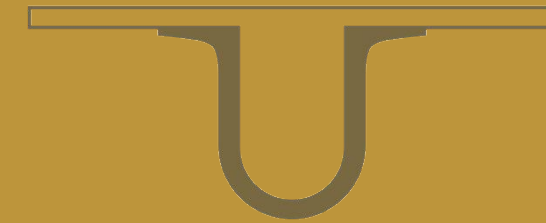




UNIVERSIDADE DE  
COIMBRA



Miguel Alexandre Guerreiro Leitão da Silva

**COMPOSIÇÃO CORPORAL E DESEMPENHO EM  
PROTOCOLOS ERGOMÉTRICOS DE CURTA E  
MÉDIA DURAÇÃO**

**ESTUDO EM ATLETAS MASCULINOS DE DESPORTOS  
DE COMBATE**

Tese no âmbito do doutoramento em Ciências do Desporto, ramo de Treino Desportivo, orientada pelos Professores Doutores Manuel João Cerdeira Coelho e Silva, Luís Manuel Pinto Lopes Rama e João Alberto Valente dos Santos e apresentada à Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física

Outubro de 2018

Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física

# COMPOSIÇÃO CORPORAL E DESEMPENHO EM PROTOCOLOS ERGOMÉTRICOS DE CURTA E MÉDIA DURAÇÃO: estudo em atletas masculinos de desportos de combate

Miguel Alexandre Guerreiro Leitão da Silva

Tese no âmbito do doutoramento em Ciências do Desporto, ramo de Treino Desportivo, orientada pelos Professores Doutores Manuel João Cerdeira Coelho e Silva, Luís Manuel Pinto Lopes Rama e João Alberto Valente dos Santos e apresentada à Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra

Outubro de 2018



UNIVERSIDADE D  
COIMBRA





# Agradecimentos

---

Agradecer ao meu filho e minha mãe, pilares da minha vida.

Agradecer ao meu orientador Manuel João Coelho e Silva que me tem acompanhado em todos os fins de ciclo do meu percurso académico.

Agradecer ao atleta e amigo Paulo Moura Relvas de Sousa e Silva por ter estado sempre ao meu lado ao longo dos anos de execução da presente tese. Exemplo de lealdade.



# Resumo

---

A popularidade e mediatização dos desportos de luta tem originado fortes mudanças ao nível da dimensão científica do treino e da convivência interdisciplinar. A presente tese foca-se na caracterização multidimensional de atletas de desportos de combate, nomeadamente a nível morfológico, composição corporal e vias metabólicas. Sete são as disciplinas estudadas, das quais quatro são olímpicas (Boxe, Taekwondo, Lutas Amadoras, Judo). A amostra foi de 59 atletas que nem sempre foram considerados na sua totalidade. Para os estudos 1 e 2 fez-se uma divisão em dois grandes grupos, designados por “Percussão” (Boxe, Kickboxing, Karaté, Taekwondo), e “Preensão” (Judo, Jiu-jitsu Brasileiro e Lutas Amadoras). O critério para a divisão foi o gesto técnico de base das modalidades. No primeiro grupo as ações baseiam-se na aplicação de golpes contundentes, utilizando os membros superiores e inferiores para atingir o adversário, marcando assim mais pontos, provocando a sua desistência ou o *knockout*. Já no segundo, os golpes não são permitidos e as ações são de puxar, derrubar, imobilizar, tendo como objetivo marcar mais pontos que o oponente, provocar a sua imobilização ou desistência por submissão. A tese é dividida em três estudos distintos que se projetam numa sequência lógica. O objetivo do estudo 1 circunscreve-se à caracterização morfológica e à comparação destes dois grupos distintos de modalidades de combate (percussão: n=31; preensão: n=24), utilizando metodologias concorrentes de avaliação da composição corporal. Assim os sujeitos foram submetidos a avaliações multimodais, onde se pode observar as variações dos valores médios obtidos na avaliação pelas diferentes metodologias. Foi utilizada a bioimpedância, onde foi possível aceder à água corporal total, intracelular e extracelular; a pletismografia de ar deslocado, obtendo assim os resultados do volume corporal; por fim a absorciometria de raios-X de dupla energia (DXA), a qual forneceu os valores do conteúdo mineral ósseo total e por regiões. No segundo estudo, caracterizou-se e comparou-se o perfil metabólico dos atletas destas modalidades, onde se faz igualmente a divisão entre *percussão* (n=20 e n=31,  $VO_{2max}$  e *Wingate*, respetivamente) e *preensão* (n=24). Para avaliar o consumo máximo de oxigénio ( $VO_{2max}$ ) foi utilizado um teste de corrida incremental por patamares de um minuto, numa passadeira monitorizada, em que o primeiro patamar se inicia a uma velocidade de  $8\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ , com incrementos subsequentes de  $1\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$  a cada minuto, mantendo durante todo o teste, a inclinação inicial de 2% até à exaustão. Já para a avaliação do pico de potência (W;  $\text{W}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) e potência média (W;  $\text{W}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), foi usado o teste de *Wingate* de 30 segundos para os membros inferiores, com recurso a um cicloergómetro monitorizado. Para concluir, o estudo 3 (n=59) teve como objetivo examinar a variabilidade interindividual do  $VO_{2max}$ , usando técnicas de alometria para explorar o efeito de descritores de tamanho de corpo inteiro e apendiculares concorrentes na totalidade da amostra (n=59).

A partir dos resultados dos três estudos, retiram-se as seguintes conclusões principais: (i) níveis reduzidos de massa gorda como característica transversal nas modalidades de combate; (ii) níveis de densidade mineral óssea elevados, quando comparados com a população em geral, sendo que as modalidades de preensão, quiçá devido à sua componente de quedas, apresentam valores ligeiramente superiores no trem superior, comparativamente às modalidades de percussão; (iii) contributo essencial da via aeróbia, tanto na recuperação entre *rounds*, como na recuperação entre lutas, sendo que não existem diferenças nos parâmetros ventilatórios ( $VO_{2max}$  e respetivos limiares) entre os dois grupos de modalidades; (iv) contributo essencial da via anaeróbia, essencial nas ações decisivas nos combates, sejam elas nas sequências explosivas de golpes ou projeções que podem ditar o fim da luta ou ao aguentar as investidas e contra-atacar de forma vigorosa. Aqui também a tendência se manteve, não existindo diferenças nos resultados do teste de *Wingate*, quer ao nível do pico de potência ou da potência média; (v) a massa dos membros inferiores produziu os coeficientes alométricos mais pronunciados e combinada com a massa isenta de gordura produziu a solução multiplicativa mais eficaz para explicar o  $VO_{2max}$  em atletas de desportos de combate. Já os modelos alométricos simples mostraram que a massa isenta de gordura foi o fator mais explicativo para o  $VO_{2max}$ .

**PALAVRAS-CHAVE:** Desportos de combate, morfologia, composição corporal, tecido ósseo, vias metabólicas, aeróbio, anaeróbio, limiares ventilatórios, alometria, modelos alométricos.

# Abstract

---

*The popularity and mediatization of combat sports have led to major changes in the scientific dimension of training and interdisciplinary coexistence. The present thesis focuses on the multidimensional characterization of athletes of combat sports, namely morphological level, body composition and metabolic pathways. Seven are the disciplines studied, of which four are Olympic (Boxing, Taekwondo, Wrestling, Judo). The sample consisted of 59 athletes who were not always considered in their entirety. For studies 1 and 2, a division was made in two large groups, called "striking" (Boxing, Kickboxing, Karate, Taekwondo), and "grappling" (Judo, Brazilian Jiu-jitsu and Wrestling). The criterion for the division was the basic technical gesture of the sports. In the first group, the actions are based on the application of forceful blows, using the upper and lower limbs to reach the opponent, thus marking more points, causing them to desist or knockout. On the second group, the blows are not allowed, and the actions are to pull, to drop, aiming to score more points than the opponent, to cause their immobilization or withdrawal by submission. The thesis is divided into three distinct studies that project in a logical sequence. The aim of study 1 is limited to the morphological characterization and the comparison of these two distinct groups of combat sports (striking:  $n = 31$ , grappling:  $n = 24$ ), using competing methodologies of body composition assessment. Thus, the subjects were submitted to multimodal evaluations, where the mean values obtained in the evaluation by the different methodologies can be observed. Bioimpedance was used, where it was possible to access total, intracellular and extracellular body water; air-displacement plethysmography gives the results of body volume; Dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) provided the values of total bone mineral content and bone mineral content by regions. In the second study, the metabolic profile of the athletes of these sports was studied and compared between the striking ( $n = 20$  and  $n = 31$ ,  $VO_{2max}$  and Wingate, respectively) and grappling group ( $n = 24$ ). To access maximum oxygen consumption ( $VO_{2max}$ ), an incremental run test was used for one-minute steps on a monitored treadmill, where the first level starts at a speed of  $8\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ , with subsequent increments of  $1\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$  every minute, maintaining throughout the test the initial slope of 2% until exhaustion. For the evaluation of peak power ( $W$ ;  $W\cdot\text{kg}^{-1}$ ) and mean power ( $W$ ;  $W\cdot\text{kg}^{-1}$ ), the Wingate test of 30 seconds for the lower limbs was used, using a monitored cycle ergometer. To conclude, study 3 ( $n = 59$ ) aimed to examine the interindividual variability of  $VO_{2max}$  using allometry techniques to explore the effect of concurrent appendicular and whole body size descriptors on the entire sample ( $n = 59$ ). From the results of the three studies, the following main conclusions are drawn: (i) reduced levels of fat mass as a transversal characteristic in combat sports; (ii) high levels of bone mineral density when compared to the general population; the grappling group, perhaps due to their fall component, present slightly higher values in the upper limbs, compared to the*



*striking group; (iii) essential contribution of the aerobic system, both in recovery between rounds and in recovery between fights; no differences were found in ventilatory parameters ( $VO_{2max}$  and respective thresholds) between the two groups of; (iv) an essential contribution of the anaerobic pathway, essential in decisive actions in competition, whether in the explosive sequences of blows or projections that can dictate the end of the fight or enduring the attacks and counterattacking vigorously. Here also the trend was maintained, with no differences in the Wingate test results, either at the peak power or mean power; (v) lower limb mass produced the most pronounced allometric coefficients and combined with the fat-free mass produced the most effective multiplicative solution to explain  $VO_{2max}$  in combat sports athletes. On the other hand, the simple allometric models showed that fat-free mass was the most explanatory factor for  $VO_{2max}$ .*

**KEYWORDS:** *combat sports, morphology, body composition, bone tissue, metabolic pathways, aerobic, anaerobic, ventilatory thresholds, allometric scaling, allometric modelling.*

# Índice

---

<b>Agradecimentos</b> .....	III
<b>Resumo</b> .....	V
<b>Abstract</b> .....	VII
<b>Lista de Tabelas</b> .....	XIII
<b>Lista de Figuras</b> .....	XV
<b>Abreviaturas</b> .....	XVII

## **Capítulo I: Introdução Geral**

<b>1. Introdução Geral</b> .....	3
----------------------------------	---

## **Capítulo II: Metodologia Geral**

<b>2. Metodologia Geral</b> .....	13
2.1. Procedimentos Gerais .....	13
2.2. Amostra .....	13
2.3. Composição Corporal .....	14
2.3.1. Antropometria .....	14
2.3.2. Pletismografia de ar deslocado .....	14
2.3.3. Bioimpedância .....	15
2.3.4. Absorciometria de raios-X de dupla energia .....	15
2.3.5. Percentagem de massa gorda (modelo de 4 compartimentos) .....	15
2.4. Metodologias de avaliação das vias metabólicas de curta e média duração .....	16
2.4.1. Consumo máximo de oxigénio ( $VO_{2max}$ ) .....	16
2.4.2. Teste de Wingate dos membros inferiores de 30 segundos .....	16
2.5. Análise estatística .....	18

## **Capítulo III: Estudo 1**

<b>3. MORFOLOGIA E COMPOSIÇÃO CORPORAL EM ATLETAS DE DESPORTOS DE COMBATE: variação entre modalidades de percussão e modalidades de preensão</b> .....	21
3.1. Introdução .....	22
3.2. Metodologia .....	24

3.2.1. Procedimentos.....	24
3.2.2. Amostra .....	24
3.2.3. Antropometria .....	24
3.2.4. Pletismografia de ar deslocado.....	24
3.2.5. Bioimpedância.....	25
3.2.6. Absorciometria de raios-X de dupla energia .....	25
3.2.7. Análise estatística.....	26
3.3. Resultados.....	26
3.4. Discussão .....	32

## Capítulo IV: Estudo 2

### 4. APTIDÃO EM PROVAS MARCADORAS DAS VIAS METABÓLICAS EM ATLETAS ADULTOS DE DESPORTOS DE COMBATE

4.1. Introdução.....	38
4.2. Metodologia.....	40
4.2.1. Procedimentos.....	40
4.2.2. Amostra .....	40
4.2.3. Antropometria .....	41
4.2.4. Consumo máximo de oxigénio ( $VO_{2max}$ ).....	41
4.2.5. Teste de Wingate dos membros inferiores de 30 segundos .....	42
4.2.6. Análise estatística.....	42
4.3. Resultados.....	43
4.4. Discussão .....	48

## Capítulo V: Estudo 3

### 5. INTER-ASSOCIAÇÃO ENTRE TAMANHO CORPORAL E PARÂMETROS FISIOLÓGICOS: estudo da variação inter-individual do consumo máximo de oxigénio em modalidades de combate organizadas por categorias de peso .....

5.1. Introdução.....	55
5.2. Metodologia.....	56
5.2.1. Procedimento.....	56
5.2.2. Amostra .....	56
5.2.3. Antropometria .....	56
5.2.4. Bioimpedância.....	56
5.2.5. Pletismografia de ar deslocado.....	57

5.2.6. <i>Absorciometria de raios-X de dupla energia</i> .....	57
5.2.7. <i>Composição corporal</i> .....	57
5.2.8. <i>Aptidão aeróbia</i> .....	58
5.2.9. <i>Análise estatística</i> .....	58
5.3. Resultados .....	60
5.4. Discussão .....	66

## **Capítulo VI: Discussão Geral e Conclusões**

<b>6. Discussão Geral e Conclusões</b> .....	71
6.1. Composição corporal e perda de peso súbita em desportos de combate .....	71
6.2. Desportos de combate e saúde óssea .....	75
6.3. Metodologias de avaliação da composição corporal .....	77
6.4. Vias metabólicas e desportos de combate .....	78
6.5. Limiares ventilatórios em desportos de combate .....	81
6.6. Mudanças na estrutura temporal da competição e influência no perfil metabólico do atleta .....	82
6.7. Resumo conclusivo .....	83
<b>Referências Bibliográficas</b> .....	85



# Lista de Tabelas

---

## Capítulo I: Introdução Geral

**Tabela 1.1.** Categorias de peso de atletas adultos masculinos em diferentes desportos de combate ..... 7

**Tabela 1.2.** Duração dos combates em diferentes modalidades de combate ..... 9

## Capítulo II: Metodologia Geral

**Tabela 2.1.** Procedimentos estatísticos usados nos 3 estudos ..... 18

## Capítulo III: Estudo 1

**Tabela 3.1.** Estatística descritiva para a antropometria (média±desvio padrão) e variação associada ao grupo de modalidades para o total da amostra (n=55) ..... 27

**Tabela 3.2.** Estatística descritiva para a bioimpedância (média±desvio padrão) e variação associada ao grupo de modalidades para o total da amostra (n=55) ..... 28

**Tabela 3.3.** Estatística descritiva para a pletismografia de ar deslocado (média±desvio padrão) e variação associada ao grupo de modalidades para o total da amostra (n=55)... 29

**Tabela 3.4.** Estatística descritiva para a absorciometria (média±desvio padrão) e variação associada ao grupo de modalidades para o total da amostra (n=55) ..... 30

## Capítulo IV: Estudo 2

**Tabela 4.1.** Estatística descritiva para as cronovariáveis e antropometria (média±desvio padrão) e variação associada ao grupo de modalidades para o total da amostra (n=55)... 44

**Tabela 4.2.** Estatística descritiva para o teste de *Wingate* (média±desvio padrão) e variação associada ao grupo de modalidades para o total da amostra (n=55) ..... 45

**Tabela 4.3.** Estatística descritiva para o consumo máximo de oxigénio e limiares ventilatórios (média±desvio padrão) e variação associada ao grupo de modalidades para o total da amostra (n=44) ..... 46

### Capítulo V: Estudo 3

<b>Tabela 5.1.</b> Estatística descritiva para a idade cronológica, anos de treino, estatura, massa corporal, indicadores de composição corporal e parâmetros fisiológicos derivados do protocolo de corrida para o total da amostra (n = 59) e testes de normalidade (Kolmogorov-Smirnov).....	61
<b>Tabela 5.2.</b> Correlação bivariada entre descritores de tamanho e parâmetros ventilatório	62
<b>Tabela 5.3.</b> Modelos alométricos simples para as variáveis fisiológicas obtidas a partir da combinação de cada um dos descritores de tamanho do corpo inteiro com a massa dos membros inferiores.....	64
<b>Tabela 5.4.</b> Modelos alométricos multiplicativos para as variáveis fisiológicas combinando descritores de corpo inteiro com o preditor apendicular para a amostra total (n=59).....	65

# Lista de Figuras

---

## Capítulo III: Estudo 1

**Figura 3.1.** Variação dos valores médios obtidos na avaliação da percentagem de massa gorda, pelas três metodologias concorrentes ..... 33

## Capítulo V: Estudo 3

**Figura 5.1.** Correlações bivariadas entre os outputs do  $VO_{2max}$  e os descritores de tamanho corporal de corpo inteiro ..... 63

**Figura 5.2.** Correlações bivariadas entre os outputs do  $VO_2$  e os descritores de tamanho corporal apendicular ..... 63

## Capítulo VI: Discussão Geral e Conclusões

**Figura 6.1.** Resultados da percentagem de massa gorda, pelas diferentes modalidades de combate e metodologias de avaliação ..... 74

**Figura 6.2.** Resultados do teste de avaliação do consumo máximo de oxigénio por modalidade de combate ..... 79

**Figura 6.3.** Resultados do teste de *Wingate*: pico de potência e potência média por modalidade de combate ..... 80





# Abreviaturas

---

% - por cento  
4c - Quatro compartimentos  
a.C. - Antes de Cristo  
ACSM - Colégio Americano de Medicina Desportiva  
ACT - Água Corporal Total  
AIBA – Amateur International Boxing Association  
ATP-PCr – Adenosina trifosfato-fosfocreatina  
BJJ – Brazilian Jiu-Jitsu  
Bpm - Batimentos por minuto  
CDC – Centers for Disease Control and Prevention  
cm - centímetro  
cm<sup>2</sup> - Centímetro quadrado  
CMO - Conteúdo Mineral Ósseo  
CO<sub>2</sub> - Dióxido de Carbono  
DMO - Densidade Mineral Óssea  
DXA – Absorciometria de raios-X de dupla energia  
EUA - Estado Unidos da América  
FC – Frequência Cardíaca  
FCM - Frequência Cardíaca Máxima  
FNK-P Federação Nacional de Karaté  
FPB – Federação Portuguesa de Boxe  
FPJ-Federação Portuguesa de Judo  
FPJJB-Federação Portuguesa de Jiu-Jitsu brasileiro  
FPKM – Federação Portuguesa de Kickboxing e Muay-Thai  
FPLA –Federação Portuguesa de Lutas Amadoras  
FPT –Federação Portuguesa de Taekwondo  
g - Grama  
G1 – Grupo 1  
G2 - Grupo 2  
h - Hora  
Hz - Hertz  
IBJJF – Internacional Brazilian Jiu-Jitsu Federation  
IC 95% - Intervalo de confiança a 95%  
IFJ - Internacional Judo Federation

Kg – Quilograma  
KO – Knockout  
L - Litros  
LAe - Limiar Aeróbio  
LAn - Limiar Anaeróbio  
Log - Logaritmo  
LV1 - Limiar Ventilatório 1  
LV2 - Limiar Ventilatório 2  
m - Minuto  
MC - Massa Corporal  
MG – Massa Gorda  
MI - Membros inferiores  
MIG - Massa Isenta de Gordura  
mL - Mililitro  
MMA - Mixed Martial Arts  
mmol – Milimol  
MS - Membros superiores  
O<sub>2</sub> - Oxigénio  
r - Coeficiente de correlação  
R - Coeficiente de fiabilidade  
R<sup>2</sup> - Variância interindividual explicada  
RER - Rácio de trocas respiratórias  
Rpm - Rotações por minuto  
s - Segundo  
SEE - Padrão de estimativa do erro  
SEM- Erro padrão da média  
UFC – Ultimate Fighting Championship  
UWW – United World Wrestling  
VM - Volume Corporal  
VO<sub>2max</sub> – Consumo máximo de oxigénio  
W - Watt  
WADA - World Anti-Doping Agency  
WAKO - World Association of Kickboxing Organizations  
WKC – World Karate Federation  
WT – World Taekwondo

# **Capítulo I**

## **Introdução Geral**



# 1. Introdução Geral

---

Nos desportos de combate estão em falta estudos capazes de descrever as respostas fisiológicas em cenários de competição ou simulação de combates (Calmet, 2007; Franchini et al., 2008). Assim muitos estudos têm sido direcionados para a avaliação de marcadores indiretos, como a potência e capacidade aeróbia, potência e capacidade anaeróbia, força ou flexibilidade, comparando atletas de diferentes níveis competitivos, na perspectiva de encontrar aspetos chave para um desempenho de excelência nas respetivas modalidades (Chaabene et al., 2018; Franchini & Del Vecchio, 2011).

O desenvolvimento dos desportos de combate implicou mudanças acentuadas no processo de treino e na convivência interdisciplinar. O elevado contributo dos *media* na divulgação dos combates de artes marciais mistas (MMA), tem-lhes conferido grande popularidade (La Bounty, Campbell, Galvan, Cooke, & Antonio, 2011). Tradicionalmente estes combates atraíam atletas especializados numa só modalidade que utilizavam os seus estilos específicos (Bolelli, 2003; Downey, 2007). Importa distinguir a noção de arte marcial e de desporto de combate. A primeira, na sua origem, é por definição uma arte de guerra, onde tudo seria permitido devido ao potencial perigo que se avizinha de uma batalha. O segundo implica regras e normas destinada a garantir a integridade física do adversário e um árbitro para as fazer respeitar e, embora por um lado o afaste do combate real, por outro, permite enfrentar um adversário que aplica todo o seu potencial físico e imprevisibilidade reacional. Nos países asiáticos a aprendizagem das artes marciais efetuava-se para enfrentar os invasores e tinha o objetivo de transformar o corpo numa verdadeira arma de guerra. No curso da humanidade estas técnicas foram transmitidas pelo mundo inteiro e foram adaptadas às mentalidades das pessoas que serviam.

No presente estudo estão contemplados sete desportos de combate, das quais quatro são olímpicos (Boxe, Lutas Amadoras, Judo e Taekwondo), um será nas próximas olimpíadas (Karaté), e os dois restantes (Jiu-Jitsu Brasileiro e Kickboxing), apesar de não o serem, são praticadas no mundo inteiro, contando com milhares de praticantes e atletas. Metodologias de avaliação semelhantes foram utilizadas noutras modalidades desportivas, inserindo-se numa linha de pesquisa com mais de 200 atletas avaliados.

