Estas equações incluíram a idade e o somatório de três pregas adiposas. Outra opção que

começa a ganhar destaque na literatura e que pode ser incluída em futuros estudos com atletas são as equações antropométricas propostas por Foster, Platt e Zemel (2012) para sujeitos dos 5 aos 21 anos de idade. O estudo foi levado a cabo com 836 crianças e jovens saudáveis (437 do sexo feminino) da Filadélfia, na Universidade da Pensilvânia dos Estados Unidos da América. Os preditores identificados como significativos para estimar a massa magra foram a estatura, massa corporal, a IC, o índice de massa corporal, o sexo e a raça. As equações foram validadas numa amostra independente de 332 crianças e jovens (projeto NHANES) tendo como método de referência a DXA. Mais recentemente, foram igualmente validadas numa amostra de jovens futebolistas portugueses (Valente-Dos-Santos et al., 2015).

Pletismografia de ar deslocado

A ADP consiste num meio densitométrico de determinação da composição corporal, com o peso corporal obtido através da balança e o volume corporal fornecido pela aplicação de leis dos gases no interior de duas câmaras. Trata-se de um método rápido e fácil para determinação da composição corporal que utiliza a relação inversa entre Pressão e Volume, baseado na Lei de Boyle ($P_1V_1=P_2V_2$) para determinar o volume corporal. Uma vez determinado este Volume é possível aplicar os princípios de densitometria para calcular a composição corporal em que, Densidade = Massa corporal / Volume corporal (Higgins et al., 2006). Assim, a pletismografia revela-se uma técnica válida e fiável para a avaliação da composição corporal, comparativamente à pesagem hidrostática (Nunez et al., 1999). Tem sido usada amplamente para estudar a composição corporal em populações pediátricas, que revelam mais dificuldade em serem submetidos à pesagem em imersão.

O BOD POD[®] (*Life Measurement Instruments, Concord, CA, USA*) é um pletismógrafo por deslocamento de ar, que consiste numa câmara dupla, balança electrónica acoplada, um computador e “software” (versão 3.2.5). O “software” desenvolvido para adultos resulta numa tendência para a aplicação em crianças e adolescentes e publicações recentes não demonstram a utilização de correcções consistentes específicas para crianças. Bosy-Westphal et al. (2005) estudaram as

“correções em pletismografia específicas em crianças” tendo em consideração a tendência ou influência desfavorável das fórmulas para adultos. O BOD POD® determina o volume corporal através de um método de deslocamento de ar. Um elemento perturbador do volume (diafragma amovível) está montado na parede comum que separa as duas câmaras do aparelho. Quando o diafragma é oscilado, por controlo, a partir do computador, produz perturbações complementares do volume nas duas câmaras (iguais em magnitude mas de sinal contrário). Estas perturbações produzem muito pequenas flutuações de pressão, que são analisadas em relação ao volume da câmara. Uma vez que o sujeito reduz o volume da câmara através do seu próprio volume corporal, é possível determinar o volume corporal por subtração entre o volume da câmara vazia com o mesmo volume com o sujeito dentro. Têm de ser tomadas em consideração as condições isotérmicas uma vez que o ar nestas condições é mais compressível. Para isso não pode existir ganhos ou perdas de calor. O ar torácico e a superfície da pele são responsáveis por erros adicionados no cálculo do volume. Depois de ser realizada a avaliação do volume corporal, procede-se à avaliação do volume de gás torácico através de um tubo conectado ao sistema respiratório do sujeito. Esta abordagem ao funcionamento do BOD POD® foi estudada por McCrory et al. (1995). No presente estudo, por razões de funcionalidade operacional, o volume de gás torácico foi estimado pela própria aplicação do dispositivo, a partir da estatura, da idade e do sexo.

Absorciometria de raio-X de dupla energia

A DXA é uma tecnologia relativamente nova, que vem sendo reconhecida como método de referência na análise da composição corporal. Esta técnica parte do pressuposto de que o corpo é formado por 3 compartimentos (minerais ósseos corporais totais, tecido mole magro e gordura), todos com densidades diferentes (Kim et al., 2006). As estimativas da DXA de mineral ósseo, tecido mole e gordura não costumam ser afetadas pela variação na composição química da massa isenta de gordura porque o DXA foi desenvolvido para detetar a variação na massa mineral óssea. Esta técnica tem o potencial para resultados muito precisos, independentemente da idade, sexo, ou raça do avaliado. Contudo, é importante

reconhecer que scanners e software de diferentes fabricantes oferecerão resultados distintos, sendo esta uma limitação da DXA (Lohman & Chen, 2005). O presente estudo considerou o densitômetro Hologic QDR-4500 de todo o corpo (Hologic Inc., Bedford, MA, USA), à semelhança de estudos recentes da literatura (Foster, et al., 2012; Valente-Dos-Santos, et al., 2015).