Para os dois primeiros estudos, a amostra foi dividida em dois grandes grupos: designamos o grupo 1 (G1), como modalidades de percussão (Boxe, Kickboxing, Taekwondo, Karaté) e o grupo 2 (G2), como modalidades de preensão (Judo, Lutas Amadoras, Jiu-Jitsu

Brasileiro). No primeiro as principais ações técnicas baseiam-se na aplicação de golpes de membros superiores e inferiores, utilizando movimentos explosivos e contundentes no sentido de atingir o nosso adversário. No segundo, os movimentos predominantes são de puxar, derrubar, imobilizar, provocar a desistência por pressão ou finalização, nunca podendo usar golpes com os membros para esse fim. De forma escassa, idênticas classificações fazem esta distinção, atribuindo ao segundo grupo a denominação de *grappling* (Andreato, Lara, Andrade, & Branco, 2017; Lenetsky & Harris, 2012) ou *domínio* (Franchini & Del Vecchio, 2011) e ao primeiro a denominação de *striking* (Lenetsky & Harris, 2012; Slimani, Chaabene, et al., 2017) ou *percussão* (Franchini & Del Vecchio, 2011). A convergência destas duas tipologias afunila nas artes marciais mistas, onde também aqui se pretende dar mais um contributo para a compreensão desta nova realidade.

Fazendo uma breve caracterização das modalidades, o Boxe, também chamado de *nobre arte*, é um dos desportos de combate mais antigos a ser praticado por todas as culturas da humanidade. Utilizando unicamente os punhos para golpear o adversário, as primeiras provas da sua prática são datadas de 3000 a.C. aproximadamente e possivelmente terá aparecido na Etiópia por volta de 6000 a.C. Historicamente aparece pela primeira vez como desporto Olímpico nos Jogos Olímpicos da era antiga em 680 a.C. (Poliakoff, 1995; Swaddling, 2015). A AIBA (*Amateur International Boxing Association*) é a organização mundial oficial de boxe amador e responsável pelas duas maiores provas que são os jogos olímpicos e os campeonatos do mundo da modalidade. Existem perto de duas centenas de Federações nacionais associadas à AIBA. Tal como noutras modalidades de combate, com um intuito de promover lutas mais justas e equilibradas, as competições de boxe estão divididas por categorias de peso variando entre os menos 48 kg e os mais de 91kg. O número e duração dos assaltos (*rounds*) têm variado ao longo dos tempos, mas hoje os combates são compostos por três assaltos de três minutos com um minuto de recuperação entre eles.

A palavra Karaté significa *mão vazia*, e é derivada de uma arte marcial desenvolvida nos inícios do século dezassete na ilha de Okinawa, onde após a sua conquista por parte dos Japoneses, foi banido o uso de qualquer tipo de armas. No entanto, a grande divulgação do Karaté pelo mundo deu-se após a segunda guerra mundial e hoje é praticado por milhões de pessoas em todos os continentes (Chaabène, Hachana, Franchini, Mkaouer, & Chamari, 2012). O Karaté é dividido na sua vertente competitiva em duas disciplinas: *Kata* e *Kumite*. As *Kata* são movimentos ofensivos e defensivos, sequenciais e formas pré-estabelecidas que terão de ser executadas com o máximo de rigor e perfeição num determinado espaço de tempo. O *Kumite*, vertente que nos interessa para este estudo, é um jogo/combate real entre dois opositores, que durante um período de três minutos e segundo a regras, disferem golpes com membros inferiores e superiores, no

sentido de pontuar atingindo o adversário. Nas suas competições, o Karaté é dividido em classes de peso que são cinco para o *Kumite* masculino (WKF - *World Karate Federation*).

Kickboxing é uma disciplina dos tempos modernos. Podemos considerar esta modalidade como híbrida, tendo nascido da influência de outras artes marciais e desportos de combate (Buse, 2009; Duarte, 2013). O termo foi introduzido por um promotor de boxe no Japão (Osamu Noguchi), para uma arte marcial que combinava o Muay Thai e o Karaté, tendo sido posteriormente adotado também na sua variante Americana. Nas suas várias disciplinas o objetivo é obter um maior número de pontos, aplicando golpes com membros superiores e inferiores nas zonas legais de pontuação da cara e do tronco, obter o nocaute, desistência ou suspensão pelo árbitro devido a inferioridade física do adversário. Os combates nesta modalidade são divididos por categorias de peso que variam entre os menos de 51kg e os mais de 91kg.

O Taekwondo é uma arte marcial com origem na Coreia e a sua história e evolução estão fortemente ligados à história do próprio país. Há alguma controvérsia em relação à data da sua origem, mas pensa-se que terá surgido nos finais do século onze (Ahn, Hong, & Park, 2009). O seu nome significa *tê-com-dô*, ou seja, usar os pés e as mãos. Enquanto arte marcial combina todo o tipo de técnicas básicas de defesa pessoal, tendo também a sua vertente desportiva, em que utiliza todo o tipo de treino voltado para o alto rendimento e que fez dele uma disciplina Olímpica. Regulada pela WT (*World Taekwondo*), os combates têm a duração de três assaltos de dois minutos cada, com um minuto de intervalo entre eles. O objetivo do jogo é ultrapassar o oponente, obtendo o maior número de pontos, atingindo-o com golpes de punhos e pés em zonas permitidas de pontuação no corpo ou provocando o KO (*Knockout*) técnico. Os combates são divididos em categorias de peso corporal, sendo oito as categorias para os seniores masculinos, que são reduzidas a quatro nos jogos olímpicos (*World Taekwondo*).

As Lutas Amadoras são um dos mais antigos desportos de combate praticados e a sua origem remete-nos para o ano de 708 a.C., nos Jogos Olímpicos da Grécia antiga (Barroso et al., 2011; Khalili-Borna & Honsik, 2005; Zaccagni, 2012). Sendo modalidade olímpica, os dois estilos reconhecidos internacionalmente na forma competitiva são: Greco-Romana (estilo clássico) e Livre Olímpica. No primeiro apenas é permitido atacar e usar o trem superior nas ações a desenvolver. No segundo, é permitido usar todo o corpo quer no ataque, quer na defesa. O objetivo final em ambos os estilos é dominar o oponente assentando as suas costas no tapete. Os moldes e duração dos combates têm variado ao longo das décadas, sendo atualmente compostos por dois *rounds* de três minutos com trinta segundos de descanso entre eles. São seis categorias de peso para estes estilos nos Jogos Olímpicos (UWW - *United World Wrestling*).



O Judo tem as suas origens no Japão, quando em 1882, Jigoro Kano fundiu num só desporto algumas artes marciais praticadas no Oriente e em especial o *Jujutsu*, praticado entre os séculos XII e XIV pelos cavaleiros de Kamakura (Kano, 2009). Modalidade olímpica desde 1964 e com milhares de praticantes e federações nacionais, o Judo tornou-se um dos desportos de combate mais praticados pelo mundo. O tempo de luta nesta modalidade é de cinco minutos, podendo o combate prolongar-se por mais três minutos em caso de empate (*golden score*). As categorias de peso oficiais são oito. O objetivo desta modalidade é projetar o adversário, fazendo-o cair com as costas (Ipon), o que termina imediatamente o combate (tal como um nocaute no boxe), imobilizá-lo durante 25 segundos com as costas no tapete, fazê-lo desistir com uma chave de braço ou estrangulamento, ou obter um maior número de pontos no final da luta. (IJF – *International Judo Federation*).

Também conhecida como *arte suave*, o Jiu-Jitsu Brasileiro é uma modalidade recente, mas amplamente difundida e com milhares de praticantes pelo mundo inteiro. Deve a sua ampla divulgação ao sucesso obtido pelos seus praticantes nas provas de artes marciais mistas (MMA) da década de noventa (Vidal Andreato et al., 2011). Foi no Brasil em 1917, que um adolescente de nome Carlos Gracie, viu pela primeira vez em Belém uma apresentação de um Japonês, de nome Maeda, especialista nas artes tradicionais Japonesas do *Jujutsu*, dominar e finalizar os gigantes da região. Concordando em ensinar ao rapaz, este tipo de luta, rapidamente é divulgado e desenvolvido pela família Gracie, dando especial incidência ao trabalho feito no solo (Virgílio, 2002). São utilizados golpes de articulações, como torções de braços, tornozelos, estrangulamentos e técnicas de pressão para imobilizar ou fazer desistir o oponente. As lutas no BJJ, para o cinto negro têm a duração de dez minutos corridos e dividem-se em nove categorias de peso (IBJJF - *Internacional Brazilian Jiu-Jitsu Federation*).

Transversal às diferentes modalidades de combate é a sua divisão por escalões nas competições. Esta categorização é baseada no princípio de que a força máxima do golpe provém do corpo e da respetiva massa corporal (Smith, 1998). Na Tabela 1.1, é possível observar todas as categorias de peso atuais do escalão de seniores masculinos, nas modalidades de combate que compõem este estudo.

**Tabela 1.1.** Categorias de peso de atletas adultos masculinos em diferentes desportos de combate

Desporto	Federação Nacional e Internacional		Categoria de peso (limite em Kg)												Total (n)	
Boxe (Amador)	FPB	AIBA	49	52	56	60	64	69	75	81	91	>91				10
Kickboxing (Amador)	FPKM	WAKO	51	54	57	60	63,5	67	71	75	81	86	91	>91		12
Karaté (Kumite)	FNK-P	WKF	60	67	75	84	>84									5
			/	67	75	/	>75	(JO: Jogos Olímpicos)					3			
Taekwondo (Kyorugi)	FPT	WT	54	58	63	68	74	80	87	>87						8
			/	58	/	68	/	80	/	>80	(JO)				4	
Judo	FPJ	IJF	60	66	73	81	90	100	>100							7
Lutas Amadoras (Livre Olímpica)	FPLA	UWW	57	61	65	70	74	79	86	92	97	125				10
			57	/	65	/	74	/	86	/	97	125	(JO)		6	
Lutas Amadoras (Greco-Romana)	FPLA	UWW	55	60	63	67	72	77	82	87	97	130				10
			/	60	/	67	/	77	/	87	97	130	(JO)		6	
Jiu-Jitsu Brasileiro	FPJJB	IBJJF	57,5	64	70	76	82,3	88,3	94,3	100,5	>100,5	Livre				10

FPB (Federação Portuguesa de Boxe); AIBA (*International Boxing Association*)

FPKM (Federação Portuguesa de Kickboxing e Muay-Thai); WAKO (*World Association of Kickboxing Organizations*)

FNK-P (Federação Nacional de Karaté - Portugal); WKF (*World Karate Federation*); FPT (Federação Portuguesa de Taekwondo); WT (*World Taekwondo*)

FPJ (Federação Portuguesa de Judo); IJF (*International Judo Federation*)

FPLA (Federação Portuguesa de Lutas Amadoras); UWW (*United World Wrestling*)

FPJJB (Federação Portuguesa de Jiu-Jitsu Brasileiro); IBJJF (*International Brazilian Jiu-jitsu Federation*)

Apesar da introdução de categorias, alterações significativas de massa corporal imediatamente antes das provas são evidentes (Smith, 2006). Procedimentos para a perda de peso são frequentemente utilizados por atletas de desportos de combate (Morton, Robertson, Sutton, & MacLaren, 2010). Lutadores e técnicos adotam esta estratégia por estarem convictos que irão enfrentar atletas mais fracos ou de menor dimensão corporal (Guilherme Giannini Artioli et al., 2010). Esta rápida redução de massa corporal incide nos dias próximos de uma competição e mesmo no próprio dia (Guilherme Giannini Artioli, Franchini, & Lancha Junior, 2006; Shirani, Kalantar Motamedi, Ashuri, & Eshkevari, 2010). Após um período de recuperação depois da pesagem há um aumento de cerca de 4% de massa corporal que abre ao atleta uma janela de oportunidade para repor o equilíbrio de fluidos e reservas de hidratos de carbono (Smith, 2006).

Para determinar a composição corporal o exame de absorciometria de raio-X de dupla energia (DXA) é um ótimo meio de avaliação (Dias Quiterio, Carnero, Baptista, & Sardinha, 2011), sendo o mesmo considerado um exame de referência neste processo (Leahy, O'Neill, Sohun, & Jakeman, 2012). Bioimpedância é também um método eficaz na medição da percentagem de gordura, água intracelular e extracelular, embora apresente algumas limitações e críticas (Ackland et al., 2012; Leahy et al., 2012). Pletismografia de ar deslocado é igualmente utilizada na avaliação da composição corporal e estimativa do volume médio de ar pulmonar e volume residual (Dempster & Aitkens, 1995; Menna-Barreto, 2002).

Para uma melhor compreensão relativamente às vias metabólicas foi elaborada a Tabela 1.2, onde é possível observar a duração das competições das diferentes modalidades que compõem este estudo (número de *rounds*, duração dos mesmos e respetivos períodos de descanso entre *rounds*).

**Tabela 1.2.** Duração dos combates em diferentes modalidades de combate

Desporto	Federação Nacional e Internacional		Número de Rounds	Duração dos Rounds (min)	Descanso entre rounds
Boxe (Amador)	FPB	AIBA	3	3	1 minuto
Kickboxing (Amador)	FPKM	WAKO	3*	2	1 minuto
Karaté (Kumite)	FNK-P	WKF	1	3	/
Taekwondo (Kyorugi)	FPT	WT	3	2	1 minuto
Judo	FPJ	IJF	1	5	/
Lutas Amadoras (Livre Olímpica)	FPLA	UWW	2	3	30 segundos
Lutas Amadoras (Greco-Romana)	FPLA	UWW	2	3	30 segundos
Jiu-Jitsu Brasileiro	FPJJB	IBJJF	1	5 a 10**	/

\* Em títulos neoprofissionais (Portugal), os combates têm 5 rounds

\*\*5 (faixa branca), 6 (faixa azul), 7 (faixa roxa), 8 (faixa castanha), 10 (faixa preta)

FPB (Federação Portuguesa de Boxe); AIBA (*International Boxing Association*)

FPKM (Federação Portuguesa de Kickboxing e Muay-Thai); WAKO (*World Association of Kickboxing Organizations*)

FNK-P (Federação Nacional de Karaté - Portugal); WKF (*World Karate Federation*)

FPT (Federação Portuguesa de Taekwondo); WT (*World Taekwondo*)

FPJ (Federação Portuguesa de Judo); IJF (*International Judo Federation*)

FPLA (Federação Portuguesa de Lutas Amadoras); UWW (*United World Wrestling*)

FPJJB (Federação Portuguesa de Jiu-Jitsu Brasileiro); IBJJF (*International Brazilian Jiu-jitsu Federation*)

A dificuldade em medir as respostas fisiológicas em cenários de competição ou simulação de combates tem sido sobejamente referida (Calmet, 2007; Chaabene et al., 2018; Franchini et al., 2008) e, em boa parte, deve-se ao carácter acíclico da estrutura de rendimento. Alguns pesquisadores têm-se dedicado a elaborar e validar testes em movimentos mais específicos das modalidades desportivas de combate (Chaabene et al., 2018). Nas disciplinas de percussão a avaliação das respostas fisiológicas já tem sido feita em situação de combate: Karaté (Ralph Beneke, Beyer, Jachner, Erasmus, & Hütler, 2004), Muay-Thai (Crisafulli et al., 2009), Taekwondo (Campos, Bertuzzi, Dourado, Santos, & Franchini, 2012).

Os atletas de elite conseguem realizar a mesma atividade com respostas fisiológicas e de perceção do esforço diferentes de não atletas devido a vantagens mecânicas e componentes técnicas mais desenvolvidas (Arruza, Saez, & Valencia, 1996). Assim, quanto mais experientes e bem-sucedidos são os lutadores, mais estes evidenciam economia de movimento que lhes permitem utilizar o mínimo de energia, bem como os níveis ótimos de força e potência para marcar pontos sobre o oponente (Horswill, 2000). Em vários estudos de desportos de combate de percussão é relatada uma elevada potência aeróbia e uma potência e capacidade

anaeróbia acima da média (Bridge, Santos, Franchini, Chaabène, & Pieter, 2014; Chaabène et al., 2012, 2015; Zabukovec & Tiidus, 1995). Nos desportos de combate níveis elevados de potência e capacidade aeróbia permitem aos atletas manter uma intensidade elevada, suportando os esforços nas ações durante as lutas, e contribuindo igualmente para uma melhor recuperação entre as mesmas (Castarlenas & Solé, 1997; Crisafulli et al., 2009; Franchini, Artioli, & Brito, 2013; Kendall & Fukuda, 2011).

Capacidade e potência anaeróbia estão fortemente envolvidos nos desportos de combate, tendo em conta que grande parte dos momentos decisivos não podem ser suportados pela via oxidativa (Franchini, Del Vecchio, Matsushigue, & Artioli, 2011). Estas características estão associadas à manutenção de uma performance intermitente de alta intensidade, na qual as ações de potência desportivas decisivas são dependentes (Glaister, 2005; Ramirez-Velez et al., 2014). O teste *Wingate* de 30 segundos é tido como o método mais válido para aceder ao trabalho com recurso à adenosina trifosfato - fosfocreatina (ATP-PCr) e sistema glicolítico (Zupan et al., 2009) e tem sido largamente usado para avaliar o perfil anaeróbio, sendo que os resultados principais extraídos traduzem-se nas variáveis de pico de potência, potência média e índice de fadiga (Bar-Or, 1987). No entanto é importante salvaguardar que no teste de *Wingate* já foi comprovado que existe uma contribuição aeróbia significativa [29,4% ± 15,8%, 8 homens treinados (Price et al., 2014); 19,5 ± 3,7%, 30 estudantes universitários sedentários, (Bediz et al., 1998); 16%, 6 homens saudáveis (Smith & Hill, 1991), 28%, 25 homens (Serresse, Lortie, Bouchard, & Boulay, 1988)].

A organização desta tese, seguiu uma sequência lógica composta por três estudos, sendo o primeiro referente à morfologia do atleta, o segundo dedicado às vias metabólicas e limiares ventilatórios e o último tendo o objetivo de examinar a variabilidade inter-individual dos resultados do consumo máximo de oxigénio, adotando modelos alométricos:

**Estudo 1 - MORFOLOGIA E COMPOSIÇÃO CORPORAL EM ATLETAS DE DESPORTOS DE COMBATE:** variação entre modalidades de percussão e modalidades de preensão.

**ESTUDO 2 - APTIDÃO EM PROVAS MARCADORAS DAS VIAS METABÓLICAS EM ATLETAS ADULTOS DE DESPORTOS DE COMBATE.**

**ESTUDO 3 - INTER-ASSOCIAÇÃO ENTRE TAMANHO CORPORAL E PARÂMETROS FISIOLÓGICOS:** estudo da variação inter-individual do consumo máximo de oxigénio em modalidades de combate organizadas por categoria de peso.

# **Capítulo II**

## **Metodologia Geral**



## 2. Metodologia Geral

---

### **2.1. Procedimentos Gerais**

A proposta de pesquisa foi aprovada pelo Conselho Científico da Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra. O termo de consentimento dos participantes foi obtido por escrito, antes da recolha de dados e após explicações verbais e escritas sobre o desenho experimental e os possíveis riscos, podendo estes retirar-se do estudo a qualquer momento. Todas as medidas foram realizadas no laboratório de biocinética do Estádio Universitário de Coimbra e numa clínica especializada, sendo que a mesma equipa de pesquisa avaliou todos os atletas em várias ocasiões. Os atletas, de cada modalidade, foram avaliados no mesmo dia e local, nas mesmas condições e ordem de protocolos, por técnicos experientes.

### **2.2. Amostra**

A amostra total no final dos três estudos foi composta por 59 atletas de desportos de combate, adultos masculinos, federados nas respetivas federações nacionais.

No estudo 1 a amostra foi de 55 atletas, composta por todos os atletas de elite. Foram considerados “elite”, atletas participantes em competições de âmbito nacional, com mais de três anos de prática da modalidade e uma frequência semanal de treino mínima de quatro sessões. A totalidade da amostra foi dividida por dois subgrupos: grupo 1 (percussão: 31 atletas das modalidades de Boxe, Kickboxing, Taekwondo e Karaté) e grupo 2 (preensão: 24 atletas das modalidades de Jiu-Jitsu Brasileiro, Judo e Lutas Amadoras).

O estudo 2 manteve a mesma amostra, ou seja os 55 atletas, sendo que na avaliação do consumo máximo de oxigénio, a amostra foi reduzida a 44 atletas, visto que existiam alguns dados em falta nas modalidades de Karaté e Taekwondo, optando assim por reduzir a amostra da percussão unicamente com os atletas de Boxe e Kickboxing, dado que tinham todos os dados completos e tendo em conta as várias semelhanças entre as duas modalidades (desportos de ringue).

No estudo 3 foi incluída a amostra total, ou seja, os 59 atletas.



### **2.3. Composição Corporal**

Nos três estudos que compõem esta tese doutoral, foi realizada uma abordagem multimétodo da composição corporal, utilizando três metodologias diferentes de avaliação de forma a aceder a diferentes componentes da massa corporal: volume corporal (obtido através da pletismografia de ar deslocado), água corporal total e ainda a sua divisão por água corporal intra e extra-celular (obtido através da bioimpedância), conteúdo mineral ósseo (obtido através da absorciometria de raios-X de dupla energia). Foi ainda realizada a antropometria de corpo inteiro (massa corporal, estatura, altura sentado).

#### **2.3.1. Antropometria**

Tendo por base protocolos estandardizados (Lohmann, Roche, & Martorell, 1988), as medidas foram todas recolhidas por um único observador. A massa corporal foi medida com a precisão de 0,1kg, com uma balança (SECA, modelo 770, Hanover, MD, USA). Obteve-se a estatura e a altura sentado através da medição com um estadiómetro portátil (Harpenden modelo 98.603, Holtain Ltd, Crosswell, UK) com precisão de 0,1cm. Com a diferença entre a estatura e a altura sentado foi obtido o comprimento dos membros inferiores.

#### **2.3.2. Pletismografia de ar deslocado**

Foi utilizada a pletismografia de ar deslocado (Bod Pod Composition System, model Bod Pod 2006, Life Measurement, Inc., Concord, CA, USA) para estimar o volume e a densidade corporal. A calibração da unidade foi efetuada antes de cada teste individual, usando um cilindro de 50,225 L. Todos os atletas avaliados, usaram calções de banho de licra, e encontravam-se sentados na câmara do Bod Pod, imóveis, enquanto o volume corporal bruto foi consecutivamente medido, até que dois valores dentro de 150 mL fossem obtidos. Foi realizada uma avaliação adicional, se necessário, por inconsistência de resultados. Foi predito para cada sujeito o volume médio de ar nos pulmões e tórax durante a respiração corrente normal (volume de gás torácico), usando o cálculo do volume corporal. A densidade corporal (massa corporal/volume corporal) foi calculada e usada para estimar a percentagem de massa gorda (equação de Siri). A percentagem de massa gorda foi convertida para massa gorda e a massa isenta de gordura estimada pela subtração da massa gorda à massa corporal. No âmbito do presente grupo de pesquisa, este procedimento tecnológico já foi utilizado (Carvalho, Coelho-e-Silva, Eisenmann, & Malina, 2013), fazendo-se notar que apenas variam as fórmulas de obtenção da percentagem de massa gorda a partir do

conhecimento dos valores de densidade corporal. No presente estudo optou-se pela equação supracitada recomendada para adultos (equação de Siri), que já foi utilizada pelo grupo de pesquisa atinente a este projeto. (Coelho-e-Silva et al., 2018).

### 2.3.3. Bioimpedância

Realizada neste protocolo sempre no início da manhã, como recomendado pelo fabricante, a percentagem e quantidade de massa gorda, massa celular, massa muscular, água corporal total, extracelular e intracelular, foi obtida através de uma análise de impedância bio-elétrica (BIA 101 System Analyzer, Akern, Florence, Italy). Este é um equipamento frequentemente referenciado na literatura científica, em especial nas áreas clínicas (Codognotto, Piazza, Frigatti, & Piccoli, 2008; Savastano et al., 2010).

### 2.3.4. Absorciometria de raios-X de dupla energia

Com a avaliação dos atletas em decúbito dorsal, a composição corporal foi igualmente medida através da absorciometria de raios-X de dupla energia (DXA). São proporcionadas três dimensões compartimentadas com esta metodologia (Lunar DPX-PRO/NT/MD+): massa do tecido magro, massa do tecido gordo e conteúdo mineral ósseo (CMO). É igualmente permitido com esta tecnologia calcular a área óssea total abaixo da linha da cabeça (tronco, membros superiores e inferiores), que conjugada com o conteúdo mineral ósseo, nos vai reportar a densidade mineral óssea (DMO) do indivíduo. Recentemente, o grupo de pesquisa em que se integra o autor do presente estudo, publicou um artigo que evidencia a qualidade dos dados dos parâmetros extraídos dos equipamentos de absorciometria (Tavares et al., 2018).

### 2.3.5. Percentagem de massa gorda (modelo de 4 compartimentos)

Através das medidas obtidas nos testes anteriores, foi usada a equação de quatro compartimentos (4-c) para estimar a percentagem de massa gorda (Heymsfield, Wang, Baumgartner, & Ross, 1997). Na equação entra a estimativa da água corporal total (ACT), obtida através da bioimpedância; o volume corporal (VC), avaliado pela pletismografia de ar deslocado; o conteúdo mineral corporal, obtido pela multiplicação do conteúdo mineral ósseo por 1,2741 (Brozek, Grande, Anderson, & Keys, 1963), este último pela avaliação através da absorciometria de raios-X de dupla energia:

$$\text{Massa gorda} = 2.75 \times \text{VC} - 0.714 \times \text{ACT} + 1.148 \times \text{mineral} - 2.05 \times \text{MC}$$

Legenda: VC (volume corporal), ACT (água corporal total), MC (massa corporal)

## **2.4. Metodologias de avaliação das vias metabólicas de curta e média duração**

Para o estudo 2 foram utilizados dois testes de avaliação das vias metabólicas, o primeiro para avaliar o consumo máximo de oxigénio e o segundo para avaliar a via metabólica de curta duração.

### **2.4.1. Consumo máximo de oxigénio ( $VO_{2max}$ )**

Recorrendo a um teste de corrida incremental por patamares, numa passadeira monitorizada (Quasar, HP Cosmos, Alemanha), foram obtidos os outputs do consumo máximo de oxigénio ( $VO_{2max}$ ). O primeiro patamar iniciou-se a uma velocidade de  $8\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ , com incrementos subsequentes de  $1\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$  a cada minuto, mantendo, durante todo o teste, a inclinação inicial de 2%, até à exaustão. A obtenção do  $VO_{2max}$  foi confirmada através dos critérios: (1) existência de um *plateau* no consumo de oxigénio, apesar de um aumento da intensidade do exercício; (2) concentração de lactatemia superior a  $8\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ ; (3) rácio de trocas respiratórias  $\geq 1,10$ ; (4) frequência cardíaca dentro de 10% do valor máximo previsto para a idade; (5) sensação impressionista de se ter atingido um estado de exaustão (Howley, Bassett Jr, & Welch, 1995). As concentrações de dióxido de carbono, oxigénio, e o fluxo foram medidos respiração a respiração (Quark CPET, Cosmed, Italy). O analisador de gases foi calibrado usando gases de concentrações conhecidas e a frequência cardíaca foi medida durante o exercício, com um monitor de frequência cardíaca (RS800CX, Polar, Finlândia). As concentrações máximas de lactato sanguíneo, foram determinadas através de um analisador portátil (Lactate Pro analyser, Arcay, Inc). A calibração e as medidas do ar ambiente foram realizadas antes de cada teste, usando as recomendações do fabricante. Antes de cada teste, o fluxo e o volume foram calibrados usando uma seringa de 3-L (Hans Rudolph, Kansas City, USA).

### **2.4.2. Teste de Wingate dos membros inferiores de 30 segundos**

O teste de *Wingate*, com a duração de 30 segundos, foi realizado com recurso a um cicloergómetro (Monark, model 894E). Um protocolo padronizado (Neil Armstrong & Welsman, 2000), foi usado para a realização do aquecimento dos atletas. O teste tem início, com o atleta a

pedalar até alcançar um ritmo consante de 60 rpm. É então dada uma contagem decrescente, aplicada um força de resistência (7,5% da massa corporal) e iniciado o sistema de recolha de dados durante o tempo de duração da prova. A altura do banco variou conforme o tamanho do membro inferior do atleta, de modo a que fique ligeiramente fletido (cerca de 15°) no momento final em que completa o ciclo de movimento (Coppin, Heath, Bressel, & Wagner, 2012). Foram apenas considerados válidos os dados que demonstraram o pico de potência anaeróbia nos primeiros 5 segundos (Zupan et al., 2009). Foram registadas a 1Hz as variáveis pico de potência absoluto (Watt); pico de potência relativo à massa corporal ( $W.kg^{-1}$ ), potência média absoluta (Watt); potência média relativa à massa corporal ( $W.kg^{-1}$ ) e índice de fadiga (a percentagem de declínio do pico de potência para a potência mínima registada).

## 2.5. Análise estatística

Todos os dados recolhidos nos três estudos foram analisados utilizando o programa de estatística SPSS (versão 24.0 para Windows, 64 bits). Adicionalmente, na Tabela 2.1, encontram-se todos os procedimentos estatísticos realizados, especificando o que foi calculado em cada estudo.

**Tabela 2.1.** Procedimentos estatísticos usados nos 3 estudos

Estudos	Estatística Descritiva (média; desvio padrão)	Normalidade (Kolmogorov- Smirnov)	Comparação ( <i>t</i> de <i>student</i> )	Magnitude das diferenças das médias ( <i>d</i> de <i>Cohen</i> ; qualitativo)	Correlação de <i>Pearson</i>	Regressão linear simples	Regressão linear múltipla	Magnitude das correlações
Estudo 1	✓		✓	✓				
Estudo 2	✓		✓	✓				
Estudo 3	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓

# **Capítulo III**

## **Estudo 1:**

MORFOLOGIA E COMPOSIÇÃO CORPORAL EM  
ATLETAS DE DESPORTOS DE COMBATE: variação  
entre modalidades de percussão e modalidades de  
preensão



## 3. Estudo 1

---

### **MORFOLOGIA E COMPOSIÇÃO CORPORAL EM ATLETAS DE DESPORTOS DE COMBATE:** variação entre modalidades de percussão e modalidades de preensão

#### **ABSTRACT**

As a branch of modern science, the study of human body composition continues to be an active area of sports sciences. Different components of sports sciences are touched on by the study of body composition. This area is of great interest in combat sports, which competitions are organized by weight categories. This study was aimed to describe the morphological profile and to compare two distinct groups of male athletes from combat sports (striking,  $n = 31$ ; and, grappling,  $n = 24$ ), using different body composition assessment methods: bioimpedance, air displacement plethysmography and dual-energy x-ray absorptiometry. The methods used to assess body composition indicated fat mass percentage values ranging from 12.1% to 14.5% for the striking group and 11.7% to 13.9% for the grappling group. Differences in bone mineral density ( $t = -2.675$ ,  $p < 0.05$ ,  $d = 0.714$ ) for whole body were found, with higher values for grappling group. However, in lower limbs, differences between group were not significant. Both groups of athletes have desirable bone mass values for the prevention of osteoporosis in the senior age.

Keywords: anthropometry, multimethod body composition, bone health, combat sports.

#### **RESUMO**

O estudo da composição corporal, enquanto ramo da ciência moderna, continua a ser uma área ativa nas ciências do desporto. Existem diferentes componentes das ciências do desporto que são influenciadas pela composição corporal. Esta área é de elevado interesse nos desportos de combate, tendo em conta que estes são organizados por categorias de peso corporal. O objetivo deste estudo circunscreve-se à caracterização morfológica e à comparação de dois grupos distintos de atletas masculinos de desportos de combate (percussão,  $n=31$ ; e, preensão,  $n=24$ ), utilizando metodologias concorrentes de avaliação da composição corporal: bioimpedância, pletismografia de ar deslocado e absorciometria de raios-x de dupla energia. Os métodos mencionados anteriormente indicaram valores percentuais de massa gorda que variaram entre os 12,1% e os 14,5% para o grupo de percussão e os 11,7% e os 13,9% para o grupo de preensão. Os resultados demonstram diferenças na densidade mineral óssea total, com valores



superiores para o grupo da preensão ( $t=-2,675$ ,  $p<0,05$ ,  $d=0,714$ ). No entanto, nos membros inferiores, as diferenças entre grupos não são significativas. Ambos os grupos de atletas apresentam níveis desejáveis de massa óssea para a prevenção de osteoporose na idade sénior.

Palavras-chave: antropometria, composição corporal multimétodo, saúde óssea, desportos de combate.

### 3.1. INTRODUÇÃO

A composição corporal é um dos capítulos de estudo da morfologia humana que se revela muito importante nos desportos de combate, tendo em conta que são divididos por categorias de peso corporal, com o objetivo de minimizar as diferenças de massa, força e velocidade, equilibrando os combates (Perón, Garcia, Alvarez, Filho, & Silva, 2009). Teoricamente, os atletas perdendo massa corporal, enfrentarão adversários mais leves e fracos (Artioli, Franchini, & Lancha Junior, 2006). Ora, uma redução de 5% na semana anterior à competição, tende a ser comum entre atletas destas modalidades (Artioli et al., 2006, 2010; Boguszewski et al., 2012), apesar de serem amplamente conhecidos casos preocupantes, como por exemplo, o de um lutador que reduziu a sua massa corporal em 18,1% (Szygula, 2006, citado por Boguszewski et al., 2012) ou de três atletas de Luta Olímpica, em 1997, que morreram devido à desidratação extrema, na tentativa de alcançar uma categoria de peso mais baixa (CDC, 1998).

Embora se conheçam os efeitos nefastos para a saúde associados à perda súbita de peso, subsiste uma ideia generalizada dos lutadores com maiores níveis de sucesso recorrerem a este tipo de estratégias (Jetton et al., 2013; Smith, 2006; Wroble & Moxley, 1998). Artioli et al. (2016) consideram que a perda súbita de peso deveria ser considerado um método de *doping*, tendo em conta alguns pontos emitidos pela WADA (World Anti-Doping Agency), nomeadamente que possa ser considerado doping: (i) substâncias e tecnologias que visem a melhoria do desempenho; (ii) exponham os atletas a riscos desnecessários para a sua saúde; (iii) violem o espírito desportivo, conhecido por *fair-play*. No que diz respeito ainda à composição corporal, para além da discussão em torno do volume de massa total e tecido gordo, é também sabido que os desportos de combate são desportos osteogénicos, com um efeito positivo na saúde óssea. Os atletas destas modalidades, tendem a apresentar uma densidade mineral óssea (DMO) significativamente superior a indivíduos sedentários (Andreoli & Monteleone, 2001). Na área clínica, a DMO é usada como um indicador indireto para a osteoporose e o risco aumentado de fratura (Multani, Kaur, & Chahal, 2011). Embora ainda não exista um *gold standard* para a avaliação da massa gorda, com uma precisão superior a 1% (Ackland et al., 2012), a absorciometria de raios-X de dupla energia (DXA) é considerada entre as melhores opções para a avaliação da densidade mineral óssea (Morgan & Prater, 2017).

Os desportos de combate podem ser divididos em dois grandes grupos: preensão e percussão. O primeiro grupo engloba as modalidades de luta no chão, em que os atletas agarram, projetam, puxam, empurram, com o objetivo de finalizar ou pontuar mais que o adversário, através das diferentes técnicas e regras que diferem de modalidade para modalidade (imobilização, estrangulamento, chave, projeção). São caracterizadas por períodos de grande contração estática, onde não é permitido golpear os adversários. Já as modalidades de percussão, caracterizam-se pelos movimentos dinâmicos dos membros superiores e inferiores, com o objetivo de golpear o adversário, conseguindo obter um maior número de pontos ou vencer pela via mais rápida, o nocaute. Nestas modalidades, não é permitida a “luta de chão”. Tendo em conta as diferenças principais destas duas vertentes, o objetivo deste estudo centra-se na comparação do perfil morfológico destes dois tipos de atletas (percussão: kickboxing, boxe, taekwondo, karaté; preensão: judo, jiu-jitsu brasileiro, lutas amadoras). Espera-se não encontrar diferenças no que respeita à massa gorda, uma vez que em todas estas modalidades os atletas tendem a reduzi-la.

Alguma literatura comparou o perfil antropométrico dos atletas de desportos de combate, tendo na sua maioria, os valores referentes à massa gorda sido recolhidos de forma simplista, essencialmente através da medição de pregas de adiposidade subcutânea (Andreato et al., 2012; Guilherme Giannini Artioli et al., 2009; Callan et al., 2000; Franchini, Nunes, Moraes, & Del Vecchio, 2007; Guidetti, Musulin, & Baldari, 2002; Imamura, Yoshimura, Uchida, Nishimura, & Nakazawa, 1998; Khanna & Manna, 2006; Lovell, Bousson, & McLellan, 2013; Ravier, Dugué, Grappe, & Rouillon, 2009; Smith, 2006; Zabukovec & Tiidus, 1995). Já relativamente a parâmetros do tecido ósseo, a literatura é mais escassa, apesar de ter sido reportado que atletas de Judo apresentaram valores de massa óssea superiores a atletas de Karaté (Andreoli & Monteleone, 2001).

Tem-se então como objetivo traçar um perfil morfológico e, muito particularmente, fazendo uso de uma abordagem multimétodo de avaliação da composição corporal, pretendendo-se estudar estes dois grupos de atletas (percussão vs. preensão) para as variáveis antropométricas, bioimpedância, pletismografia de ar deslocado e absorciometria de raios-X de dupla energia.

## **3.2. METODOLOGIA**

### 3.2.1. Procedimentos

O estudo foi aprovado pelo Conselho Científico da Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra. A participação no estudo foi voluntária e o termo de consentimento dos participantes foi obtido por escrito após explicações verbais e escritas sobre o desenho experimental e os possíveis riscos do estudo. Todas as medições foram realizadas de manhã, sem toma prévia de bebidas cafeinadas, seguindo a mesma ordem de aplicação de protocolos, sempre no Estádio Universitário de Coimbra e pela mesma equipa de avaliadores.

### 3.2.2. Amostra

A amostra foi composta por 55 atletas de desportos de combate, portugueses adultos masculinos, divididos por dois subgrupos: grupo 1 (percussão: 31 atletas das modalidades de Boxe, Kickboxing, Taekwondo e Karaté) e grupo 2 (preensão: 24 atletas das modalidades de Jiu-Jitsu Brasileiro, Judo e Lutas Amadoras). A inclusão na amostra assumiu os seguintes critérios: (1) mais de três anos de prática desportiva; (2) pelo menos quatro unidades de treino semanal.

### 3.2.3. Antropometria

Todas as medidas foram recolhidas por um único observador, baseadas em protocolos estandardizados (Lohmann et al., 1988). A massa corporal foi medida com a precisão de 0,1kg, com uma balança (SECA, modelo 770, Hanover, MD, USA). A estatura e a altura sentado medidas com um estadiómetro portátil (Harpenden modelo 98.603, Holtain Ltd, Crosswell, UK) com precisão de 0,1cm. Subtraindo a altura sentado à estatura foi obtido o comprimento dos membros inferiores.

### 3.2.4. Pletismografia de ar deslocado

A pletismografia de ar deslocado (Bod Pod Composition System, model Bod Pod 2006, Life Measurement, Inc., Concord, CA, USA) foi utilizada para estimar o volume corporal e subsequentemente a densidade corporal. Inicialmente foi avaliada a massa corporal, com a precisão de 0,01kg, numa balança eletrónica conectada ao operador. Cada teste individual foi precedido de uma

calibração da unidade, usando um cilindro de 50,225 L. Todos os atletas foram testados com o uso calções de banho de licra, sentados na câmara do Bod Pod, imóveis, enquanto o volume corporal foi medido sucessivamente, até que dois valores dentro de 150 mL fossem obtidos. Quando necessário por inconsistência de resultados, foi realizada uma avaliação adicional. O volume médio de ar nos pulmões e tórax durante a respiração corrente normal (volume de gás torácico) foi predito para cada sujeito, usando o cálculo do volume corporal. Calculou-se a densidade corporal (massa corporal/volume corporal), sendo esta usada para estimar a percentagem de massa gorda (equação de Siri). Através da subtração da massa gorda à massa corporal estimou-se a massa isenta de gordura. Este procedimento tecnológico já foi utilizado no âmbito do presente grupo de pesquisa (Carvalho et al., 2013), fazendo-se notar que apenas variam as fórmulas de obtenção da percentagem de massa gorda a partir do conhecimento dos valores de densidade corporal. No estudo acima mencionado foi usada uma equação específica para adolescentes, tendo-se optado no presente estudo pela equação supracitada, recomendada para adultos, já tendo o grupo de pesquisa pertencente ao presente estudo utilizado a equação de Siri (Coelho-e-Silva et al., 2018).

### 3.2.5. Bioimpedância

A percentagem e quantidade de massa gorda, massa celular, massa muscular, água corporal total, extracelular e intracelular, foi obtida através de uma análise de impedância bio-elétrica (BIA 101 System Analyzer, Akern, Florence, Italy), tratando-se de um equipamento frequentemente referenciado na literatura científica, muito especialmente nas áreas clínicas (Codognotto et al., 2008; Savastano et al., 2010).

### 3.2.6. Absorciometria de raios-X de dupla energia

A composição corporal foi também medida através da absorciometria de Raios-X de dupla energia (DXA), avaliando os atletas em decúbito dorsal. Esta metodologia (Lunar DPX-PRO/NT/MD+) proporciona três dimensões compartimentadas: massa do tecido magro, massa do tecido gordo e conteúdo mineral ósseo. Esta tecnologia permite avaliar a área óssea, conteúdo mineral ósseo, densidade mineral óssea, tecido gordo e tecido magro suave (tradução de “lean soft tissue”) para o corpo todo, tronco, membros superiores e membros inferiores. Recentemente, o grupo de pesquisa em que se integra o autor do presente estudo, publicou um artigo que evidencia a qualidade dos dados dos parâmetros extraídos dos equipamentos de absorciometria (Tavares et al., 2018).

### 3.2.7. Análise estatística

Todos os dados foram analisados utilizando o programa de estatística SPSS (versão 24.0 para Windows, 64 bits). Foi calculada a estatística descritiva (média  $\pm$  desvio padrão) para os dois grupos (percussão e prensão). De seguida foi feita uma comparação entre os dois grupos, usando o teste *t* de *student*. A magnitude das diferenças encontradas foi calculada usando as diferenças padronizadas entre as médias (*d* de Cohen), sendo classificadas qualitativamente através do tamanho do efeito, segundo Hopkins (2010), como trivial ( $d < 0,2$ ), pequeno ( $0,2 < d < 0,6$ ), moderado ( $0,6 < d < 1,2$ ), grande ( $1,2 < d < 2,0$ ), muito grande ( $2,0 < d < 4,0$ ), quase perfeito ( $d > 4,0$ ) e perfeito ( $d = \text{infinito}$ ). O significado estatístico foi estipulado em  $p < 0,05$ .

### **3.3. RESULTADOS**

A Tabela 3.1 sumariza a estatística descritiva (média  $\pm$  desvio padrão) por grupo de modalidades (percussão vs. prensão), e ainda a diferença de médias e as comparações entre grupos, para a antropometria. É possível concluir que o tamanho do efeito das diferenças das médias foram apenas classificados como trivial e pequeno e sem atingir o significado estatístico. Na Tabela 3.2 estão apresentados os resultados da avaliação da composição corporal obtido através da bioimpedância, nomeadamente a estatística descritiva e a comparação entre grupos. Mais uma vez não se encontram diferenças entre grupos. Os resultados obtidos da percentagem de massa gorda através desta metodologia foram de  $14,5 \pm 3,5\%$  para o grupo de percussão e  $13,9 \pm 4,2\%$  para o grupo de prensão. Na Tabela 3.3 encontra-se a estatística descritiva e a comparação entre grupos para a pletismografia de ar deslocado. Sem ter atingido significado estatístico o tamanho do efeito é classificado entre trivial e pequeno. A percentagem de massa gorda obtida através deste método foi ligeiramente mais baixo que o anterior,  $12,1 \pm 6,2\%$  e  $11,7 \pm 5,6\%$ , para os grupos de percussão e prensão, respetivamente. Finalmente, a Tabela 3.4 apresenta os resultados da estatística descritiva e da comparação ente grupos para a absorciometria de raios-X de dupla energia. Encontram-se diferenças moderadas no conteúdo mineral ósseo dos membros superiores ( $t = -2,359$ ,  $p < 0,05$ ,  $d = 0,630$ ), densidade mineral óssea total ( $t = -2,675$ ,  $p < 0,05$ ,  $d = 0,714$ ), densidade mineral óssea abaixo da cabeça ( $t = -2,448$ ,  $p < 0,05$ ,  $d = 0,653$ ), densidade mineral óssea tronco ( $t = -3,140$ ,  $p < 0,05$ ,  $d = 0,838$ ) e densidade mineral óssea dos membros superiores ( $t = -3,492$ ,  $p < 0,05$ ,  $d = 0,931$ ). A percentagem de massa gorda, obtida por esta metodologia de avaliação, foi de  $13,2 \pm 7,4\%$  e  $13,0 \pm 5,3$ , para os grupos de percussão e prensão, respetivamente.