Estudos com crianças e jovens não atletas e voleibolistas

Buisson, Ittenbach, Stallings e Zemel (2006) levaram a cabo a estudos de validação da ADP com recurso a técnicas de regressão linear. Foi avaliada a %MG em 139 crianças dos 7-10 anos, através da ADP, da DXA e da antropometria, tendo sido concluído que a ADP é válida como uma metodologia de avaliação da composição corporal em crianças. Porém foi reclamada como uma metodologia com menos vantagens quando comparada com métodos antropométricos ou DXA.

Rodriguez et al. (2005) compararam as equações mais utilizadas na literatura para predizer a MG a partir das pregas adiposas em adolescentes masculinos e femininos com um método de referência (i.e., DXA). Foram avaliados 238 adolescentes caucasianos (167 femininos e 113 masculinos) com idades compreendidas entre os 13.9 aos 17.9 anos. A %MG foi calculada através das equações de Slaughter et al. (1988). Comparando os valores da predição da MG com os valores resultantes da DXA, conclui-se que as equações baseadas em pregas de adiposidade acarretam erros de estimativa, mesmo quando os valores médios da %MG entre metodologias não diferem substancialmente.

Parker, Reilly, Slater, Wells e Pitsiladis (2003) desenvolveram um estudo com 42 rapazes saudáveis de 10 a 14 anos para determinar a validade de seis métodos da avaliação da composição corporal comparativamente com um método de referência. Utilizou-se a ADP, estimando-se a densidade corporal através do BOD POD®. Adicionalmente, foram consideradas as equações de Slaughter et al., (1988), a água corporal total, e a BIA (aproximação através do “*Leg-to-Leg*” TANITA e de “*Mão-Pé*”, *BodyState*). Este estudo sugeriu que as metodologias de campo e de

laboratório consideradas, para estimar a composição corporal, assumem níveis baixos de validade em adolescentes.

Como já foi referido anteriormente, o presente estudo, reitera as já esperadas diferenças significativas entre os métodos de referência (i.e., ADP e DXA) e as equações de Slaughter et al. (1988), indicando que as mesmas não devem ser utilizadas em jovens voleibolistas femininas. A %MG das voleibolistas, estimada por ADP, apresenta uma média de 20.3% e uma amplitude de 27.7% entre a amostra (Tabela 5). Estes valores são significativamente mais baixos que aqueles identificados por DXA (média de 30.7% e uma amplitude de 29.5%; Tabela 6). Os valores encontrados, por uma e outra metodologia, compreendem os valores médios $23.9 \pm 3.5\%$ de %MG (estimados por equações antropométricas) encontrados por Nikolaidis (2013), com voleibolistas Gregas adolescentes (15.3 ± 1.8 anos). À exceção dos valores encontrados em voleibolistas Olímpicas (Copic et al., 2014; 22.0 ± 3.7 anos; $17.6 \pm 3.4\%$ de MG estimada por bioimpedância), os valores de MG encontrados na presente amostra aproximam-se da amplitude média, de $22.2 \pm 5.0\%$ a $25.1 \pm 1.9\%$, registada em diferentes amostras de voleibolistas adultas utilizando métodos indiretos e duplamente indiretos (Bayios, et al., 2006; Ferris, et al., 1995; Hakkinen, 1993; Malousaris, et al., 2008; Martin-Matillas et al., 2014).

Metodologicamente, a mensagem que parece clara através da globalidade dos resultados do presente estudo, é que independentemente da metodologia de referência utilizada, o conjunto de variáveis que repetidamente se assumem como preditores de uma equação específica para voleibolistas femininas jovens, são a massa corporal, prega bicipital ou subescapular e prega geminal medial (Tabela 11). O indicador de maturação biológica considerado no presente estudo (i.e., % de estatura matura predita) não acrescentou variância explicada em nenhum dos novos modelos propostos. Isto pode dever-se à homogeneidade da amostra em termos de estatura. Uma alternativa, pode passar pela introdução da idade biológica (Moore et al., 2014), nas equações antropométricas.