**Tabela 3.1.** Estatística descritiva para a antropometria (média±desvio padrão) e variação associada ao grupo de modalidades para o total da amostra (n=55)

Variável	Unidade	Percussão (n=31)	Preensão (n=24)	Diferenças de média		Comparação		Tamanho do efeito	
				Valor	(IC95%)	t	p	d	(qualitativo)
Idade cronológica	Anos	23,83±3,61	24,77±5,92	-0,93	(-3,53; 1,66)	-0,722	0,474	0,192	(trivial)
Anos de treino	Anos	8±6	9±7	-0,88	(-4,25; 2,48)	-0,525	0,601	0,140	(trivial)
Massa corporal	Kg	72,7±12,1	73,6±10,9	-0,9	(-7,2; 5,4)	-0,281	0,780	0,075	(trivial)
Estatura	Cm	175,3±6,1	172,4±7,4	2,9	(-0,8; 5,4)	1,591	0,118	0,424	(pequeno)
Altura sentado	Cm	91,5±3,6	91,1±3,7	0,4	(-1,6; 2,4)	0,407	0,685	0,109	(trivial)
Comprimento dos MI	Cm	83,8±4,2	81,3±5,0	2,5	(0,0; 5,0)	2,025	0,048	0,540	(pequeno)

MI (Membros inferiores); IC95% (intervalo de confiança a 95%), d (d de *cohen*)

**Tabela 3.2.** Estatística descritiva para a bioimpedância (média±desvio padrão) e variação associada ao grupo de modalidades para o total da amostra (n=55)

Variável	Unidade	Percussão (n=31)	Preensão (n=24)	Diferenças de média		Comparação		Tamanho do efeito	
				Valor	(IC95%)	t	p	d	(qualitativo)
Reatância	Ohms	425±50	450±75	25	(-11; 60)	1,384	0,172	0,370	(pequeno)
Condutância	Ohms	62±17	67±12	5	(-2; 13)	1,406	0,165	0,375	(pequeno)
Massa gorda	%	14,5±3,5	13,9±4,2	-0,7	(-2,8; 1,5)	-0,615	0,541	0,164	(trivial)
	kg	11,0±4,0	10,4±4,8	-0,6	(-3,0; 1,9)	-0,479	0,634	0,128	(trivial)
Massa isenta de gordura	%	85,5±3,5	86,1±4,2	0,7	(-1,5; 2,8)	0,615	0,541	0,164	(trivial)
	kg	62,7±7,4	62,4±8,5	-0,3	(-4,7; 4,1)	-0,138	0,891	0,037	(trivial)
Metabolismo basal	kcal	1796±161	1862±278	66,3	(-61,7; 194,3)	1,038	0,304	0,277	(pequeno)
Índice de massa celular	kg.m <sup>2</sup>	11,0±0,8	10,8±1,5	-0,1	(-0,8; 0,5)	-0,392	0,697	0,105	(trivial)
Massa celular	kg	32,5±3,8	33,3±6,2	0,8	(-2,0; 3,7)	0,581	0,564	0,155	(trivial)
	%	44,3±3,1	45,9±5,4	1,6	(-0,9; 4,1)	1,295	0,201	0,346	(pequeno)
Massa muscular	%	53,6±3,2	55,0±5,9	1,5	(-1,2; 4,2)	1,115	0,270	0,298	(pequeno)
	kg	39,2±4,6	40,0±7,2	0,8	(-2,6; 4,2)	0,476	0,636	0,127	(trivial)
Água corporal total	L	45,3±6,2	45,0±7,4	-0,3	(-4,0; 3,4)	-0,164	0,871	0,044	(trivial)
	%	61,6±2,4	61,9±3,7	0,3	(-1,4; 2,0)	0,346	0,731	0,092	(trivial)
Água corporal extracelular	L	15,6±3,5	14,6±3,3	-1,1	(-2,9; 0,8)	-1,167	0,249	0,311	(pequeno)
	%	35,3±7,3	32,4±4,6	-2,9	(-6,2; 0,3)	-1,827	0,073	0,487	(pequeno)
Água corporal intracelular	L	29,6±3,4	30,4±5,6	0,8	(-1,8; 3,4)	0,594	0,555	0,159	(trivial)
	%	65,8±4,6	67,6±4,6	1,8	(-0,7; 4,3)	1,470	0,147	0,392	(pequeno)

IC95% (intervalo de confiança a 95%), d (d de *cohen*)

**Tabela 3.3.** Estatística descritiva para a pletismografia de ar deslocado (média±desvio padrão) e variação associada ao grupo de modalidades para o total da amostra (n=55)

Variável	Unidade	Percussão (n=31)	Preensão (n=24)	Diferenças de média		Comparação		Tamanho do efeito	
				Valor	(IC95%)	t	p	d	(qualitativo)
Massa corporal	kg	72,973±12,076	73,783±10,829	-0,810	(-7,110; 5,489)	-0,258	0,797	0,069	(trivial)
Volume corporal	L	68,188±12,153	68,825±10,535	-0,637	(-6,897; 5,623)	-0,204	0,839	0,054	(trivial)
Densidade corporal	kg.L <sup>-1</sup>	1,072±0,015	1,073±0,013	-0,001	(-0,009; 0,006)	-0,390	0,698	0,104	(trivial)
Volume gás torácico	L	3,799±0,293	3,669±0,366	0,130	(-0,048; 0,309)	1,467	0,148	0,391	(pequeno)
Massa gorda	%	12,1±6,2	11,7±5,6	0,4	(-2,9; 3,7)	0,248	0,805	0,066	(trivial)
	kg	9,328±6,766	8,866±5,247	0,462	(-2,894; 3,818)	0,276	0,783	0,074	(trivial)
Massa isenta de gordura	%	87,9±6,2	88,3±5,6	-0,4	(-3,7; 2,9)	-0,248	0,805	0,066	(trivial)
	kg	63,651±7,428	64,935±8,463	-1,284	(-5,589; 3,021)	-0,598	0,552	0,160	(trivial)

IC95% (intervalo de confiança a 95%), d (d de *cohen*)



**Tabela 3.4.** Estatística descritiva para a absorciometria (média±desvio padrão) e variação associada ao grupo de modalidades para o total da amostra (n=55)

Variável	Unidade	Percussão (n=31)	Preensão (n=24)	Diferenças de média		Comparação		Tamanho do efeito	
				Valor	(IC95%)	t	p	d	(qualitativo)
<b>Área</b>									
Total	cm <sup>2</sup>	2588±220	2589±241	-2	(-126; 123)	-0,028	0,978	0,007	(trivial)
<i>Subhead</i>	cm <sup>2</sup>	2353±213	2351±232	2	(-118; 122)	0,033	0,974	0,009	(trivial)
Tronco	cm <sup>2</sup>	994±101	1012±117	-17	(-76; 41)	-0,603	0,549	0,161	(trivial)
membros superiores	cm <sup>2</sup>	480±43	487±40	-7	(-30; 15)	-0,638	0,526	0,170	(trivial)
membros inferiores	cm <sup>2</sup>	879±94	852±91	26	(-23; 77)	1,072	0,288	0,286	(pequeno)
<b>Conteúdo mineral</b>									
Total	g	3419±495	3615±569	-195	(-483; 92)	-1,362	0,179	0,363	(pequeno)
<i>Subhead</i>	g	2892±439	3050±524	-158	(-419; 101)	-1,222	0,227	0,326	(pequeno)
Tronco	g	1137±199	1243±225	-105	(-219; 9)	-1,841	0,071	0,491	(pequeno)
membros superiores	g	475±71	523±81	-48	(-89; -7)	-2,359	0,022	0,630	(moderado)
membros inferiores	g	1277±204	1285±235	-7	(-126; 111)	-0,123	0,902	0,033	(trivial)
<b>Densidade mineral óssea</b>									
Total	g.cm <sup>2</sup>	1,32±0,09	1,39±0,11	-0,07	(-0,13; -0,02)	-2,675	0,010	0,714	(moderado)
<i>Subhead</i>	g.cm <sup>2</sup>	1,22±0,09	1,29±0,11	-0,07	(-0,12; -0,01)	-2,448	0,018	0,653	(moderado)
Tronco	g.cm <sup>2</sup>	1,14±0,10	1,22±0,10	-0,08	(-0,14; -0,03)	-3,140	0,003	0,838	(moderado)
membros superiores	g.cm <sup>2</sup>	0,99±0,08	1,07±0,10	-0,08	(-0,13; -0,04)	-3,492	0,001	0,931	(moderado)
membros inferiores	g.cm <sup>2</sup>	1,45±0,11	1,50±0,15	-0,05	(-0,12; 0,02)	-1,437	0,157	0,383	(pequeno)
<b>Massa gorda</b>									
Total	g	10218±7645	9958±5456	259	(-3438; 3958)	0,141	0,888	0,038	(trivial)
Total	%	13,2±7,4	13,0±5,3	0,2	(-3,3; -3,8)	0,131	0,897	0,035	(trivial)
Tronco	g	5816±4348	5721±3240	94	(-2035; 2225)	0,089	0,929	0,024	(trivial)
membros superiores	g	611±634	591±411	19	(-279; 318)	0,134	0,894	0,036	(trivial)
membros inferiores	g	3407±2655	3249±1810	157	(-1110; 1426)	0,250	0,804	0,067	(trivial)
<b>Massa isenta de gordura</b>									
Total	g	59081±6082	60237±6521	-1155	(-4578; 2266)	-0,677	0,501	0,181	(trivial)

Tronco	g	27060±2604	27612±3069	-552	(-2087; 982)	-0,722	0,473	0,193	(trivial)
membros superiores	g	7602±1305	8056±1056	-454	(-1110; 201)	-1,389	0,171	0,371	(pequeno)
membros inferiores	g	20474±2487	20277±2543	197	(-1172; 1566)	0,289	0,774	0,077	(trivial)

---

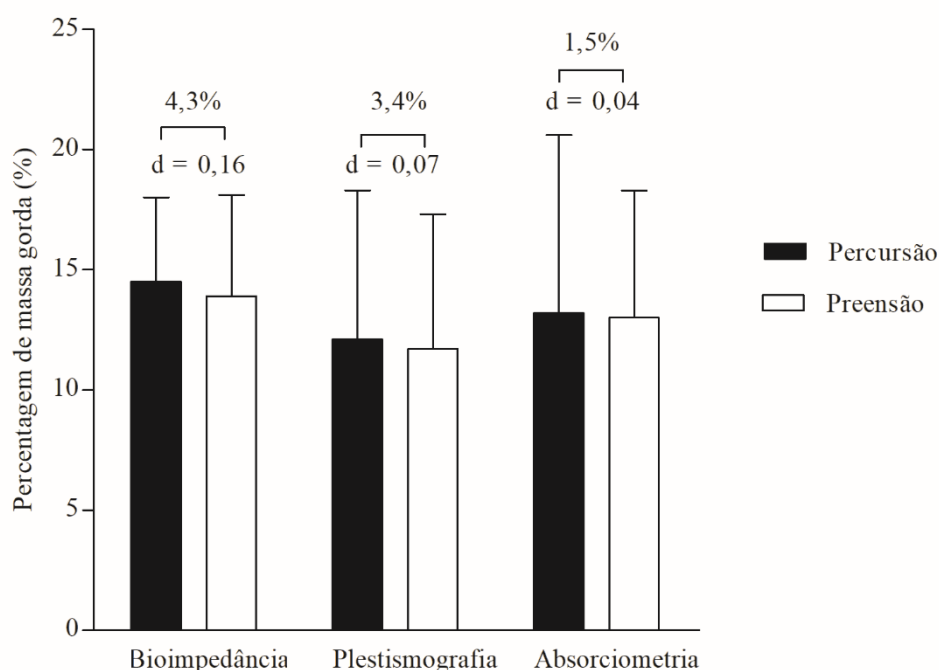
IC95% (intervalo de confiança a 95%); MS (membros superiores); MI (membros inferiores), d (d de cohen)

### 3.4. DISCUSSÃO

Existe uma ideia intuitiva e generalizada sobre a necessidade de um tipo morfológico adequado como elemento crucial para alcançar o sucesso em determinados desportos (Powers & Howley, 1997), sendo os desportos de combate muito óbvios nessas determinantes. A importância da composição corporal assume-se como um fator quase intrínseco nos desportos de combate, fruto dos aspetos regulamentares, sendo as competições organizadas por categorias de massa corporal. Assim, torna-se de extrema importância que os atletas apresentem baixos valores de massa gorda.

É possível encontrar alguns estudos que descrevem os valores de massa gorda dos atletas destas modalidades desportivas, sendo que os valores do presente estudo se encontram dentro da variância encontrada na literatura [PERCUSSÃO: Kickboxing - Elite profissional EUA, n=4, pregas, 8,1% (Zabukovec & Tiidus, 1995); Boxe - Elite amador Itália, n=8, pregas, 14,5 ± 1,5% (Guidetti et al., 2002); Elite amador Índia, n=30, pregas, 16,4 ± 3,8% (Khanna & Manna, 2006); Elite Amador Inglaterra, n=23, pregas, 9,1 ± 2,3% (Smith, 2006); Karaté – Elite Japão, n=7, pregas, 10,7 ± 2,0% (Imamura et al., 1998); Elite França, n=9, pregas, 12,2 ± 1,9% (Ravier et al., 2009); PREENSÃO: Judo – Elite Brasil, n=22, pregas, 11,4 ± 8,4% (equipa A, n=7), 10,1 ± 5,7% (equipa B, n=15) (Franchini et al., 2007); Jiu-Jitsu Brasileiro – Elite Brasil, n=7, pregas, 9,8 ± 4,2% (Del Vecchio, Bianchi, Hirata, & Chakon-Mikahil, 2007); Elite Brasil, n=11, pregas, 10,3 ± 2,6% (Andreato et al., 2012); Luta Olímpica – Elite EUA, n=5, pregas, 7,6 ± 3,4% (Callan et al., 2000).

Na Figura 3.1 é possível observar as variações dos valores médios obtidos na avaliação da percentagem de massa gorda pelas diferentes metodologias, onde se pode concluir que a tendência se mantém (percussão > preensão), embora os resultados sejam ligeiramente diferentes. Esta variação nos resultados alerta para a necessidade de se avaliar o atleta sempre com a mesma metodologia, para poder comparar com resultados anteriores.



**Figura 3.1.** Variação dos valores médios obtidos na avaliação da percentagem de massa gorda, pelas três metodologias concorrentes

No estudo de Alm & Ji-Guo (2013), a avaliação foi feita através do DXA, com um equipamento idêntico ao usado no presente estudo. A avaliação por DXA, mostrou ser eficaz na avaliação da massa gorda, massa magra e conteúdo mineral ósseo, apresentando uma margem de erro muito baixa (Mazess, Barden, Bisek, & Hanson, 1990). No presente estudo e no que diz respeito à massa óssea, foram encontradas diferenças no CMO e DMO entre os dois grupos (corpo inteiro, abaixo da cabeça, tronco, membros superiores), não havendo diferenças relevantes na massa corporal entre os dois grupos. Nos membros inferiores não foram encontradas diferenças significativas e uma das explicações poderá estar relacionada com as metodologias de treino usadas. Embora os atletas de prensão possam ter uma DMO elevada devido aos impactos repetidos causados pelos gestos técnicos da modalidade (luta de chão, quedas, projeções), os atletas de percussão, nomeadamente os atletas de desportos de ringue (Boxe e Kickboxing) usam muito a corrida e o saltar à corda, como um meio de condicionamento físico para as suas modalidades, sendo que os mesmos exercícios podem ser considerados osteogénicos para os membros inferiores (Guadalupe-Grau, Fuentes, Guerra, & Calbet, 2009, Platen et al., 2001). A literatura já havia reportado que atletas de desportos de combate tinham maior DMO comparativamente aos seus pares não atletas da mesma idade (Andreoli & Monteleone, 2001).

No supramencionado estudo, os atletas de preensão (Judo) também apresentaram resultados mais elevados comparativamente aos atletas de percussão (Karaté). Outros estudos na literatura reportam valores mais elevados de DMO em atletas de desportos de combate, relativamente a outro tipo de desportos (Hinrichs, Chae, Lehmann, Allolio, & Platen, 2010; Platen et al., 2001).

Resumindo, os atletas de modalidades de combate têm níveis de massa gorda reduzidos e valores de massa óssea desejáveis para a prevenção da osteoporose na idade sénior. Adicionalmente, atletas de preensão apresentam valores mais elevados de DMO no corpo inteiro, tronco e membros superiores, possivelmente devido à diferença no gesto desportivo entre os dois grupos, embora não haja diferença nos membros inferiores, o que poderá ser explicado pelos meios de preparação física usados pelos atletas de percussão, nomeadamente nos atletas de desportos de ringue, Boxe e Kickboxing.

# **Capítulo IV**

## **Estudo 2:**

**APTIDÃO EM PROVAS MARCADORAS DAS VIAS  
METABÓLICAS EM ATLETAS ADULTOS DE  
DESPORTOS DE COMBATE**



## 4. Estudo 2

---

### APTIDÃO EM PROVAS MARCADORAS DAS VIAS METABÓLICAS EM ATLETAS ADULTOS DE DESPORTOS DE COMBATE

#### ABSTRACT

Combat sports present a complex metabolic requirement. The aim of this study was to characterize and compare the metabolic profile of striking *vs* grappling athletes, using an incremental treadmill running test (n = 44) and the Wingate test of 30 seconds for the lower limbs (n = 55). Although the  $VO_{2max}$  values were higher in the striking group ( $57,60 \pm 7,29 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  vs  $55,27 \pm 6,25 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ), the differences were not statistically significant. In the Wingate test the trend remains at both the peak power and the mean power with slightly higher values for the first group although the magnitude of the differences was classified as trivial to small. The values found are within the mean that is reported in the literature for these sports. This study reinforces the importance of assertive conjugation in the training of different metabolic pathways for sports success in combat sports.

Keywords: physiological profile, maximum oxygen consumption, ventilatory thresholds, aerobic, anaerobic, combat sports.

#### RESUMO

Os desportos de combate apresentam uma complexa solicitação metabólica. O objetivo deste estudo foi caracterizar e comparar o perfil metabólico de atletas de modalidades de percussão *vs* preensão usando um teste de corrida incremental em passadeira rolante monitorizada (n = 44) e o teste de *Wingate* de 30 s para os membros inferiores (n = 55). Embora os valores de  $VO_{2max}$  tenham sido superiores no grupo de percussão ( $57,60 \pm 7,29 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  vs  $55,27 \pm 6,25 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ), as diferenças não foram estatisticamente significativas. No teste de *Wingate* a tendência mantém-se, tanto ao nível do *peak power* como do *mean power*, com valores ligeiramente superiores para o primeiro grupo apesar da magnitude das diferenças ser classificada entre trivial a pequeno. Os valores encontrados, encontram-se dentro da média que é reportada na literatura para estes desportos. Este estudo reforça a importância da assertiva conjugação no treino das diferentes vias metabólicas para o sucesso desportivo em modalidades desportivas de combate.



Palavras-chave: perfil fisiológico, consumo máximo de oxigénio, limiares ventilatórios, aeróbio, anaeróbio, desportos de combate

#### 4.1. INTRODUÇÃO

Os desportos de combate são acíclicos, caracterizados por mudanças bruscas de intensidade com rácios de trabalho/descanso muito variáveis e ações técnico-táticas distintas do ponto de vista motor (Andreato, Lara, Andrade, & Branco, 2017; Bridge, Santos, Franchini, Chaabène, & Pieter, 2014; Chaabène, Hachana, Franchini, Mkaouer, & Chamari, 2012; Chaabène et al., 2015; Chaabene et al., 2017; Franchini, Del Vecchio, Matsushigue, & Artioli, 2011; Slimani, Chaabene, Miarka, & Chamari, 2017). Embora seja reportado em diversa literatura o carácter de predomínio aeróbio ou anaeróbio de determinada modalidade (Chaabène et al., 2015; Khanna & Manna, 2006) e/ou a especificidade metodológica ou avaliativa de determinado sistema energético, as vias metabólicas não podem ser dissociadas. Dividiu-se neste estudo os desportos de combate em *percussão* e *prensão*. Os primeiros caracterizam-se maioritariamente por ações dinâmicas e apendiculares executadas a elevadas intensidades, golpeando o adversário com membros inferiores e superiores, intercaladas com movimentações e meios de defesa (esquivas, bloqueios, paradas com desvio, *clinch*) a ritmos mais moderados e pequenas interrupções do árbitro central. Os segundos são caracterizados por ações dinâmicas e estáticas intensas, onde os golpes são substituídos por ações de agarrar, puxar, imobilizar e tentativas de projeção do oponente, também aqui intercalados com ações de intensidade mais moderada e breves períodos de paragem por indicação dos juízes.

Devido a esta característica intermitente, e à natureza das competições relativamente ao número de *assaltos*, ambos os sistemas energéticos têm a sua participação, com maior ou menor grau de importância mediante a modalidade em causa ou o formato da prova, já que as mudanças dos sistemas de pontuação e da duração dos combates, vão ditar o tipo de atleta que será bem-sucedido (Yoon, 2002). Assim, a componente anaeróbia alática tem a sua importância nas ações explosivas de curta duração (Franchini et al., 2013). A componente anaeróbia láctica ou glicolítica, permite aos atletas aguentar várias sequências de golpes seguidas durante um período de tempo mais prolongado (Hübner-Woźniak, Kosmol, & Błachnio, 2011) e que também é facilmente percebida pelos altos níveis de lactato que estes atletas atingem no momento pós-competição: Luta Olímpica - 12 atletas, valores entre  $15,8 \pm 0,7$  mmol.L<sup>-1</sup> e  $19,1 \pm 0,8$  mmol.L<sup>-1</sup> (Barbas et al., 2011); BJJ - sete lutadores experientes,  $11,30$  mmol.L<sup>-1</sup>, 2 minutos pós-combate (Del Vecchio et al., 2007); Judo - 15 atletas de elite,  $9,85 \pm 2,28$  mmol.L<sup>-1</sup>, 1 minuto pós-combate

(Franchini, Takito, Kiss, & Sterkowicz, 2005); Boxe - 130 atletas olímpicos ingleses, valores entre 8,6 e 13,5 mmol.L<sup>-1</sup> (Guidetti, Musulin, & Baldari, 2002); Taekwondo - estudo de revisão, 7,0 a 12,2 mmol.L<sup>-1</sup> (Bridge et al., 2014). Já a componente aeróbia é bastante importante principalmente na recuperação: (1) fulcral na recuperação dentro e entre os *rounds*; (2) permite que os atletas consigam manter elevadas intensidades durante o combate, sem entrarem precocemente num regime com um contributo anaeróbio comprometedor da intensidade do esforço, evitando a acumulação excessiva de lactato e um estado de fadiga profunda; (3) relevante com o decorrer do combate, principalmente na parte final, em que esta componente começa a ser cada vez mais recrutada; (4) recuperação entre combates (Crisafulli et al., 2009; Franchini et al., 2013; Kendall & Fukuda, 2011). Em paralelo, a elevada frequência cardíaca (FC) que os atletas atingem durante o decorrer dos combates, também ajudam a perceber a importância das diferentes vias metabólicas durante a competição: Luta Olímpica – 12 atletas, valores de FC média em torno dos 85% da FCM (Barbas et al., 2011); BJJ – 7 lutadores experientes, 182±6 bpm de FC média (Del Vecchio et al., 2007); Boxe - 10 atletas, >181±6 bpm (acima do segundo limiar ventilatório) durante maior parte do combate (de Lira et al., 2013); Taekwondo - estudo de revisão, >90% FCM (Bridge et al., 2014). A frequência cardíaca pode constituir um meio de aferir o sistema energético predominante (Powers & Howley, 1997; Wilmore & Costill, 2005).

Num estudo sobre temporalidade (*time-motion analysis*) analisando 2097 combates do UFC (*Ultimate Fighting Championship*, principal liga profissional de MMA do mundo) divididos por classes de peso e pelos três *rounds* de cinco minutos do combate, a razão esforço:pausa variou entre 1:7 a 1:15 para as atividades de percussão e 1:1 (na sua maioria) a 1:2 para as atividades de preensão (Miarka, Coswig, Vecchio, Brito, & Amtmann, 2015). Partindo desta premissa, seria espectável que desportos de preensão apresentassem valores mais elevados de VO<sub>2max</sub>. No entanto, a literatura mostra tendencialmente o contrário, onde os valores dos desportos de percussão são relativamente mais elevados, principalmente nas modalidades de ringue (Boxe e Kickboxing), excedendo na maioria dos estudos os 60 mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup> (Chaabène et al., 2015; Zabukovec & Tiidus, 1995), o que pode ser explicado pela predominância da atividade aeróbia durante as ações de atividade mais moderada, consideradas neste tipo de estudos como pausa e mesmo pelas ações de movimentação e especificidade do gesto técnico. É importante então perceber o que se consideram “pausa” neste tipo de estudos, que pode variar entre avaliadores.

Tópico de extrema importância pouco referenciado neste tipo de estudos são os pontos de transições metabólicas, nomeadamente os limiares ventilatórios: primeiro limiar e ponto de compensação respiratório. A determinação destes parâmetros ventilatórios é um dos métodos indiretos de identificação dos limiares aeróbio (LAe) e anaeróbio (LAN), método esse que se baseia nas mudanças do padrão da ventilação, do consumo de oxigénio e da produção de dióxido

de carbono (CO<sub>2</sub>) durante o exercício progressivo (Beaver, Wasserman, & Whipp, 1986; Reinhard, Müller, & Schmülling, 1979, citados por Silva, Deresz, & Lima, 2006). Em desportos de combate, os estudos com estas variáveis são escassos, mas os que existem enaltecem a relevância deste tema, como é o caso de um estudo com pugilistas de elite, onde foi concluído que uma das variáveis mais relacionadas com a performance era o LAn (Guidetti et al., 2002).

O teste de *Wingate* de 30s tem sido largamente utilizado na avaliação de atletas de desportos de combate para avaliar a via metabólica de curta duração: BJJ (Andreato, Lara, Andrade, & Branco, 2017); Judo (Franchini, Del Vecchio, Matsushigue, & Artioli, 2011); Luta Olímpica (Chaabene et al., 2017); Taekwondo (Bridge et al., 2014); Karate: (Chaabène, Hachana, Franchini, Mkaouer, & Chamari, 2012); Kickboxing (Slimani et al., 2017); Boxe (Chaabène et al., 2015), os resultados extraídos traduzem-se nas variáveis de potência média, potência máxima e índice de fadiga (Bar-Or, 1987).

Escasseando estudos que caracterizem metabolicamente os atletas de desportos de combate, o objetivo do presente estudo centra-se nas vias metabólicas de curta e média duração, examinando a variação associada ao tipo de modalidade (percussão vs. preensão).

## **4.2. METODOLOGIA**

### 4.2.1. Procedimentos do Estudo

A proposta de pesquisa foi submetida ao Conselho Científico da Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra. O termo de consentimento dos participantes foi obtido por escrito após explicações verbais e escritas sobre o desenho experimental e os possíveis riscos do estudo. Todas as medidas foram realizadas no laboratório de biocinética do Estádio Universitário de Coimbra e numa clínica especializada e a mesma equipa de pesquisa avaliou todos os atletas em várias ocasiões. Os atletas, de cada modalidade, foram avaliados no mesmo dia e local, nas mesmas condições e protocolos, por técnicos experientes.

### 4.2.2. Amostra

A amostra foi composta por 55 atletas de desportos de combate, portugueses adultos masculinos, divididos por dois subgrupos: grupo 1 (percussão: 31 atletas das modalidades de Boxe,

Kickboxing, Taekwondo e Karaté) e grupo 2 (preensão: 24 atletas das modalidades de Jiu-Jitsu Brasileiro, Judo e Lutas Amadoras). A inclusão na amostra assumiu os seguintes critérios: (1) mais de três anos de prática desportiva; (2) pelo menos quatro unidades de treino semanal. Para a avaliação do consumo de oxigênio, no grupo 1, apenas foram considerados os atletas de modalidades de ringue, Boxe e Kickboxing (n=20).

#### 4.2.3. Antropometria

Todas as medidas foram recolhidas por um único observador, baseadas em protocolos estandardizados (Lohmann et al., 1988). A massa corporal foi medida com a precisão de 0,1kg, com uma balança (SECA, modelo 770, Hanover, MD, USA). A estatura e a altura sentado medidas com um estadiómetro portátil (Harpندن modelo 98.603, Holtain Ltd, Crosswell, UK) com precisão de 0,1cm. Através da diferença entre a estatura e a altura sentado foi obtido o comprimento dos membros inferiores.

#### 4.2.4. Consumo máximo de oxigénio ( $VO_{2max}$ )

O consumo máximo de oxigénio ( $VO_{2max}$ ) foi avaliado recorrendo a um teste incremental de corrida por patamares, numa passadeira monitorizada (Quasar, HP Cosmos, Alemanha). O primeiro patamar iniciou-se a uma velocidade de  $8\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ , com incrementos subsequentes de  $1\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$  a cada minuto, mantendo, durante todo o teste, a inclinação inicial de 2%, até à exaustão. A obtenção do  $VO_{2max}$  foi confirmada através dos critérios: (1) existência de um *plateau* no consumo de oxigénio, apesar de um aumento da intensidade do exercício; (2) concentração de lactemia superior a  $8\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ ; (3) rácio de trocas respiratórias  $\geq 1,10$ ; (4) frequência cardíaca dentro de 10% do valor máximo previsto para a idade; (5) sensação impressionista de se ter atingido um estado de exaustão (Howley et al., 1995). O oxigénio expirado e o fluxo e concentração de dióxido de carbono foram medidos respiração a respiração (Quark CPET, Cosmed, Italy). O analisador de gases foi calibrado usando gases de concentrações conhecidas e a frequência cardíaca foi medida durante o exercício, com um monitor de frequência cardíaca (Cosmed, Italy). As concentrações máximas de lactato sanguíneo, foram determinadas através de um analisador portátil (Lactate Pro analyser, Arcay, Inc). A calibração e as medidas do ar ambiente foram realizadas antes de cada teste, usando as recomendações do fabricante. Antes de cada teste, o fluxo e o volume foram calibrados usando uma seringa de 3-L (Hans Rudolph, Kansas City, USA).

#### 4.2.5. Teste de *Wingate* dos membros inferiores de 30 segundos

O teste de *Wingate* foi realizado com recurso a um cicloergómetro (Monark, model 894E) com a duração de 30 segundos. O aquecimento do teste foi realizado de acordo com o protocolo padronizado (Neil Armstrong & Welsman, 2000). O teste iniciou-se com o atleta a pedalar a um ritmo constante de 60 rpm, assim que alcançado um ritmo constante, foi dada uma contagem decrescente, sendo aplicada a força de resistência (7,5% da massa corporal) e iniciado o sistema de recolha de dados. A altura do banco variou conforme o tamanho do membro inferior do atleta, de modo a que fique ligeiramente fletido (cerca de 15°) no momento final em que completa o ciclo de movimento (Coppin, Heath, Bressel, & Wagner, 2012). Foram apenas considerados válidos os dados que demonstraram o pico de potência anaeróbia nos primeiros 5 segundos (Zupan et al., 2009). Foram registadas a 1Hz as variáveis pico de potência absoluto (W); pico de potência relativo à massa corporal ( $W \cdot kg^{-1}$ ), potência média absoluta (W); potência média relativa à massa corporal ( $W \cdot kg^{-1}$ ) e índice de fadiga (a percentagem de declínio do pico de potência para a potência mínima registada).

#### 4.2.6. Análise estatística

Para cada variável foi calculada a estatística descritiva, nomeadamente o parâmetro de tendência central, ou seja, média, erro padrão da média e intervalos de confiança da média a 95% e, ainda, o desvio padrão como medida de dispersão.

Para comparar os dois grupos, foi utilizado o teste “t-student” para amostras independentes. A magnitude das diferenças foi avaliada usando diferenças de médias padronizadas (d de Cohen) e classificadas de acordo com Hopkins (2010), como trivial ( $d < 0,2$ ), pequeno ( $0,2 \leq d < 0,6$ ), moderado ( $0,6 \leq d < 1,2$ ), grande ( $1,2 < d \leq 2,0$ ), muito grande ( $2,0 < d < 4,0$ ), quase perfeita ( $d > 4,0$ ) e perfeita ( $d = \text{infinita}$ ). A significância estatística foi definida em  $p < 0,05$ . Toda a análise de dados foi realizada recorrendo ao SPSS versão 24 (IBM SPSS Statistics, Armonk, NY, IBM Corp).

### 4.3. RESULTADOS

Na Tabela 4.1 são apresentados os resultados da estatística descritiva (média  $\pm$  desvio padrão) por grupo de modalidades (percussão vs. preensão), e ainda a diferença de médias e as comparações entre grupos, para as cronovariáveis e a antropometria. O tamanho do efeito das diferenças das médias foram apenas classificados como trivial e pequeno e não significativos estatisticamente. A Tabela 4.2 resume a estatística descritiva (média  $\pm$  desvio padrão) por grupo de modalidades (percussão vs. preensão), e ainda a diferença de médias e as comparações entre grupos, para a prova de avaliação funcional da via metabólica de curta duração, o teste de *Wingate* de 30 segundos dos membros inferiores. O pico de potência absoluta (*peak power*) para o grupo de percussão é de  $932 \pm 140$  W e para o grupo de preensão  $900 \pm 184$  W. Na potência média absoluta (*mean power*) a tendência mantém-se, sendo os valores para o grupo de percussão ligeiramente maiores ( $619 \pm 90$  W,  $592 \pm 5$  W, para os grupos de percussão e preensão, respetivamente). Apesar disso, estas diferenças não são estatisticamente significativas e a magnitude das diferenças (tamanho do efeito) é sempre classificada entre trivial a pequeno. O mesmo acontece no resto das variáveis analisadas: pico de potência relativo à massa corporal, pico de potência relativo à massa isenta de gordura, potência média relativa à massa corporal e potência média relativa à massa isenta de gordura. Na Tabela 4.3, encontram-se os resultados da estatística descritiva (média  $\pm$  desvio padrão) por grupo de modalidades (percussão vs. preensão), e ainda a diferença de médias e as comparações entre grupos, para a avaliação do consumo máximo de oxigénio e respetivos limiares ventilatórios. O primeiro grupo de valores reporta-se ao primeiro limiar ventilatório: consumo absoluto, consumo relativo, percentagem do consumo máximo, frequência cardíaca, tempo, velocidade e quociente respiratório. Neste primeiro grupo de valores é verificado uma percentagem maior do consumo máximo de oxigénio, no grupo da percussão (percussão vs. preensão:  $66,6 \pm 5,0\%$  vs.  $64,8 \pm 6,5\%$ ), embora as diferenças não sejam estatisticamente significativas e classificadas como pequenas. O segundo grupo de valores refere-se ao segundo limiar ventilatório, onde são apresentadas as mesmas variáveis. O grupo da preensão apresenta um valor superior ao grupo da percussão, na percentagem do consumo máximo de oxigénio, embora o valor absoluto e relativo de consumo seja menor (percussão vs. preensão:  $87,4 \pm 6,0\%$  vs.  $88,7 \pm 5,5\%$ ;  $3,713 \pm 0,429$  L.min<sup>-1</sup> vs.  $3,609 \pm 0,572$  L.min<sup>-1</sup>;  $50,04$  mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup> vs.  $48,91 \pm 5,72$  mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>). No entanto, em nenhuma destas variáveis o resultado da comparação é estatisticamente significativo, sendo as diferenças classificadas entre triviais e pequenas. O último grupo de valores refere-se ao VO<sub>2max</sub>, onde novamente não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas e o *tamanho do efeito* das diferenças entre as médias, classificados como pequenos, embora os resultados do consumo absoluto e relativo tenham sido ligeiramente superiores no grupo de percussão (percussão vs. preensão:  $4,264 \pm 0,558$  L.min<sup>-1</sup> vs.  $4,072 \pm 0,630$  L.min<sup>-1</sup>;  $57,60 \pm 7,29$  mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup> vs.  $55,27 \pm 6,25$  mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>).

**Tabela 4.1.** Estatística descritiva para as cronovariáveis e antropometria (média±desvio padrão) e variação associada ao grupo de modalidades para o total da amostra (n=55)

Variável	Unidade	Percussão (n=31)	Preensão (n=24)	Diferenças de Média		Comparação		Tamanho do efeito	
				Valor	(IC95%)	t	p	d	(qualitativo)
Idade cronológica	anos	23,83±3,61	24,77±5,92	-0,93	(-3,53; 1,66)	-0,722	0,474	0,192	(trivial)
Anos de treino	anos	8±6	9±7	-0,88	(-4,25; 2,48)	-0,525	0,601	0,140	(trivial)
Massa corporal	kg	72,7±12,1	73,6±10,9	-0,9	(-7,2; 5,4)	-0,281	0,780	0,075	(trivial)
Estatura	cm	175,3±6,1	172,4±7,4	2,9	(-0,8; 5,4)	1,591	0,118	0,424	(pequeno)
Altura sentado	cm	91,5±3,6	91,1±3,7	0,4	(-1,6; 2,4)	0,407	0,685	0,109	(trivial)
Comprimento membros inferiores	cm	83,8±4,2	81,3±5,0	2,5	(0,0; 5,0)	2,025	0,048	0,540	(pequeno)

IC 95% (intervalo de confiança a 95%), d (d de *cohen*)

**Tabela 4.2.** Estatística descritiva para o teste de *Wingate* (média±desvio padrão) e variação associada ao grupo de modalidades para o total da amostra (n=55)

Variável	Unidade	Percussão	Preensão	Diferenças de Média		Comparação		Tamanho do efeito	
		(n=31)	(n=24)	Valor	(IC95%)	t	p	d	(qualitativo)
Carga	Kg	5,7±1,0	5,6±0,8	0,1	(-0,5; 0,7)	0,346	0,731	0,102	(trivial)
Potência máxima (absoluta)	W	932±140	900±184	32	(-69; 133)	0,636	0,528	0,188	(trivial)
Potência máxima (relativa)	W.kg <sup>-1</sup>	12,58±1,77	12,26±1,76	0,32	(-0,76; 1,40)	0,596	0,554	0,176	(trivial)
Potência média (absoluta)	W	619±90	592±65	28	(-20; 75)	1,175	0,247	0,347	(pequeno)
Potência média (relativa)	W.kg <sup>-1</sup>	8,32±0,86	8,12±0,86	0,21	(-0,32; 0,73)	0,786	0,436	0,232	(pequeno)
Índice de fadiga	%	33,3±5,9	32,7±9,6	0,6	(-4,4; 5,5)	0,226	0,822	0,067	(trivial)

IC 95% (intervalo de confiança a 95%), (d de *cohen*)



**Tabela 4.3.** Estatística descritiva para o consumo máximo de oxigênio e limiares ventilatórios (média±desvio padrão) e variação associada ao grupo de modalidades para o total da amostra (n=44)

Variável	Unidade	Percussão (n=20)	Preensão (n=24)	Diferenças de Média		Comparação		Tamanho do efeito	
				Valor	(IC95%)	t	p	d	(qualitativo)
<b><i>LV1</i></b>									
Consumo absoluto	L.min <sup>-1</sup>	2,833±0,388	2,617±0,351	0,216	(-0,009; 0,441)	1,939	0,059	0,572	(pequeno)
Consumo relativo	mL.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup>	38,17±4,96	35,58±3,88	2,59	(-0,10; 5,28)	1,946	0,058	0,575	(pequeno)
Porcentagem do VO <sub>2max</sub>	%	66,6±5,0	64,8±6,5	1,8	(-1,8; 5,4)	1,022	0,313	0,304	(pequeno)
Frequência cardíaca	bpm	147±13	140±11	7	(0; 15)	1,982	0,054	0,563	(pequeno)
Tempo	s	165±71	133±40	32	(-2; 66)	1,881	0,067	0,553	(pequeno)
Velocidade	Km.h <sup>-1</sup>	10,3±1,4	9,9±0,8	0,4	(-0,2; 1,1)	1,276	0,209	0,373	(pequeno)
Quociente respiratório	L.L	0,83±0,08	0,84±0,08	-0,01	(-0,05; 0,04)	-0,203	0,840	0,091	(trivial)
<b><i>LV2</i></b>									
Consumo absoluto	L.min <sup>-1</sup>	3,713±0,429	3,609±0,572	0,104	(-0,209; 0,417)	0,669	0,507	0,198	(trivial)
Consumo relativo	mL.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup>	50,04±5,70	48,91±5,72	1,13	(-2,36; 4,62)	0,653	0,517	0,193	(trivial)
Porcentagem do VO <sub>2max</sub>	%	87,4±6,0	88,7±5,5	-1,3	(-4,8; 2,2)	-0,750	0,458	0,226	(pequeno)
Frequência cardíaca	bpm	174±12	171±9	3	(-3; 10)	1,024	0,311	0,324	(pequeno)
Tempo	s	406±79	378±83	28	(-22; 77)	1,122	0,268	0,335	(pequeno)
Velocidade	Km.h <sup>-1</sup>	14,2±1,3	13,8±1,5	0,4	(-0,5; 1,2)	0,854	0,398	0,254	(pequeno)
Quociente respiratório	L.L	0,99±0,06	1,0±0,06	-0,02	(-0,05; 0,02)	-0,929	0,358	0,242	(pequeno)

<b>VO<sub>2max</sub></b>									
Consumo absoluto	L.min <sup>-1</sup>	4,264±0,558	4,072±0,630	0,192	(-0,173; 0,558)	1,061	0,295	0,314	(pequeno)
Consumo relativo	mL.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup>	57,60±7,29	55,27±6,25	2,33	(-1,78; 6,45)	1,145	0,259	0,338	(pequeno)
Frequência cardíaca	%	186±9	182±11	4	(-2; 11)	1,350	0,184	0,364	(pequeno)
Tempo	bpm	594±97	551±82	43	(-12; 97)	1,587	0,120	0,470	(pequeno)
Velocidade	s	17,5±1,8	16,8±1,4	0,7	(-0,3; 1,7)	1,453	0,154	0,428	(pequeno)
Quociente respiratório	Km.h <sup>-1</sup>	1,17±0,06	1,16±0,06	0,01	(-0,03; 0,05)	0,589	0,559	0,212	(pequeno)
Velocidade atingida	Km.h <sup>-1</sup>	17,1±1,8	16,4±1,3	0,7	(-0,3; 1,6)	1,451	0,154	0,429	(pequeno)
Patamar atingido		10±2	9±1	1	(0; 2)	1,641	0,108	0,388	(pequeno)
Lactato final	mmol.L <sup>-1</sup>	9,8±2,5	10,5±2,8	-0,7	(-2,4; 0,9)	-0,884	0,382	0,260	(pequeno)

---

IC 95% (intervalo de confiança a 95%); LV1 (limiar ventilatório 1); LV2 (limiar ventilatório 2); VO<sub>2max</sub> (consumo máximo de oxigênio), d (*d*-cohen)

#### 4.4. DISCUSSÃO

Tendo o condicionamento físico dos atletas se tornado cada vez mais um fator diferenciador e de elevada importância para alcançar o sucesso em desportos onde por vezes as aptidões físicas se superam ao talento (Andreato, 2010), podemos aferir com este estudo da não existência de diferenças significativas ao nível do perfil metabólico do atleta de desportos de combate em modalidade de preensão e de percussão. Revendo a literatura, na maioria dos estudos, são verificados valores mais elevados de  $VO_{2max}$  nos atletas de percussão (Boxe e Kickboxing), relativamente aos de preensão (Judo, Luta Olímpica, Jiu-Jitsu Brasileiro).

No Kickboxing, onde os estudos são mais escassos. Em cicloergómetro, quatro *kickboxers* profissionais canadianos avaliados por Zabukovec & Tiidus (1995) apresentaram uma média de valores de  $VO_{2max}$  de  $62,7 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  (54,0 a  $69,1 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ). Também em cicloergómetro, Ouergui et al. (2014), reportam valores de  $51,9 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  para 13 atletas amadores Tunisinos. Na revisão sistemática apresentada por Chaabène et al. (2015), onde são apresentados os estudos realizados até 2015 com atletas de Boxe, verifica-se que grande parte dos resultados se aproximam ou passam os  $60 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ , muito idênticos aos *Kickboxers*. Smith (2006), reporta valores de  $69,1 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  para um pugilista Inglês medalhado nos Jogos Olímpicos.

Na revisão sistemática realizada por Franchini et al. (2011), são apresentados resultados para o Judo ligeiramente inferiores, onde a maioria dos atletas apresenta resultados de  $VO_{2max}$  entre os  $50 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  e os  $60 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ . No Jiu-jitsu brasileiro, os estudos apresentados por Andreato et al. (2017) reportam valores de  $VO_{2max}$  entre os  $42,7 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  e os  $52,2 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ , o que poderá demonstrar uma menor preocupação com o treino aeróbio por parte destes atletas.

Na Luta Olímpica são reportados valores de  $VO_{2max}$ , em artigo de revisão, entre os  $37 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  e os  $67 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  (Chaabene et al., 2017). Yoon & Jun (1990), reportam valores relativos de  $60,24 \pm 5,13 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ . Um destes autores, Yoon (2002), num estudo de revisão, reporta valores mais baixos, entre 53 a  $56 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ , diferença essa que poderá estar relacionada com a alteração do tempo dos combates, como fator de influência no treino de condicionamento físico dos atletas.

No presente estudo foi verificada a tendência reportada na literatura (percussão vs preensão:  $4,264 \pm 0,558 \text{ L.min}^{-1}$  vs  $4,072 \pm 0,630 \text{ L.min}^{-1}$ ;  $57,60 \pm 7,29 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  vs  $55,27 \pm 6,25 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ), embora os resultados da comparação não fossem estatisticamente significativos e o tamanho do efeito das diferenças entre as médias, classificados entre trivial a pequeno. Relativamente aos limiares ventilatórios, um alto  $VO_{2max}$  mas um limiar anaeróbio (LAn) baixo (com correspondência ao LV2), indica um recrutamento do sistema láctico muito cedo e em demasia, fazendo com que o atleta entre em

fadiga precocemente. Por outro lado, um  $VO_{2max}$  alto mas também um LAn elevado, irá fazer com que o sistema anaeróbio seja recrutado mais tarde e em menor quantidade (Alm & Ji-Guo, 2013). Num estudo com pugilistas (Guidetti et al., 2002), foi demonstrado que uma das variáveis mais relacionadas com o ranking no Boxe era o LAn.

No teste de *Wingate*, atletas de elite masculinos de boxe apresentam valores médios de *peak power* relativos entre a 8,0 a 9,8  $W.kg^{-1}$  e valores médios de *mean power* relativos entre 6,2 a 8,6  $W.kg^{-1}$  (Chaabène et al., 2015). Já no Kickboxing são reportados valores médios de *peak power* relativos ( $W/kg$ ) de  $9,8 \pm 2,1$  e  $6,7 \pm 1,1$  de *mean power*, em 30 atletas amadores tunisinos (Ouergui et al., 2014), valores estes que se enquadram dentro da variância encontrada nos pugilistas. Estudos com atletas masculinos da modalidade de Taekwondo, que usaram o teste de *Wingate*, apresentaram resultados de *peak power* que variaram entre os 8,4 e os 14,8  $W.kg^{-1}$  (Bridge et al., 2014). Já o *mean power* variou entre 6,6 e 9,2  $W.kg^{-1}$  (Bridge et al., 2014). Doria et al. (2009) reportou valores de  $9,6 \pm 1,1$   $W.kg^{-1}$  e  $7,9 \pm 0,6$   $W.kg^{-1}$ , de *peak power* e *mean power*, respetivamente, para três atletas masculinos italianos medalhados em campeonatos europeus e mundiais de Karaté.

A luta Olímpica é das modalidades que mais estudos apresenta com referência ao uso do teste de *Wingate* dos membros inferiores (Chaabene et al., 2017). São reportados valores de *peak power* entre 10 a 17  $W.kg^{-1}$  e valores de *mean power* entre 4 a 9  $W.kg^{-1}$  (Chaabene et al., 2017). Encontrou-se apenas um estudo que avaliou a performance de atletas de Jiu-Jitsu Brasileiro no teste de *Wingate* dos membros inferiores. Del Vecchio et al. (2007) reporta valores de *peak power* de  $10,1 \pm 1,2$   $W.kg^{-1}$  e *mean power* de  $9,9 \pm 1,4$   $W.kg^{-1}$ , em sete atletas de alto nível. No Judo, num estudo de revisão de 2011, foram reportados valores de *peak power* que variam entre os 9,6 e os 16,2  $W.kg^{-1}$  e *mean power* entre 5,4 a 12  $W.kg^{-1}$  (Franchini et al., 2011). Um estudo mais recente apresenta para as mesmas variáveis  $13,21 \pm 1,03$   $W.kg^{-1}$ ;  $10,73 \pm 0,52$   $W.kg^{-1}$  (9 atletas de elite checos - Mala et al., 2015).