4.1. Limitações e direções para futuras investigações

O propósito desta secção passa por identificar aspetos transversais a todo o trabalho que resultam num conjunto de questões merecedoras de ser integradas em futuras pesquisas:

- Validar a informação deste trabalho considerando a avaliação de uma amostra com um número mais elevado de atletas. De acordo com Hair, Anderson, Tatham e Black (1998), o número de participantes desejável situa-se entre 15 e 20 por cada variável independente;
- Ampliar a análise considerando a variação associada ao grupo etário, nível de prática desportiva e posição ocupada em campo pelas atletas;
- Proceder ao controlo da qualidade dos dados, determinando o erro técnico de medida e o coeficiente de fiabilidade das variáveis consideradas;
- Alargar o espetro de preditores incluindo, por exemplo, a idade cronológica ou biológica (i.e., dada pelo maturity offset), a massa corporal e a estatura, para tentar elevar a porção de MG relativa suscetível de ser estimada com equações antropométricas de superfície.

4.2. Conclusões e implicações práticas

De acordo com os resultados do presente estudo, podemos concluir que:

- As jogadoras de voleibol feminino possuem menarca, em média, aos 12.8 ± 0.9 anos o que é ligeiramente superior aos 12.3 ± 1.3 anos calculados por Padez (2003);
- A presente amostra estando em média a 99.4 % da estatura matura estimada possui um valor médio de estatura e de massa corporal

ligeiramente abaixo da curva do percentil 75 por cento da estatura para a idade e da massa corporal para a idade publicados Malina et al. (2004);

- Para a nossa amostra com 36 efetivos, a média da %MG varia entre 23.5% e 26.7% de acordo com as equações propostas por Slaughter et al. (1988), respetivamente, quando se determina com base na prega tricipital e geminal medial e com base no somatório das pregas tricipital e subescapular. A média da %MG determinada por ADP é 20.2% e por DXA é ligeiramente mais elevada, sendo de 30.7%;
- As diferenças entre os valores determinados por ADP e equações antropométricas propostas por Slaughter et al. (1988) são estatisticamente significativas;
- As diferenças entre as médias estimadas por DXA e as equações antropométricas propostas por Slaughter et al. (1988) são, igualmente, estatisticamente significativas;
- A associação entre as metodologias ADP e DXA com as equações antropométricas decorrentes da utilização de pregas tricipital e subescapular variam entre 0.65 e 0.74 sugerindo uma substancial porção da variância não sobreposta entre os dois métodos;
- A associação entre as tecnologias referidas no ponto anterior e as equações antropométricas resultantes das pregas tricipital e geminal medial varia entre 0.74 e 0.78, o que implica uma variância explicada sempre abaixo dos 65%, partilhada entre as metodologias;
- A prega bicipital é aquela que sugere maior associação aos valores da %MG determinada por ADP e o mesmo acontece quando a variável %MG é determinada por DXA. Curiosamente, esta prega não foi utilizada e explorada pelo estudo de Slaughter et al. (1988);

- Aparentemente, é possível estimar 78% da variância da %MG recorrendo à massa corporal, à prega bicipital e à prega geminal medial quando a referência, isto é, a variável dependente é a %MG determinada por ADP;
- De idêntico modo, relativamente ao ponto anterior, quando a referência é a %MG determinada por DXA, é possível obter um modelo explicativo de 84% da variância inter-individual a partir da massa corporal, da prega subescapular e da prega geminal medial.

O presente estudo permitiu extrair um conjunto de conclusões cujas implicações práticas se assumem do interesse de treinadores e de outros profissionais envolvidos no voleibol feminino. Considerando as limitações já enunciadas, Deve existir prudência na aplicação de equações, dedicadas a determinação da %MG, que foram extraídas de amostras que não foram sujeitas a uma prática desportiva sistemática. Ainda que com recurso a tecnologias laboratoriais, as comparações interindividuais de %MG devem ser feitas entre metodologias similares e nunca entre valores obtidos por diferentes métodos de referência. Por fim, a equação resultante da regressão linear múltipla, tendo como referência a %MG determinada por DXA, apresenta um erro padrão de estimativa relativamente baixo e uma porção de variância explicada próxima de equações altamente difundidas na literatura. Com efeito, face à inexistência de equações específicas para este segmento de atletas, a equação derivada do presente estudo pode assumir-se como uma forma de obter informação relativa à composição corporal de jovens voleibolistas, com características similares à presente amostra, de forma não invasiva e rápida. Operacionalmente, este registo permite o controlo sistemático de um dos preditores identificado como fator que afeta significativamente o desempenho desportivo da voleibolista.