No presente estudo não são encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os dois grupos (percussão vs. prensão), tanto de forma absoluta como relativa (*peak power percussão; prensão*:  $12,58 \pm 1,77$   $W.kg^{-1}$ ;  $12,26 \pm 1,76$   $W.kg^{-1}$ ; *mean power percussão; prensão*:  $8,32 \pm 0,86$   $W.kg^{-1}$ ;  $8,12 \pm 0,86$   $W.kg^{-1}$ ). Estes são valores que se encontram reportados na literatura com atletas de elite das modalidades que fazem parte dos dois grupos comparados do presente estudo. Apesar de não haver consenso na literatura a percentagem com que determinada via influencia a modalidade, parece consensual a exigente e complexa combinação de ambas as vias metabólicas (aeróbia e anaeróbia) em modalidades nos desportos de combate. Assim, no boxe, uma boa capacidade aeróbia ajuda os atletas a manter uma alta intensidade nas ações e acelera os processos de recuperação, mantendo o pugilista nas melhores condições durante todo o combate (Davis, Wittekind, & Beneke, 2013; El-Ashker & Nasr, 2012). No entanto as ações decisivas nesta modalidade, como a pontuação ofensiva e a busca do *knock-*

out, são mantidas essencialmente pelo sistema anaeróbio (Barbosa de Lira et al., 2013). Para ser efetivo no Kickboxing as técnicas devem ser aplicadas com precisão, dentro de uma boa *janela de oportunidade*, com força, potência e velocidade (Buse, 2009). Estas ações explosivas são executadas principalmente com recurso ao metabolismo anaeróbio. Por outro lado, a manutenção do trabalho intermitente durante os combates, bem como os processos de recuperação durante os curtos períodos de intervalo, são mantidos principalmente pelo metabolismo aeróbio (Crisafulli et al., 2009). O metabolismo aeróbio é igualmente importante para a recuperação entre os combates (Crisafulli et al., 2009). Bridge et al., (2014), reportam na sua revisão sistemática sobre o perfil físico e fisiológico de atletas de Taekwondo, que durante os combates existe uma alta solicitação metabólica de ambas as vias (aeróbia e anaeróbia). No Karaté a capacidade aeróbia é necessária para prevenir a fadiga durante os treinos, durante as paragens ou intervalos na atividade decorrente dos combates, e nos intervalos entre as lutas consecutivas que compõem as provas (Ralph Beneke et al., 2004; Imamura et al., 1998). No entanto as ações decisivas dependem sobretudo da via de energia anaeróbia (Ralph Beneke et al., 2004). Franchini, de Moraes Bertuzzi, Takito, & Kiss (2009), reportam que os momentos explosivos no Judo são alimentados pelo metabolismo anaeróbio. No entanto a manutenção do trabalho intermitente realizado durante os combates, bem como a recuperação durante os pequenos intervalos são sobretudo alimentados pelo metabolismo aeróbio. Adicionalmente o sistema aeróbio é importante na recuperação entre os combates. Horswill et al. (1992) e Yoon (2002) reforçam que o perfil fisiológico de *wrestlers* de sucesso indica grande potência e capacidade anaeróbia, assim como capacidade aeróbia acima da média. Como resultado a Luta Olímpica moderna utiliza ambos os sistemas energéticos com diferentes níveis de intervenção (Callan et al., 2000; Mirzaei, Curby, Rahmani-Nia, & Moghadasi, 2009).

Sendo ambas as vias metabólicas (aeróbia e anaeróbia) importantes no processo dos atletas, a ilação retirada afere da necessidade de as conjugar em questões de tempo e carga na organização e planeamento dos treinos para que não haja qualquer tipo de comprometimento. Tomando como exemplo o  $VO_{2max}$ , Andreato (2010), reporta que no Jiu-Jitsu Brasileiro não existem exigências de valores acima de  $65 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ , nem indicações que acima desse valor possa haver vantagens para o atleta, uma vez que o treino concorrente poderá diminuir a capacidade de desenvolvimento de força e de potência.

Como limitação ao estudo poderemos ter a não diferenciação da amostra por categorias de peso. Diferenças de  $VO_{2max}$  entre grupos podem estar relacionadas com esta não diferenciação, bem como o tipo de treino usado pelos atletas. Esta sugestão é suportada pelo trabalho de Ghosh, Goswami, & Ahuja (1995), com pugilistas de elite Indianos, onde são reportados valores de  $VO_{2max}$  inferiores para as categorias de peso mais elevadas. No entanto, tal como acontece na maioria dos estudos, o número da amostra do presente estudo não é suficiente para fazer essa divisão. Outra limitação que poderemos apontar é o fato das metodologias não serem específicas de situações de combate, em consequência das dificuldades de medição neste tipo de modalidades.



# Capítulo V

## Estudo 3:

INTER-ASSOCIAÇÃO ENTRE TAMANHO CORPORAL E PARÂMETROS FISIOLÓGICOS: estudo da variação inter-individual do consumo máximo de oxigénio em modalidades de combate organizadas por categorias de peso





## 5. Estudo 3

---

**INTER-ASSOCIAÇÃO ENTRE TAMANHO CORPORAL E PARÂMETROS FISIOLÓGICOS:** estudo da variação inter-individual do consumo máximo de oxigénio em modalidades de combate organizadas por categorias de peso

### **ABSTRACT**

This study was aimed to examine inter-individual variability of  $VO_{2max}$  and using allometric scaling that explored concurrent whole-body and appendicular size descriptors in adult trained athletes from combat sports. The sample was composed by 59 male athletes (aged 18.1 to 38.8 years) from seven different combat sports. Body composition was derived from bioelectrical impedance, air-displacement plethysmography and dual energy X-ray absorptiometry. A maximal incremental running test on a motorized treadmill protocol was used to determine  $VO_{2max}$ . Through simple allometric models the fat free mass was the most relevant contributor to explained variance for  $VO_{2max}$  (69.1%;  $\beta=1.122$ ) and the adequate coefficient of body mass was 0.66 ( $VO_{2max}$ ). In multiplicative allometric models the most significant model emerged from the same combination (fat-free mass and lower limbs mass). In conclusion, our results suggest that the adequate indicator of body mass was 0.66 and for this reason, to relativize  $VO_{2max}$  by  $^{-1}$  could penalize athletes with different body dimensions. Fat-free mass and lower limbs mass showed to be the best descriptors in combined models

Keywords: allometry, simple allometric models, multiplicative allometric models, maximum oxygen consumption, combat sports.

### **RESUMO**

Este estudo teve como objetivo examinar a variabilidade interindividual do  $VO_{2max}$  usando técnicas de alometria para explorar o efeito de descritores de tamanho de corpo inteiro e apendiculares concorrentes em atletas adultos treinados de desportos de combate. A amostra foi composta por 59 atletas do sexo masculino (idades compreendidas entre os 18,1 e 38,8 anos) de sete modalidades de combate diferentes. A composição corporal foi obtida pela impedância bioelétrica, pela pletismografia de ar deslocado e pela absorciometria de raios-X de dupla energia. Uma prova de corrida progressiva máxima num protocolo realizado em passadeira rolante motorizado, foi utilizada para determinar  $VO_{2max}$ . Os modelos alométricos simples mostraram que a massa isenta de gordura foi o fator mais relevante para explicar a

variância para o  $VO_{2max}$  (69,1%;  $\beta = 1,122$ ) e o coeficiente alométrico para a massa corporal foi 0,66 ( $VO_{2max}$ ). O modelo alométrico multiplicativo, com maior poder explicativo resultou da combinação de variáveis (massa isenta de gordura e massa dos membros inferiores). Em conclusão, estes resultados sugerem que o indicador adequado de massa corporal foi de 0,66 e, por essa razão, relativizar o  $VO_{2max}$  para  $^{-1}$  poderia penalizar atletas com diferentes dimensões corporais. A massa isenta de gordura e a massa dos membros inferiores mostraram ser os melhores descritores em modelos combinados.

Palavras-chave: alometria, modelos alométricos simples, modelos alométricos múltiplos, consumo máximo de oxigénio, desportos de combate.

## 5.1. INTRODUÇÃO

Durante um teste de exercício progressivo, o consumo de oxigénio ( $VO_{2max}$ ) aumenta gradualmente até um momento em que apesar da intensidade imposta continuar a progredir o valor do consumo de  $O_2$  ( $VO_2$ ) mantêm-se. O valor máximo ( $VO_{2max}$ ) é considerado um marcador único relevante de aptidão aeróbica (Neil Armstrong, Welsman, & Kirby, 1998; Rowland, 2005). O consumo de oxigénio ventilado é diretamente afetado pelo tamanho do corpo e geralmente é expresso por unidade de massa corporal ( $mL \cdot min^{-1} \cdot kg^{-1}$ ), apesar das limitações teóricas e de modelação matemática. O rácio tradicional assume que o parâmetro fisiológico e o descritor de tamanho corporal são linearmente correlacionados o que, na realidade, é enganador (Tanner, 1949), penalizando indivíduos mais pesados (Jaric, Mirkov, & Markovic, 2005). Uma abordagem alternativa é oferecida pela alometria (Nevill & Holder, 1994). A modelação alométrica do consumo máximo de oxigénio tem sido usada em atletas jovens: basquetebol (Carvalho et al., 2013), hóquei em patins (Valente-dos-Santos et al., 2013), futebol (Valente-Dos-Santos et al., 2015), corredores de longa distância (Eisenmann, Pivarnik, & Malina, 2001); e também em adultos: rugby (Crewther, McGuigan, & Gill, 2011), atletas de *endurance* (Nevill et al., 2003). A literatura dedicada a atletas de desportos de combate, cujas competições são organizadas por categorias de peso (Hausen et al., 2018; Julio et al., 2017), ainda é mais escassa. Enquanto isso, a maioria dos estudos disponíveis utilizou a massa corporal como descritor de tamanho para obter modelos alométricos para o consumo de oxigénio (Chamari et al., 2005; Jensen, Johansen, & Secher, 2001; Valente-dos-Santos et al., 2013). Observe-se, no entanto, que o volume da coxa, derivado da antropometria, foi relatado como o principal preditor para explicar a variabilidade interindividual no  $VO_{2max}$ , entre jogadores de hóquei em patins adolescentes (Valente-dos-Santos et al., 2013).

O presente estudo pretende examinar a variabilidade interindividual dos resultados de consumo de oxigénio ( $VO_{2max}$ ) adotando modelos alométricos a partir de descritores concorrentes de corpo todo e também dos membros inferiores, numa amostra de atletas adultos de desportos de combate. Acredita-

se que a aproximação alométrica ofereça uma melhor compreensão da variação interindividual no consumo de oxigénio respiratório.

## **5.2. METODOLOGIA**

### 5.2.1. Procedimentos

A presente pesquisa foi aprovada pelo Conselho Científico da Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra. A participação foi voluntária. Os participantes foram informados sobre os objetivos e natureza do estudo, podendo retirar-se do mesmo a qualquer momento. O consentimento, por escrito, foi obtido antes de iniciar a recolha de dados.

### 5.2.2. Amostra

A amostra incluiu 59 atletas masculinos de sete desportos de combate (Kickboxing, n = 10; Jiu-jitsu brasileiro, n = 10; Judo, n = 10; Boxe, n = 10; Taekwondo, n = 5; Karaté, n = 9 e Luta Olímpica, n = 5) com idades entre 18,1 e 38,8 anos. Todos os participantes treinaram em clubes sob a supervisão de um técnico certificado e foram inscritos oficialmente nas respetivas federações nacionais. Possuem pelo menos três anos de prática desportiva e quatro unidades de treino semanal.

### 5.2.3. Antropometria

Todas as medições foram realizadas por um único técnico treinado. A estatura foi medida com precisão de 0,1 cm usando um estadiómetro Harpenden (modelo 98.603, Holtain Ltd., Crosswell, UK) e a massa corporal foi medida com precisão de 0,1 kg usando uma balança SECA (modelo 770, Hanover, Md., EUA). Tratando-se de procedimento coincidente para os estudos precedentes ao presente, no alinhamento da tese doutoral.

### 5.2.4. Bioimpedância

O protocolo foi realizado no início da manhã seguindo as recomendações do fabricante (BIA Analyzer System 101, Akern, Florença, Itália) para determinar a resistência ( $R_z$ ) e a reatância ( $X_c$ ). O equipamento tem sido usado regularmente na literatura científica (Curran-Everett, 2013; Girón et al.,

2009; Papazoglou et al., 2006). Foi possível estimar o conteúdo total de água corporal (software Bodygram PRO), tendo o capítulo 2 da presente tese doutoral enunciado estudos da literatura que usaram o mesmo procedimento.

#### 5.2.5. Pletismografia de ar deslocado

O volume corporal foi derivado da pletismografia de ar deslocado (Bod Pod Composition System, modelo Bod Pod 2006, Life Measurement, Inc., Concord, CA, EUA). Antes de cada tentativa, foi realizado um procedimento de calibração de dois pontos usando um cilindro de 50,255 litros, seguindo as instruções do fabricante. Os participantes usaram roupa interior de licra e uma touca de natação, como recomendado. Sentaram-se na câmara enquanto o volume corporal bruto era medido até que dois valores consecutivos dentro de 150 mL fossem obtidos para cada sujeito. A densidade corporal corresponde à massa corporal (g) dividida pelo volume corporal (cm<sup>3</sup>) após a correção do volume de gás torácico estimado. A percentagem de massa gorda foi estimada usando uma equação específica para adultos para indivíduos com peso normal (Siri, 1961) e a massa livre de gordura foi subsequentemente calculada. Tal como descrito na metodologia do capítulo 2 da presente tese doutoral, esta tecnologia foi utilizada pelo presente grupo de pesquisa, tendo sido detalhadas as respetivas referências.

#### 5.2.6. Absorciometria por raios-X de dupla energia (DXA)

Absorciometria (Lunar DPX-PRO fan-beam) foi usada para avaliar a área óssea total, conteúdo mineral ósseo (CMO), massa gorda e tecido magro para todo o corpo, abaixo da cabeça e segmentos (membros superiores, tronco, membros inferiores). Para o corpo e também para suas partes, a densidade mineral óssea (DMO) foi calculada a partir da área óssea e do CMO. Todas as medições foram realizadas no mesmo laboratório por um único técnico, incluindo procedimentos de calibração usados no dia-a-dia, usando o *Lunar phantom*. O mesmo técnico certificado extraiu os dados individuais usando o mesmo *software* (software Lunar Encore, versão 13.6). O presente grupo de pesquisa, em que se inclui o autor da presente tese doutoral, publicou um estudo em que se discute a qualidade dos dados atinentes à utilização da absorciometria, tendo sido devidamente referenciada a referência bibliográfica.

#### 5.2.7. Composição corporal

Além da estimativa da água corporal total (ACT) por impedância bioelétrica, volume corporal (VC) avaliado por pletismografia de ar deslocado, o conteúdo mineral corporal foi obtido pela multiplicação

do conteúdo mineral ósseo (obtido de DXA) por 1,2741 (Brozek et al., 1963). A seguinte equação de 4 compartimentos foi usada para estimar a percentagem de massa gorda (Heymsfield et al., 1997):

**Equação 1:**

$$\text{Massa gorda} = 2.75 \times \text{VC} - 0.714 \times \text{ACT} + 1.148 \times \text{mineral} - 2.05 \times \text{MC}$$

Legenda: VC (volume corporal), ACT (água corporal total), MC (massa corporal)

5.2.8. Aptidão aeróbia

Os *outputs* de consumo de oxigénio ( $\text{VO}_{2\text{max}}$ ) foram obtidos a partir de um teste de corrida progressiva numa passadeira motorizada (Quasar, HP Cosmos, Alemanha). O ar ambiente foi medido antes de cada sessão de testes, usando uma estação digital portátil de medição atmosférica (Oregon Scientific, Modelo BAR913HGA, Tualatin, EUA). As concentrações de  $\text{O}_2$  e  $\text{CO}_2$  e o fluxo foram medidos respiração a respiração usando uma placa metabólica automática (Quark CPED, Cosmed, Itália). O fluxo e o volume foram calibrados antes de cada teste individual usando uma seringa com capacidade para 3 litros (Hans Rudolph, Kansas City, MO). Os sensores de  $\text{CO}_2$  e  $\text{O}_2$  foram calibrados para ar ambiente e de concentrações conhecidas de gás (Cosmed, UN1956, 560L, 2200 psig, 70 ° F): 12,01% e 5% para  $\text{O}_2$  e  $\text{CO}_2$ , respetivamente. O teste iniciou aos 8  $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$  com incrementos subsequentes de 1  $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$  a cada minuto até a exaustão (Cottin et al., 2006; Wasserman, Whipp, Koyl, & Beaver, 1973) com a inclinação mantida em 2% para todo o teste. A frequência cardíaca foi medida batimento a batimento durante todo o teste com um monitor de frequência cardíaca (RS800CX, Polar, Finlândia). O  $\text{VO}_{2\text{max}}$  correspondeu à média mais elevada de dois períodos de 30 segundos adjacentes. A obtenção do  $\text{VO}_{2\text{max}}$  foi confirmada quando o atleta apresentava exaustão expressa por um “plateau” ( $\leq 2,0 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ), apesar de um incremento na intensidade do exercício (Taylor, Buskirk, & Henschel, 1955). Além disso, foram verificados os seguintes critérios: taxa de trocas respiratórias ( $\text{RER}$ ) > 1,10; valor de frequência cardíaca mais alto acima de 90% da frequência cardíaca máxima prevista para a idade ( $208 - 0,7 \times \text{idade}$ , conforme sugerido por (Tanaka, Monahan, & Seals, 2001). Dois pesquisadores independentes analisaram cegamente os gráficos de dados. Para o  $\text{VO}_{2\text{max}}$ , o coeficiente de fiabilidade (R) foi 1,00. A correlação intra-classe foi 1,00.

5.2.9. Análise estatística

A estatística descritiva foi calculada para a amostra total e para cada variável: média (valor, erro padrão da média, intervalo de confiança de 95% da média) e desvio padrão. O teste de *Kolmogorov-Smirnov* foi usado para examinar a normalidade. A correlação de *Pearson* foi calculada com coeficiente o grau

de associação entre os descritores de tamanho corporal (estatura, massa corporal, massa isenta de gordura e massa dos membros inferiores) e o  $VO_{2max}$ . Quando a magnitude da correlação entre descritores de tamanho de corpo e *outputs* de consumo de oxigênio era grande ou muito grande, modelos alométricos simples foram explorados como indicado na Equação 2. Para cada variável fisiológica foram explorados quatro descritores de tamanho (marcados como “X” na equação). Os valores de “a” e “k” foram derivados de regressões lineares das transformações logarítmicas, conforme resumido na Equação 3. A validação de cada modelo alométrico foi examinada pela inspeção da associação entre variáveis fisiológicas escaladas e o respectivo descritor de tamanho. Posteriormente, foi realizada uma regressão linear múltipla no Log ( $VO_2$ ) baseada na alometria proporcional (Nevill & Holder, 1994), visando incorporar mais do que um descritor de tamanho de corpo (Equação 4) da respectiva transformação logarítmica (Equação 5).

**Equação 2:**

$$VO_2 = a \cdot X^k \cdot \text{erro}$$

**Equação 3:**

$$\text{Log}(VO_2) = \text{Log}(a) + k \cdot \text{Log}(X) + \text{Log}(\text{erro})$$

**Equação 4:**

$$VO_2 = X_1^{k_1} \cdot X_2^{k_2} \cdot \text{erro}$$

**Equação 5:**

$$\text{Log}(VO_2) = k_1 \cdot \text{Log}(X_1) + k_2 \cdot \text{Log}(X_2) + \text{Log}(\text{erro})$$

A magnitude das correlações foi interpretada da seguinte forma (Hopkins, 2000): trivial ( $r < 0,1$ ), pequena ( $0,1 < r < 0,3$ ), moderada ( $0,3 < r < 0,5$ ), grande ( $0,5 < r < 0,7$ ), muito grande ( $0,7 < r < 0,9$ ) e quase perfeita ( $r < 0,9$ ). O coeficiente de determinação  $R^2$  fornece uma indicação da variância explicada alcançada pelas variáveis independentes para cada modelo. A significância estatística foi estabelecida em 5%. Todas as análises foram realizadas usando o *software* IBM versão 24.0 (SPSS Inc, Company, New York).

### 5.3. RESULTADOS

A Tabela 5.1 resume a estatística descritiva da antropometria, incluindo composição corporal, anos de treino e parâmetros derivados do teste incremental em tapete rolante. Entre os descritores de tamanho, a massa dos membros inferiores não se ajustou aos pressupostos da distribuição normal. A Tabela 5.2 apresenta o coeficiente de correlação e respectivos intervalos de confiança de 95% entre quatro descritores de tamanho e variáveis de desempenho. A magnitude dos coeficientes de correlação foi sempre grande, exceto para massa total isenta de gordura, que emergiu como o descritor mais proeminente para as três variáveis dependentes (ver Figura 1):  $r = 0,822$  (IC 95%: 0,717 a 0,784) para o  $VO_{2max}$ . Os expoentes alométricos para a estatura, massa corporal, massa isenta de gordura e massa dos membros inferiores para os modelos simples são apresentados na Tabela 5.3 e na Figura 2. Os dados sugerem uma relação linear entre massa isenta de gordura e parâmetros ventilatórios:  $VO_{2max}$  ( $\beta = 1,122$ , IC 95%: 0,923 a 1,320). Este descritor de tamanho de corpo inteiro é um preditor mais potente para explicar a variância interindividual ( $VO_{2max}$ : 69,1%). Para os outros descritores de tamanho, os expoentes  $\beta$  parecem similares para a massa corporal:  $\beta 0,662$  ( $VO_{2max}$ ). Todos os modelos alométricos simples estabeleceram um coeficiente de correlação trivial com respectivos descritores de tamanho, sugerindo que os modelos obtidos foram uma solução matemática eficaz. Modelos alométricos multiplicativos envolvendo cada descritor de tamanho de corpo inteiro individual (estatura, massa corporal, massa livre de gordura) combinados com o preditor apendicular (massa dos membros inferiores) foram obtidos e estão resumidos na Tabela 5.4. Para as outras duas variáveis dependentes, o modelo único e significativo emergiu da mesma combinação (massa isenta de gordura e massa dos membros inferiores), embora a variação explicada tenha sido apenas ligeiramente maior que as percentagens obtidas nos modelos alométricos simples.