Referências bibliográficas

- Amasay, T. (2008). Static block jump techniques in volleyball: upright versus squat starting positions. *J Strength Cond Res*, 22(4), 1242-1248.
- Barnes, J. L., Schilling, B. K., Falvo, M. J., Weiss, L. W., Creasy, A. K., & Fry, A. C. (2007). Relationship of jumping and agility performance in female volleyball athletes. *J Strength Cond Res*, 21(4), 1192-1196.
- Bayios, I. A., Bergeles, N. K., Apostolidis, N. G., Noutsos, K. S., & Koskolou, M. D. (2006). Anthropometric, body composition and somatotype differences of Greek elite female basketball, volleyball and handball players. *J Sports Med Phys Fitness*, 46(2), 271-280.
- Bosy-Westphal, A., Danielzik, S., Becker, C., Geisler, C., Onur, S., Korth, O., . . . Muller, M. J. (2005). Need for optimal body composition data analysis using air-displacement plethysmography in children and adolescents. *J Nutr*, 135(9), 2257-2262.
- Buisson, A. M., Ittenbach, R. F., Stallings, V. A., & Zemel, B. S. (2006). Methodological agreement between two-compartment body-composition methods in children. *Am J Hum Biol*, 18(4), 470-480.
- Cardinale, M., & Lim, J. (2003). Electromyography activity of vastus lateralis muscle during whole-body vibrations of different frequencies. *J Strength Cond Res*, 17(3), 621-624.
- Coelho-e-Silva, M. J., Malina, R. M., Simoes, F., Valente-Dos-Santos, J., Martins, R. A., Vaz Ronque, E. R., . . . Sardinha, L. B. (2013). Determination of thigh volume in youth with anthropometry and DXA: agreement between estimates. *Eur J Sport Sci*, 13(5), 527-533.
- Copic, N., Dopsaj, M., Ivanovic, J., Nestic, G., & Jaric, S. (2014). Body composition and muscle strength predictors of jumping performance: differences between elite female volleyball competitors and nontrained individuals. *J Strength Cond Res*, 28(10), 2709-2716.

- Dempster, P., & Aitkens, S. (1995). A new air displacement method for the determination of human body composition. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27(12), 1692-1697.
- Epstein, L. H., Valoski, A. M., Kalarchian, M. A., & McCurley, J. (1995). Do children lose and maintain weight easier than adults: a comparison of child and parent weight changes from six months to ten years. *Obes Res*, 3(5), 411-417.
- Ferris, D. P., Signorile, J. F., & Caruso, J. F. (1995). The relationship between physical and physiological variables and volleyball spiking velocity. *J Strength Cond Res*, 9(1), 32-36.
- Foster, B. J., Platt, R. W., & Zemel, B. S. (2012). Development and validation of a predictive equation for lean body mass in children and adolescents. *Annals of Human Biology*, 39(3), 171-182.
- Gonzalez-Rave, J. M., Arija, A., & Clemente-Suarez, V. (2011). Seasonal changes in jump performance and body composition in women volleyball players. *J Strength Cond Res*, 25(6), 1492-1501.
- Gualdi-Russo, E., & Zaccagni, L. (2001). Somatotype, role and performance in elite volleyball players. *J Sports Med Phys Fitness*, 41(2), 256-262.
- Hair, J. F., Anderson, R. E., Tatham, R. L., & Black, W. C. (1998). *Multivariate data analysis* (5.^a ed.). Upper Saddle River: Prentice Hall.
- Hakkinen, K. (1993). Changes in physical fitness profile in female volleyball players during the competitive season. *J Sports Med Phys Fitness*, 33(3), 223-232.
- Hall, R., Barber Foss, K., Hewett, T. E., & Myer, G. D. (2015). Sport specialization's association with an increased risk of developing anterior knee pain in adolescent female athletes. *J Sport Rehabil*, 24(1), 31-35.
- Heymsfield, S. B., Wang, Z., Baumgartner, R. N., & Ross, R. (1997). Human body composition: advances in models and methods. *Annual review of nutrition*, 17, 527-558.

- Higgins, P. B., Silva, A. M., Sardinha, L. B., Hull, H. R., Goran, M. I., Gower, B. A., & Fields, D. A. (2006). Validity of new child-specific thoracic gas volume prediction equations for air-displacement plethysmography. *BMC Pediatr*, *6*, 18.
- Hopkins, W. G., Marshall, S. W., Batterham, A. M., & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. [Review]. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *41*(1), 3-13.
- Janssen, I., Brown, N. A., Munro, B. J., & Steele, J. R. (2015). Variations in jump height explain the between-sex difference in patellar tendon loading during landing. *Scand J Med Sci Sports*, *25*(2), 265-272.
- Janz, K. F., Nielsen, D. H., Cassady, S. L., Cook, J. S., Wu, Y. T., & Hansen, J. R. (1993). Cross-validation of the Slaughter skinfold equations for children and adolescents. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *25*(9), 1070-1076.
- Khamis, H. J., & Roche, A. F. (1994). Predicting adult stature without using skeletal age: the Khamis-Roche method. *Pediatrics*, *94*(4 Pt 1), 504-507.
- Kim, J., Shen, W., Gallagher, D., Jones, A., Jr., Wang, Z., Wang, J., . . . Heymsfield, S. B. (2006). Total-body skeletal muscle mass: estimation by dual-energy X-ray absorptiometry in children and adolescents. *The American journal of clinical nutrition*, *84*(5), 1014-1020.
- Lawson, B. R., Stephens, T. M., Devoe, D. E., & Reiser, R. F. (2006). Lower-extremity bilateral differences during step-close and no-step countermovement jumps with concern for gender. *J Strength Cond Res*, *20*(3), 608-619.
- Lohman, T. G. (1986). Applicability of body composition techniques and constants for children and youths. *Exercise and sport sciences reviews*, *14*, 325-357.
- Lohman, T. G., & Chen, Z. (2005). Dual-energy x-ray absorptiometry. In S. B. Heymsfield, T. G. Lohman, Z. M. Wang & S. B. Going (Eds.), *Human Body Composition* (pp. 63–78). Champaign, IL: Human Kinetics.

- Lohman, T. G., & Going, S. (1998). Assessment of body composition and energy balance. In D. R. Lamb & R. Murray (Eds.), *Perspectives in exercise science and sports medicine: Exercise, nutrition, and control of body weight* (Vol. 11, pp. 61-106). Carmel: Cooper Publication Group.
- Lohman, T. G., Roche, A. F., & Martorell, R. (1988). *Anthropometric standardization reference manual*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Malina, R., Bouchard, C., & Bar-Or, O. (2004). *Growth, maturation, and physical activity* (2nd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Malina, R. M., Cumming, S. P., Kontos, A. P., Eisenmann, J. C., Ribeiro, B., & Aroso, J. (2005). Maturity-associated variation in sport-specific skills of youth soccer players aged 13-15 years. *J Sports Sci*, 23(5), 515-522.
- Malousaris, G. G., Bergeles, N. K., Barzouka, K. G., Bayios, I. A., Nassis, G. P., & Koskolou, M. D. (2008). Somatotype, size and body composition of competitive female volleyball players. *J Sci Med Sport*, 11(3), 337-344.
- Martin-Matillas, M., Valades, D., Hernandez-Hernandez, E., Olea-Serrano, F., Sjostrom, M., Delgado-Fernandez, M., & Ortega, F. B. (2014). Anthropometric, body composition and somatotype characteristics of elite female volleyball players from the highest Spanish league. *J Sports Sci*, 32(2), 137-148.
- McCrorry, M. A., Gomez, T. D., Bernauer, E. M., & Mole, P. A. (1995). Evaluation of a new air displacement plethysmograph for measuring human body composition. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27(12), 1686-1691.
- Mirwald, R. L., Baxter-Jones, A. D., Bailey, D. A., & Beunen, G. P. (2002). An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Med Sci Sports Exerc*, 34(4), 689-694.
- Moore, S. A., McKay, H. A., Macdonald, H., Nettlefold, L., Baxter-Jones, A. D., Cameron, N., & Brasher, P. M. (2014). Enhancing a Somatic Maturity Prediction Model. *Med Sci Sports Exerc*. doi: 10.1249/MSS.0000000000000588