**Tabela 5.1.** Estatística descritiva para a idade cronológica, anos de treino, estatura, massa corporal, indicadores de composição corporal e parâmetros fisiológicos derivados do protocolo de corrida para o total da amostra (n = 59) e testes de normalidade (Kolmogorov-Smirnov)

Variável	Unidade	Descritivo					Desvio padrão	Normalidade	
		valor	SEM	Média		Valor K-S		p	
				intervalos de confiança a 95%					
				inferior	superior				
Idade cronológica	Anos	24,3	0,62	23,0	25,5	4,8	0,114	0,06	
Anos de treino	Anos	8,9	0,8	7,4	10,5	5,9	0,170	<0,01	
Estatura	Cm	174,0	0,9	172,2	175,8	7,0	0,067	0,20	
Massa corporal	Kg	74,2	1,6	71,0	77,4	12,3	0,105	0,10	
Volume corporal	L	69,4	1,6	66,2	72,6	12,4	0,110	0,08	
Água corporal total	L	45,5	0,9	43,7	47,4	7,0	0,101	0,20	
CMO corpo inteiro	G	3459	68	3323	3595	523	0,058	0,20	
4-c massa gorda	%	11,7	0,8	10,2	13,3	5,8	0,246	<0,01	
	Kg	9,2	0,8	7,5	11,0	6,6	0,264	<0,01	
4-c massa isenta de gordura	Kg	64,8	1,0	62,8	66,8	7,6	0,075	0,20	
Massa dos membros inferiores	Kg	25,6	0,7	24,2	26,9	5,3	0,125	0,02	
VO <sub>2</sub> max									
VO <sub>2</sub>	L.min <sup>-1</sup>	4,052	0,080	3,891	4,213	0,616	0,085	0,20	
Frequência cardíaca	Bpm	184	1	182	186	10	0,110	0,07	
RER		1,16	0,01	1,15	1,18	0,06	0,102	0,20	
Velocidade	km.h <sup>-1</sup>	16,4	0,2	16,2	17,1	1,8	0,176	<0,01	

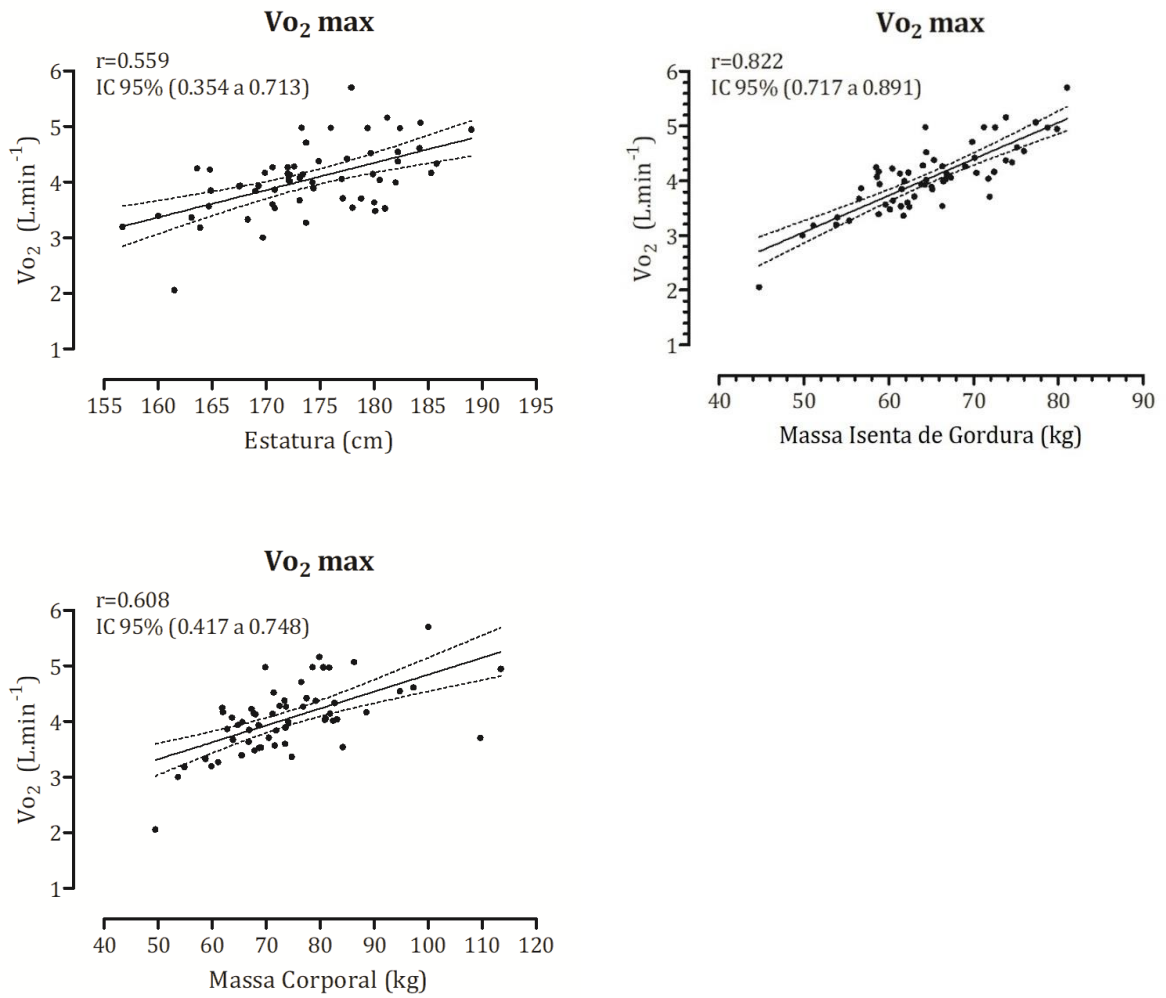
SEM (erro padrão da média); 4c (4 compartimentos); CMO (conteúdo mineral ósseo); VO<sub>2</sub> (consumo de oxigénio), bpm (batimentos por minuto), RER (rácio de trocas respiratórias).



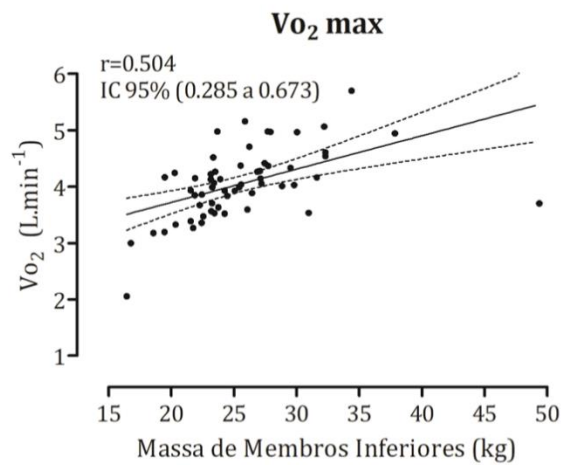
**Tabela 5.2.** Correlação bivariada entre descritores de tamanho e parâmetros ventilatórios

Xi (descritores de tamanho)	Yi: VO <sub>2max</sub>		
	R	(IC 95%)	(magnitude)
Estatura (cm)	0,559	(0,372 a 0,694)	(grande)
Massa corporal (kg)	0,612	(0,417 a 0,748)	(grande)
4c- MIG (kg)	0,822	(0,717 a 0,784)	(muito grande)
Massa membros inferiores (kg)	0,504	(0,210 a 0,790)	(grande)

4c- (modelo de 4 compartimentos); MIG (massa isenta de gordura); r (coeficiente de correlação); IC 95% (intervalos de confiança a 95%).



**Figura 5.1.** Correlações bivariadas entre os outputs do  $VO_{2\max}$  e os descritores de tamanho corporal de corpo inteiro



**Figura 5.2.** Correlações bivariadas entre o  $VO_{2\max}$  e os descritores de tamanho corporal apendicular

**Tabela 5.3.** Modelos alométricos simples para as variáveis fisiológicas obtidas a partir da combinação de cada um dos descritores de tamanho do corpo inteiro com a massa dos membros inferiores

		log (Y <sub>i</sub> ) = log a <sub>i</sub> + k <sub>i</sub> . log (X <sub>i</sub> ) + log (erro)							Correlação (X <sub>i</sub> , Y <sub>i</sub> /X <sub>i</sub> <sup>k</sup> )		
Y <sub>i</sub> : output	X <sub>i</sub> : descritor de tamanho	constante		Coeficiente alométrico		Resumo do modelo			r	(IC 95%)	magnitude
		Valor	p	k <sub>i</sub>	(IC 95%)	R	SEE	R <sup>2</sup>			
VO <sub>2max</sub>	Estatura	-1,373	0,163	2,221	(1,353 to 3,089)	0,561	0,058	0,315	0,032	(-0,233 to 0,297)	(trivial)
	Massa corporal	2,367	<0,01	0,662	(0,453 to 0,858)	0,654	0,053	0,427	-0,054	(-0,306 to 0,205)	(trivial)
	4-c MIG	1,574	<0,01	1,122	(0,923 to 1,320)	0,831*	0,039	0,691	-0,035	(-0,289 to 0,223)	(trivial)
	Massa MI	2,894	<0,01	0,506	(0,323 to 0,689)	0,592	0,057	0,350	-0,074	(-0,324 to 0,186)	(trivial)

4-c (modelo de 4 compartimentos); MIG (massa isenta de gordura); MI (membros inferiores); R (coeficiente de correlação múltipla); SEE (padrão de estimativa do erro); R2 (variância interindividual explicada); r (coeficiente de correlação); IC 95% (intervalo de confiança a 95%).

**Tabela 5.4.** Modelos alométricos multiplicativos para as variáveis fisiológicas combinando descritores de corpo inteiro com o preditor apendicular para a amostra total (n=59)

$\log(Y_i) = k_1 \cdot \log(X_i) + k_2 \cdot \log(X_2) + \log(\text{erro})$										
Yi: variável fisiológica	Descritores					Resumo do modelo				
	Xi	descritor de corpo inteiro		X <sub>2</sub> : descritor apendicular			multiplicativo		simples (1)	
		B		B			R	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>	R	(1-2)
		Valor	95%CI	Valor	95%CI					
VO <sub>2max</sub>	Estatura	1,164	(0,036 to 2,292)	0,334	(0,090 to 0,577)		0,630	0,375	0,561	+0,069
	4-c MIG	1,635	(1,282 to 1,987)	-0,380	(-0,603 to -0,157)		0,863	0,735	0,839	+0,024

VO<sub>2max</sub>; IC 95% (intervalo de confiança a 95%); 4-c (modelo de 4 compartimentos); MIG (massa isenta de gordura); (1) Coeficiente obtido da Tabela 5.3.

## 5.4. DISCUSSÃO

Os desportos de combate agrupam os praticantes por categorias de peso. O presente estudo investigou a contribuição de diferentes descritores de tamanho para normalizar os valores de  $VO_{2max}$  em atletas adultos de desportos de combate. Foi possível obter modelos alométricos significativos para estatura, massa corporal total, massa isenta de gordura e massa dos membros inferiores. A massa isenta de gordura emergiu como o preditor mais relevante para explicar a variância interindividual. Os modelos alométricos multiplicativos combinando massa isenta de gordura e massa dos membros inferiores foram as soluções mais relevantes para explicar a variância interindividual para parâmetros ventilatórios, embora a variância explicada não tenha sido substancialmente diferente da abordagem de modelos simples (variância explicada em modelos multiplicativos foi de 73,5% para o  $VO_{2max}$ ). Estes resultados corroboram as limitações da rácio tradicional ( $mL \cdot min^{-1} \cdot kg^{-1}$ ), para obter expressões livres do tamanho original no que diz respeito ao consumo de oxigénio (Nevill, Bate, & Holder, 2005; Valente-Dos-Santos et al., 2015; Valente-dos-Santos et al., 2013).

Curiosamente, o expoente “b” obtido para massa corporal foi consistentemente próximo de 0,66. A função de potência de  $\frac{2}{3}$  foi repetidamente apresentada na literatura como apropriada para a expressão do consumo de oxigénio (Armstrong, Welsman, Nevill, & Kirby, 1999; Cunha et al., 2011) e pareceu generalizada para os desportos de combate. No presente estudo, a massa isenta de gordura foi o descritor de tamanho mais eficaz para explicar o desempenho, parecendo estabelecer uma relação linear com este parâmetro ventilatório. Embora as variáveis fisiológicas do presente estudo tenham sido derivadas de um protocolo de corrida máxima (distinto do padrão de movimentos dos desportos de combate), a massa dos membros inferiores produziu os coeficientes alométricos mais pronunciados e combinada com a massa livre de gordura produziu a solução multiplicativa mais eficaz para explicar o  $VO_{2max}$  em desportos de combate.

Finalmente, o presente estudo tem várias implicações práticas. A relação do  $VO_{2max}$  por unidade de massa corporal em atletas de combate parece ser inadequada. As ações de controlo de peso para encaminhar atletas em determinadas categorias de peso inferiores ao seu estado habitual não devem assumir uma relação linear entre a variação da massa corporal e mudanças no desempenho sendo os efeitos deletérios bastante acentuados. Os modelos alométricos combinados mostram a importância da massa dos membros inferiores (elasticidade) como variável capaz de mitigar os efeitos associados à perda de massa corporal total, dado que por cada Kg de perda de massa corporal total, o efeito prejudicial na performance pode ser minimizado com um aumento inferior de unidade de massa corporal localizada nos membros inferiores, sendo esta uma

aplicação prática que importa igualmente estudar nas vias metabólicas de curta duração e também em provas que avaliem fatores neuromusculares de aptidão física como seja força.



# **Capítulo VI**

## **Discussão Geral e Conclusões**





## 6. Discussão Geral e Conclusões

---

Neste capítulo, pretendeu-se rever e acrescentar tópicos relativos aos 3 estudos que integram esta tese doutoral, com uma sequência lógica e pormenorizada, acabando com um breve texto das conclusões gerais da tese.

### **6.1. Composição corporal e perda de peso súbita em desportos de combate**

Desde tempos antigos, que se tem acreditado que ter um físico adequado é importante para alcançar o sucesso em determinados desportos (Powers & Howley, 1997). No campo da performance a composição corporal é um fator chave, principalmente em desportos estéticos, gravitacionais ou neste caso específico, os desportos de combate que são divididos por categorias de peso (Ackland et al., 2012).

A preocupação com a massa corporal é uma constante dos atletas de desportos de combate e respetivas equipas técnicas (Perón et al., 2009), para conseguir colocar o atleta na categoria de peso mais favorável ao nível de aptidão dos atletas que intuitivamente assumem uma relação de proporcionalidade geométrica entre o tamanho e a aptidão física. A suposição empírica que advém desta estratégia de diminuição da massa corporal, baseia-se na premissa de que os atletas, perdendo massa corporal, enfrentarão adversários mais leves e fracos (Artioli, Franchini, & Lancha Junior, 2006). Embora exista uma preocupação em reduzir ao máximo a massa gorda, neste processo, os atletas entram num défice calórico elevado, levando também à perda de massa corporal através de outros importantes componentes. É comum uma redução de 5% da massa corporal na semana anterior à competição (Artioli et al., 2006, 2010; Boguszewski et al., 2012), apesar de existirem vários casos preocupantes, como por exemplo, o de um lutador que reduziu a sua massa corporal em 18,1% (Szygula, 2006, citado por Boguszewski et al., 2012), ou o de um lutador olímpico Inglês da categoria de 75 kg que acusou 74,9 kg na pesagem oficial e que 24h depois da mesma já tinha 84kg, registando-se um incremento de 12,1% (Smith, 2006). Estes procedimentos alcançam a eficácia de perda ponderal sobretudo á custa da componente de água.

Esta prática começa a ser utilizada de forma precoce e geralmente durante a puberdade, o que pode afetar o crescimento e desenvolvimento dos jovens praticantes (Roemmich & Sinning, 1996).

Adicionalmente, é comum a restrição severa de líquidos, uso de agasalhos plásticos, restrição ou jejum no dia anterior a pesagem, indução de vômito, uso de pilulas dietéticas, uso de laxantes e diuréticos (Artioli et al., 2011).

Em 1998, três atletas de Luta Olímpica perderam a vida, devido à desidratação extrema, na tentativa de alcançar uma categoria de massa corporal inferior ao seu peso natural (CDC, 1998) e um atleta de judo sul-coreano (Chung Se-Hoon) teve o mesmo trágico fim na sua preparação para os Jogos Olímpicos de Atalanta em 1996.

Nalgumas das provas destas modalidades as pesagens são no dia anterior à competição, permitindo aos atletas se apresentarem na competição com uma grande diferença de peso relativamente ao dia da pesagem oficial. Num estudo de caso, com um atleta de boxe profissional, o mesmo apresentou 68,3kg na primeira avaliação, com o objetivo de combater na categoria de -59kg. No dia da pesagem o atleta admite ter sido a primeira vez na sua carreira que conseguiu comer e beber algo no dia da pesagem (uma barra de cereais e 300mL de água), conseguindo ainda assim obter o peso corporal desejado (58,9kg), sem qualquer tipo de desidratação aguda. Nas 30 horas seguintes, entre a pesagem e o combate, o atleta consumiu uma dieta composta por cerca de 12g/kg de hidratos de carbono, juntamente com estratégias de hidratação apropriadas para maximizar as reservas de hidratos de carbono. No dia do combate apresentou-se com 63,2kg, sem quaisquer sintomas de desconforto gastrointestinal (Morton et al., 2010). Esta intervenção com profissionais competentes e qualificados para o efeito, é um bom exemplo de como a perda de peso deveria ser realizada.

Jetton et al. (2013), avaliaram 40 lutadores de MMA, observando uma redução de 4,4% da sua massa corporal, embora esta voltasse ao seu valor “normal” nas 22 horas seguintes à pesagem oficial, tendo em conta que estas eram realizadas 24 horas antes dos combates. Este fenómeno de perder e ganhar peso é chamado de *weight-cycling* e é um processo que acarreta inúmeros riscos para a saúde quando usado de forma regular, como disfunções do sistema cardiovascular e interrupção temporária do crescimento (Mccargar & Crawford, 1992).

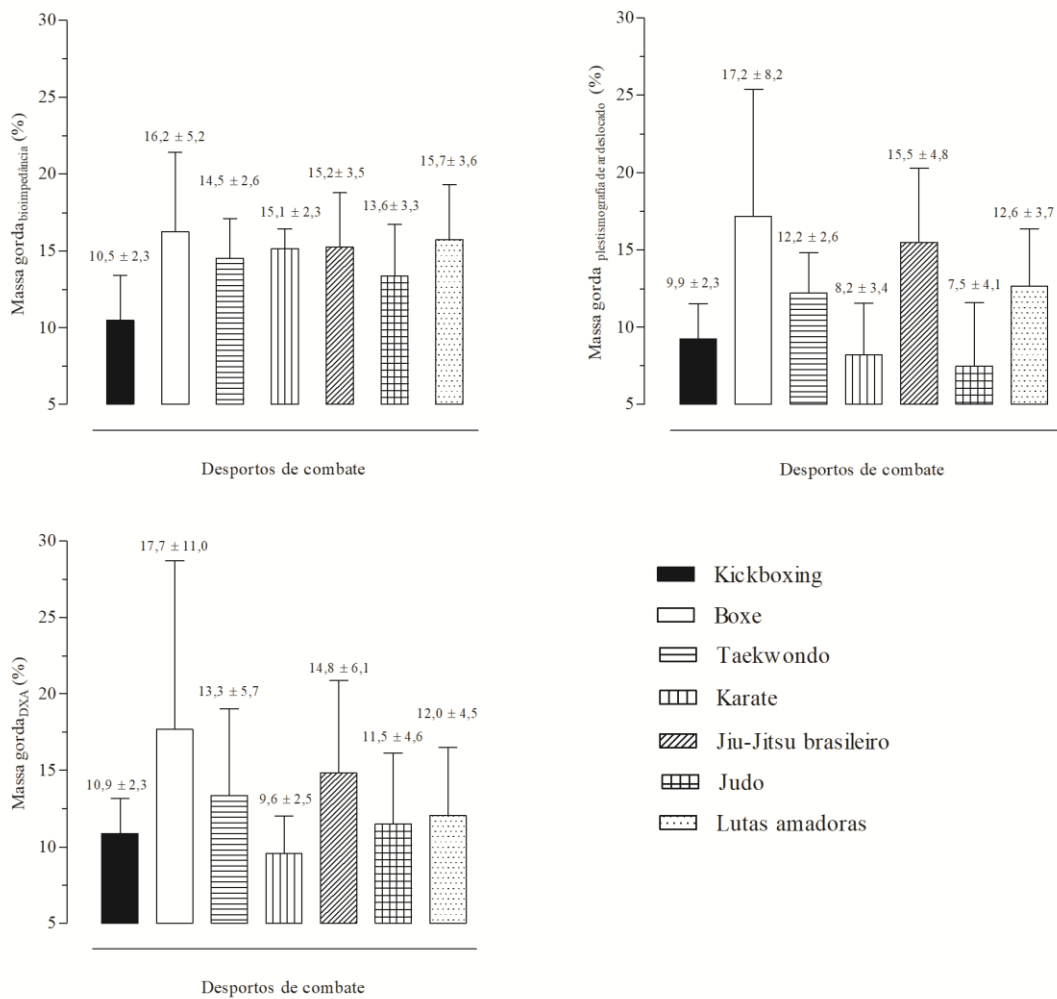
Mesmo em competições com pesagem no próprio dia, é comum a perda de peso por desidratação. Smith (2006) reporta dados de osmolaridade urinária de 12 atletas da seleção olímpica de Boxe que participaram em dois torneios internacionais. Na primeira competição, apenas os atletas de 67 kg e 91 kg alcançaram algum período de equilíbrio hidroeletrólítico, mas nenhum deles alcançou o pódio. Dos 10 restantes atletas, todos apresentaram pelo menos uma amostra superior a 1000 mOsm.kg<sup>-1</sup>, sendo que três dos seis medalhados apresentaram valor superior a 1200 mOsm.kg<sup>-1</sup>, como foi o caso do atleta que venceu a medalha de ouro na categoria

de 81 kg. Na segunda competição, apenas o atleta da categoria de pesos pesados demonstrou algum período de equilíbrio hidroeletrólítico, mas não foi medalhado. Nas restantes 11 categorias, todos os atletas apresentaram valor superior a  $1000 \text{ mOsm.kg}^{-1}$ , dos quais sete alcançaram o pódio.

Zatsiorsky & Kraemer (2006) aconselham que para uma redução da massa corporal ser realizada de forma adequada, esta não poderá ser maior do que 1 kg semanal para atletas de nível razoável ou 2,5 kg por semana para atletas de elite. Ambos concordam que uma redução extrema da massa corporal poderá ser prejudicial para a performance e ainda perigosa para a saúde. É necessário também ter em conta o tempo de recuperação após a pesagem sempre que se pretenda elaborar uma estratégia de controlo da massa corporal dos atletas, um fator essencial para não afetar o desempenho dos mesmos durante a competição (Artioli et al., 2011).

Artioli et al. (2016), consideram que a perda súbita de peso deveria ser considerado um método de *doping*, tendo em conta alguns pontos emitidos pela WADA (*World Anti-Doping Agency*), nomeadamente que possa ser considerado doping: (i) substâncias e tecnologias que visem a melhoria do desempenho; (ii) exponham os atletas a riscos desnecessários para a sua saúde; (iii) violem o espírito desportivo, conhecido por *fair-play*. São propostas pelo mesmo autor seis regras básicas para o controlo do peso dos atletas e prevenção dos efeitos negativos da perda repentina: 1 – o combate começar não mais que uma hora após a pesagem; 2 – cada atleta poder pesar-se apenas uma vez; 3 – métodos de perda de peso rápido e reidratação artificial serem proibidos nos dias da competição; 4 – os atletas terem de passar nos testes de hidratação para que a sua pesagem seja considerada válida; 5 – o peso mínimo competitivo de cada individuo ser determinado no início de cada época; 6 – a nenhum atleta ser permitido competir numa categoria de peso que requeira uma perda superior a 1,5 % da massa corporal por semana.

Na Figura 6.1 é possível obter os valores de massa gorda em percentagem, divididos por todas as modalidades que compõem os dois grupos estudados nesta tese doutoral (percussão vs. prensão) e nas três metodologias de avaliação usadas.