- Mroczek, D., Januszkiewicz, A., Kawczynski, A. S., Borysiuk, Z., & Chmura, J. (2014). Analysis of male volleyball players' motor activities during a top level match. *J Strength Cond Res*, 28(8), 2297-2305.
- Nikolaidis, P. T. (2013). Body mass index and body fat percentage are associated with decreased physical fitness in adolescent and adult female volleyball players. *J Res Med Sci*, 18(1), 22-26.
- Nunez, C., Kovera, A. J., Pietrobelli, A., Heshka, S., Horlick, M., Kehayias, J. J., . . . Heymsfield, S. B. (1999). Body composition in children and adults by air displacement plethysmography. *Eur J Clin Nutr*, 53(5), 382-387.
- Padez, C. (2003). Secular trend in stature in the Portuguese population (1904-2000). *Ann Hum Biol*, 30(3), 262-278.
- Parker, L., Reilly, J. J., Slater, C., Wells, J. C., & Pitsiladis, Y. (2003). Validity of six field and laboratory methods for measurement of body composition in boys. *Obes Res*, 11(7), 852-858.
- Rodriguez, G., Moreno, L. A., Blay, M. G., Blay, V. A., Fleta, J., Sarria, A., . . . Group, A. V.-Z. S. (2005). Body fat measurement in adolescents: comparison of skinfold thickness equations with dual-energy X-ray absorptiometry. *Eur J Clin Nutr*, 59(10), 1158-1166.
- Rousanoglou, E. N., Barzouka, K. G., & Boudolos, K. D. (2013). Seasonal changes of jumping performance and knee muscle strength in under-19 women volleyball players. *J Strength Cond Res*, 27(4), 1108-1117.
- Sardinha, L. B., Going, S. B., Teixeira, P. J., & Lohman, T. G. (1999). Receiver operating characteristic analysis of body mass index, triceps skinfold thickness, and arm girth for obesity screening in children and adolescents. *Am J Clin Nutr*, 70(6), 1090-1095.
- Silva, A. M., & Sardinha, L. B. (2008). Adiposidade corporal: métodos de avaliação e valores de referência *Nutrição, Exercício e Saúde* (pp. 135-180): Lidel: Edições técnicas.

- Silva, M., Lacerda, D., & Vicente, J. P. (2013). Match analysis of discrimination skills according to the setter attack zone position in high level volleyball. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 13(2), 452-460.
- Slaughter, M. H., Lohman, T. G., Boileau, R. A., Horswill, C. A., Stillman, R. J., Van Loan, M. D., & Bembien, D. A. (1988). Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. *Hum Biol*, 60(5), 709-723.
- Valente-Dos-Santos, J., Coelho, E. S. M. J., Tavares, O. M., Brito, J., Seabra, A., Rebelo, A., . . . Malina, R. M. (2015). Allometric modelling of peak oxygen uptake in male soccer players of 8-18 years of age. *Ann Hum Biol*, 42(2), 125-133.

Apêndices

Termo de Consentimento

TERMO DE CONSENTIMENTO

Saúde de Jovens Atletas

A saúde da jovem atleta tem merecido a melhor atenção do CIDAF (Centro de Investigação do Desporto e Atividade Física). Nesse sentido, estamos a empreender um projeto com atletas de voleibol onde pretendemos apreciar comparativamente a composição corporal avaliada por pletismografia de ar deslocado, composição apendicular da coxa, força dos extensores e dos flexores do joelho avaliada por dinamómetro isocinético a 60° e 180° por segundo, força explosiva dos membros inferiores e também o conteúdo mineral ósseo por metodologia DXA. Esta dimensão será realizada numa clínica especializada, por um técnico especializado e habilitado, sem encargos para os participantes no estudo. A metodologia apontada é inócua e corresponde aos exames regularmente prescritos por médicos de unidades de saúde familiar. Os resultados serão individuais e confidencialmente comunicados às jovens e famílias, ficando à vossa disposição para qualquer contacto adicional que julgue necessário.

Eu, _____,
encarregado de educação da atleta

venho por este meio autorizar a participação do meu educando no estudo nas condições que me foram apresentadas.

Estatuta Pai (conforme B.I.):

Estatuta Mãe (conforme B.I.):

_____, _____, _____

Investigadores Responsáveis:

Mestre Filipe Simões e Mestranda Alexandra Agostinho

(assinatura)