**Figura 6.1.** Resultados da percentagem de massa gorda, pelas diferentes modalidades de combate e metodologias de avaliação

É possível verificar que no Boxe os atletas apresentam níveis de massa gorda mais elevados, no entanto esta era a modalidade que apresentava atletas das categorias mais pesadas, podendo aqui existir algum fator de confusão. Além disso o espaço temporal a que os atletas estavam das competições é também um fator importante a ter em conta, tendo em atenção que a maioria dos atletas destas modalidades se apresentam com uma massa corporal acima daquela em que competem, perdendo o excedente próximo à competição, tal como foi possível verificar na revisão da literatura referente à perda de peso súbita e fenómeno do *weight-cycling*, comum nestas modalidades.

Seria interessante fazer um estudo longitudinal que observasse as mudanças na composição corporal dos atletas ao longo da época desportiva, bem como ao longo dos anos, de forma a verificar as possíveis alterações no metabolismo que poderão ocorrer com estas mudanças bruscas na composição corporal.

## **6.2. Desportos de combate e saúde óssea**

Embora a determinação da massa gorda seja essencial, muitos treinadores e investigadores olham para a determinação de outras componentes da massa corporal como igualmente importantes para a performance (Ackland et al., 2012). A absorciometria de raios-X de dupla energia (DXA) é considerada uma metodologia precisa para a avaliação da densidade mineral óssea (DMO) (Morgan & Prater, 2017). A DMO é usada como um marcador indireto de osteoporose e risco de fratura, já que estatisticamente existe uma associação entre uma pobre DMO e alta probabilidade de fratura (Multani et al., 2011).

Os atletas altamente treinados apresentam maiores níveis de DMO do que indivíduos sedentários da mesma idade (Block et al., 1989; Elloumi, Courteix, Sellami, Tabka, & Lac, 2006). Além disso, desportos com impacto são mais osteogénicos do que desportos sem contacto ou praticados em ambientes com falta de gravidade, como a água (Dias Quiterio et al., 2011; Lima, De Falco, Baima, Carazzato, & Pereira, 2001). A massa óssea de atletas de endurance tende a ser inferior aquela que é encontrada em atletas de outros desportos (Scofield & Hecht, 2012), principalmente desportos de potência como os desportos de combate, considerados desportos “pesados” para a saúde óssea (Hinrichs et al., 2010; Platen et al., 2001).

Desportos praticados em ambientes com pouco impacto mecânico como a natação e o ciclismo, não tendem a produzir um efeito adaptativo positivo no tecido ósseo, enquanto outros tipos de exercício como andar ou correr poderão ter apenas efeitos positivos limitados (Guadalupe-Grau et al., 2009; Multani et al., 2011). A corrida, por exemplo, é associada a efeitos osteogénicos positivos em sítios específicos de impacto como os membros inferiores (Hinrichs et al., 2010), já que estudos prévios indicam que as respostas osteogénicas ao treino advêm desses mesmos sítios específicos de impacto, no entanto, se as distâncias forem muito longas os efeitos da saúde óssea podem ser prejudiciais (Kerschan-Schindl et al., 2009). Num estudo recente, com atletas de elite quenianos e controlos, foram apresentados os *Z-scores* para a coluna lombar, cabeça do fémur e colo do fémur, tendo 40% dos corredores apresentado um *Z-score* para a coluna lombar abaixo de -2,0, valor indicativo de baixa DMO para a idade, de acordo com as *guidelines* da Sociedade Internacional para a Densitometria Clínica (Tam, Santos-Concejero, Tucker, Lamberts, & Micklesfield, 2017). Também atletas de ciclismo não demonstram efeitos positivos na saúde óssea, especialmente na zona lombar, com alguns casos a demonstrarem efeitos negativos (Multani et al., 2011). Já havia sido reportado na literatura, que atletas de desportos de endurance, apresentassem valores mais baixos de DMO, comparativamente a desportos de combate (Hinrichs et al., 2010; Platen et al., 2001).

Os resultados de um estudo com nadadores adolescentes, envolvidos em competições regionais e nacionais, após considerar o efeito dos fatores de confusão, como a idade, maturação biológica, vitamina D e inflamação, demonstraram que os nadadores tinham menos DMO que o grupo de controlo no corpo inteiro, membros superiores e inferiores (Agostinete et al., 2017).

Em atletas de Judo, as alterações no balanço metabólico ósseo associado ao fenómeno do *weight-cycling*, são compensadas pelo aumento da formação óssea conseguida através do treino de Judo, sugerindo que o estímulo osteogénico alcançado, poderá prevenir a perda de massa óssea associada à perda de peso aguda (Prouteau, Pelle, Collomp, Benhamou, & Courteix, 2006). Mesmo em dançarinas, que têm diariamente uma ingestão calórica baixa é observada uma DMO normal, sugerindo que os impactos dos movimentos da Dança, como saltar, girar, torcer, aplicam um stress mecânico ósseo suficiente para a manutenção da DMO, sem qualquer tipo de interferência do aporte calórico (Lim, Chai, Song, Seo, & Kim, 2015). Numa recente investigação com 285 jovens universitárias, nenhuma correlação foi encontrada entre a massa óssea e as seguintes vitaminas e minerais: cálcio, magnésio, fósforo e vitaminas D e K (Tachi et al., 2017).

O melhor período para aquisição da massa óssea é durante os anos pré e peripubertários, estado de crescimento onde o esqueleto é mais recetivo ao exercício (Schwarz, Courteix, & Karlsson, 2006). O pico de massa óssea é a quantidade de tecido ósseo presente no final da maturação esquelética (Schwarz et al., 2006) e dependendo da parte óssea, ela ocorre por volta da terceira década da vida (Baxter-Jones, Faulkner, Forwood, Mirwald, & Bailey, 2011). Apesar do pico acontecer nessa altura, é possível atingir ganhos na DMO após esse período, com a prática de exercício físico (Gustavsson, Thorsen, & Nordström, 2003).

Os resultados do presente estudo vêm reforçar o que está descrito na literatura, demonstrando que desportos com impacto, como os desportos de combate, são mais osteogénicos que desportos sem impacto ou praticados em ambientes com menos gravidade. Os resultados demonstraram ainda maiores valores de DMO nos desportos de preensão, relativamente aos de percussão. O mesmo já tinha sido demonstrado com duas modalidades, Judo (preensão) e Karaté (percussão), com os atletas de ambas as modalidades a apresentarem maiores valores de DMO que não atletas da mesma idade, (Andreoli & Monteleone, 2001).

Num recente *position-stand* do Colégio Americano de Medicina Desportiva (ACSM) relativamente à massa óssea (Kohrt, Bloomfield, Little, Nelson, & Yingling, 2017), os autores esclareceram que durante a vida adulta o principal objetivo da atividade física deverá ser a manutenção da massa óssea, combinando atividades de endurance com impacto com treino de força. Os resultados do presente estudo vêm demonstrar que os desportos de combate poderão ser

um tipo de exercício físico ótimo para este fim. Torna-se necessário a realização de estudos longitudinais para verificar as alterações no tecido ósseo desde a infância à idade adulta, em atletas de desportos de combate. Seria ainda ótimo observar resultados de estudos longitudinais de atletas de combate na altura em que estão no nível de elite até deixarem completamente de treinar, comparando os valores com um grupo de controlo, controlando os fatores de confusão como a idade e o género.

### **6.3. Metodologias de avaliação da composição corporal**

Este estudo destaca-se pela avaliação multimétodo da composição corporal, tendo metodologias específicas para avaliação de diferentes componentes: bioimpedância (água, L), pletismografia de ar deslocado (volume, L), absorciometria de raios-X de dupla energia (tecido ósseo, kg). Futuros trabalhos poderão utilizar equações mais singulares no modelo 4-C.

Note-se, contudo, que na sua maioria, a maioria dos estudos recorrem à estimativa das frações da massa corporal tendo por base a avaliação das pregas de adiposidade subcutânea, muito provavelmente por, aparentemente ser mais fácil, e implicar o uso de equipamento muito menos oneroso. Adicionalmente, o período do ano em que as recolhas são realizadas, podem ser também um fator limitativo, pois é sabido que este tipo de atletas têm uma variação de massa corporal muito acentuada mediante a proximidade ou não das competições mais relevantes. Seria importante, quanto a esta componente, a realização de estudos longitudinais em consonância com o calendário desportivo.

A avaliação da massa óssea de corpo inteiro e apendicular é algo escasso na literatura dos desportos de combate, embora já tenha sido reportado a importância dos desportos de combate na saúde óssea, relativamente a desportos sem impacto ou amostras sedentárias (Andreoli & Monteleone, 2001). De realçar o uso da absorciometria de raios-X de dupla energia (DXA) no presente estudo, uma vez que é considerada entre as melhores opções para a avaliação da densidade mineral óssea (Morgan & Prater, 2017).

No estudo 1, foi possível observar as diferenças na avaliação da massa gorda, utilizando três diferentes metodologias. Observando os resultados, verificou-se que os valores foram diferentes, mas a tendência manteve-se sempre (percussão > prensão). Este dado sugere que a avaliação de um atleta durante uma época desportiva, deverá ser sempre realizada com o mesmo equipamento, de forma a poder comparar as medições.

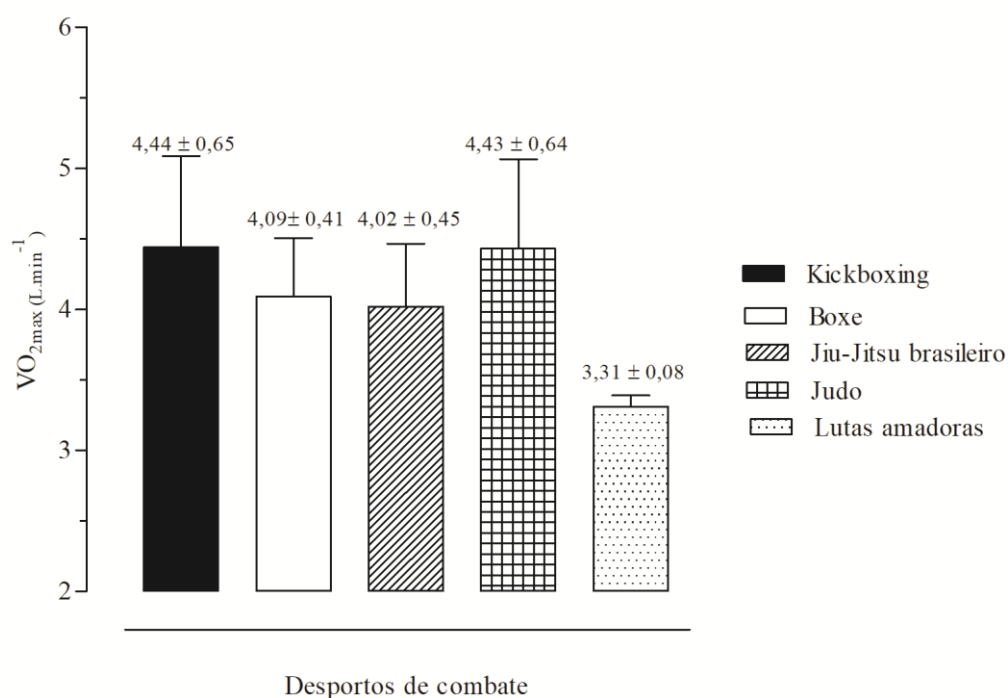


#### **6.4. Vias metabólicas e desportos de combate**

O ATP é um denominador comum a todos os sistemas energéticos, variando apenas o seu processo de ressíntese. Dessa forma, nenhum deles opera em exclusividade, existindo apenas uma predominância de determinado sistema relativamente a outro. Este processo depende das características do exercício, nomeadamente os aspetos qualitativos e quantitativos (intensidade e volume, respetivamente). Um exemplo claro é o teste de *Wingate*, que embora tenha sido criado com o intuito de avaliar a potência e capacidade anaeróbia, tem uma contribuição aeróbia relevante, entre 16 a 28% (Price et al. 2014; Smith & Hill, 1991; Bediz et al., 1998; Serresse, Lortie, Bouchard, & Boulay, 1988).

Em todas as modalidades estudadas os três sistemas energéticos têm a sua importante participação. A via anaeróbia está associada às ações decisivas, ou seja, aos golpes explosivos que pontuam, derrubam ou finalizam o adversário (Barbosa de Lira et al., 2013; Ralph Beneke et al., 2004). Já a componente aeróbia, não menos importante, está associada à manutenção do trabalho intermitente e à recuperação entre os *rounds* e mesmo entre os combates (Crisafulli et al., 2009). É reportado que atletas de Judo que habitualmente pontuam no final do combate apresentam valores de  $VO_{2max}$  elevados e são capazes de fazer a ressíntese da fosfocreatina mais rapidamente do que outros que geralmente pontuam no início dos combates e que têm melhores performances no teste *Wingate* para os membros inferiores (Gariod et al., 1995), muito provavelmente porque conseguem continuar a trabalhar a altas intensidades ainda num ritmo aeróbio, enquanto os outros entram num regime anaeróbio precocemente, levando à fadiga precoce. Num estudo com sete atletas experientes de BJJ, participantes no campeonato do mundo de 2005 (Del Vecchio et al., 2007), os resultados demonstraram que cerca de 10 minutos após o fim do combate, os atletas ainda não haviam removido de forma significativa o lactato sanguíneo ( $9,28 \text{ mmol.L}^{-1}$ ). No 12º minuto a concentração de lactato sanguíneo ainda aumentou ( $11,68 \text{ mmol.L}^{-1}$ ), o que demonstra baixa capacidade de transporte e remoção, sugerindo falta de cuidado com o treino aeróbio por parte destes atletas. Seria interessante correlacionar a performance dos combates subsequentes destes atletas com esta suposta baixa capacidade aeróbia.

Na Figura 6.2 é possível observar o consumo máximo de oxigénio absoluto por modalidade de combate. Tirando as lutas amadoras, todos as outras modalidades apresentam valores muito próximos, entre os 4,1 e os 4,4  $\text{L.min}^{-1}$ . Nesta análise, é preciso algum cuidado, tendo em conta que o grupo das lutas amadoras tinha apenas quatro sujeitos e apresentava alguns dos atletas mais leves de toda a amostra.



**Figura 6.2.** Resultados do teste de avaliação do consumo máximo de oxigênio por modalidade de combate

A maioria dos estudos apresentados na revisão da literatura do estudo 2 apresentam os resultados unicamente por kg de massa corporal e esta relação parece ser inadequada, tal como foi verificado no estudo 3. A abordagem desta relação penaliza os indivíduos que têm um tamanho corporal maior. A escala alométrica é comprovadamente uma alternativa válida (Nevill et al., 2005; Nevill, Holder, & Alan, 1995; Welsman, Armstrong, Nevill, Winter, & Kirby, 1996). O estudo 3 consistentemente evidenciou a massa isenta de gordura do corpo inteiro como o melhor preditor individual para o VO<sub>2max</sub> (Nevill et al., 2005). A massa isenta de gordura já foi reivindicada como descritor para o VO<sub>2max</sub>, uma vez que o tecido metabólico responsável pelo consumo de oxigênio está muito mais relacionado com a massa isenta de gordura do que com a massa corporal total (Batterham, Vanderburgh, Mahar, & Jackson, 1999). Uma revisão sistemática (Lolli, Batterham, Weston, & Atkinson, 2017), resumiu 36 estudos representando um total de 6514 participantes e o expoente para abordagem de massa isenta de gordura 0,92-0,98, corroborando as conclusões do presente estudo (expoentes b foi de 1,122 para VO<sub>2max</sub>). Considerando os intervalos de confiança de 95%, os expoentes de escala sugerem uma relação de linearidade, confirmando a massa isenta de gordura como um descritor que oferece um entendimento fácil: mL.kg(FFM)<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup> (Amara et al., 2000; Goran, Fields, Hunter, Herd, & Weinsier, 2000; Valente-Dos-Santos et al., 2015). Note-se, no entanto, que entre os 36 estudos revistos, nenhum forneceu uma abordagem alométrica em atletas de desportos de combate.

Seria interessante começar a ver os resultados das avaliações do  $VO_{2max}$  de atletas de modalidades de combate, expressos por massa isenta de gordura, ou utilizando modelos alométricos combinados com a massa dos membros inferiores e a massa isenta de gordura.

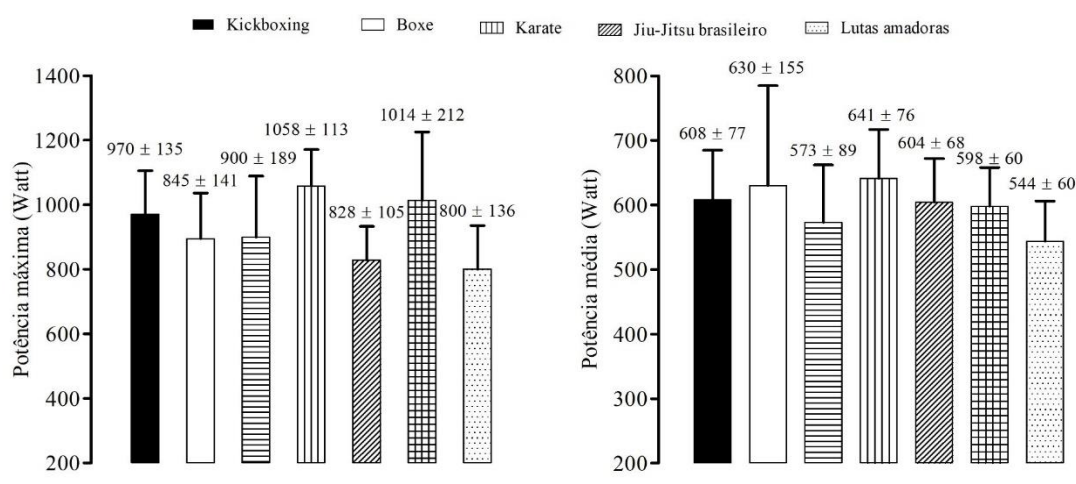
No Boxe e no Kickboxing é possível vencer o combate por nocaute, através de um golpe aplicado com grande potência. No Judo também as projeções são aplicadas com ações explosivas. No taekwondo, um grande pico de potência anaeróbia dos membros inferiores parece ser um atributo que conduz ao sucesso. A habilidade para gerar e sustentar a potência, usando ações musculares concêntricas e de ciclos de alongamento-encurtamento dos membros inferiores, poderá ser importante para as ações técnico-táticas durante os combates (Bridge et al., 2014). Também no Karaté, o *peak power* poderá discriminar os atletas de elite por níveis competitivos (Ravier, Grappe, & Rouillon, 2004). Na Luta Olímpica, Yoon (2002) refere que a potência e a capacidade anaeróbia poderão ajudar a diferenciar os lutadores mais e menos bem-sucedidos, sendo estas duas componentes cruciais na determinação do resultado de um combate (García-Pallarés, López-Gullón, Muriel, Díaz, & Izquierdo, 2011; Horswill et al., 1992).

O teste *Wingate* tem sido largamente usado para avaliar o perfil anaeróbio e os resultados principais que são extraídos traduzem-se em termos de potência de pico (*peak power*), potência média (*mean power*) e índice de fadiga (Bar-Or, 1987; Zupan et al., 2009). Este teste é tido como o método mais válido para aceder ao trabalho com recurso à adenosina-trifosfato (ATP-PCr) e sistema glicolítico (Zupan et al., 2009). O resultado do *peak power*, obtido geralmente nos primeiros 5 segundos do teste, avalia a potência anaeróbia alática do atleta, enquanto o *mean power* refere-se ao desempenho global do atleta durante os 30s do teste, onde o sistema glicolítico tem um papel preponderante (Zupan et al., 2009). Não obstante, vários são os estudos que reportam que existe ainda algum contributo aeróbio durante a realização deste teste. Price et al., (2014) reportam um contributo aeróbio de  $29,4 \pm 15,8\%$  em 8 homens treinados; Bediz et al., (1998), apontam valores de  $19,5 \pm 3,7\%$  para a mesma carga usada no presente teste (7,5% da massa corporal) e  $18,9 \pm 3,7\%$  com uma carga de 9,5% da massa corporal, em 30 estudantes universitários sedentários. Já no estudo de Smith e Hill (1991), o contributo aeróbio foi de 16% em seis homens saudáveis. Serresse, Lortie, Bouchard, e Boulay (1988) reportam um contributo de 28% em 25 homens. Por fim, em 11 jogadores de rugby é indicado uma participação aeróbia de  $18,6 \pm 2,5\%$  (Beneke, Pollmann, Bleif, Leithäuser, & Hütler, 2002).

Este tipo de avaliação da via metabólica de curta duração torna-se essencial, uma vez que já foi reportado que as ações decisivas dos combates são suportadas maioritariamente pelo metabolismo anaeróbio (Beneke, Beyer, Jachner, Erasmus, & Hütler, 2004; Franchini et al., 2011; Glaister, 2005; Hübner-Woźniak et al., 2011; Ramirez-Velez et al., 2014; Slimani, Miarka, &

Chéour, 2017). Em todas as modalidades de combate, os membros inferiores têm um contributo essencial, mesmo em modalidades como o Boxe, onde os gestos técnicos são apenas dos membros superiores. Os resultados de um estudo com pugilistas de elite (Filimonov, Koptsev, Husyanov, & Nazarov (1985) demonstraram que os pugilistas de elite geram a força dos seus golpes maioritariamente da musculatura dos membros inferiores, enquanto os pugilistas de classe inferior geram a força dos seus golpes maioritariamente do tronco e dos braços. Estes resultados vêm reforçar o uso do teste de *Wingate* dos membros inferiores, mesmo numa modalidade em que os golpes são conectados com os membros superiores.

Na Figura 6.3, encontram-se apresentados os valores absolutos do pico de potência e da potência média, do teste de *Wingate*, por modalidade de combate. Tendo em conta os resultados do estudo 3 e tendo em conta a importância dos membros inferiores na realização deste teste, seria interessante replicar o estudo na via metabólica de curta duração.



**Figura 6.3.** Resultados do teste de *Wingate*: pico de potência e potência média por modalidade de combate

### **6.5. Limiares ventilatórios em desportos de combate**

Dos estudos existentes sobre avaliação do consumo máximo de oxigénio em atletas de desportos de combate, a literatura pouco reporta sobre a avaliação dos limiares ventilatórios ou zonas de transição através da lactatemia (2mmol, 4mmol) nestas modalidades: Boxe (49,2±5,2 % LV1, 78,4±2,6 % LV2: Guidetti, Musulin, & Baldari, 2002; 86±6 %, 4 mmol: Smith, 2006); MMA (63,19±7,7 % LV1, 82,22±7,22 % LV2: Alm, 2013); Judo (57,5 a 66,3 % LV1, 78,7 a 84,4% LV2: Franchini et al., 2011); Luta Olímpica (76,55±2,92 % LV2: Yoon & Jun, 1990).

Num estudo com 10 pugilistas altamente treinados, os autores verificaram que as frequências cardíacas durante um combate simulado eram maioritariamente correspondentes às frequências cardíacas acima do LV2 (Barbosa de Lira et al., 2013). No presente estudo não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os dois grupos avaliados e os valores encontrados para ambos os grupos encontram-se na variância que é reportada na literatura (percussão vs prensão:  $66,6 \pm 5,0\%$  vs  $64,8 \pm 6,5\%$  LV1;  $87,4 \pm 6,0\%$  vs  $88,7 \pm 5,5\%$  LV2), sugerindo que ambos os grupos de modalidades têm pontos de transição metabólica muito idênticos.

Conhecer as zonas de transição metabólica dos atletas é importantíssimo para o controlo do treino através da FC. Valores elevados de potência e capacidade aeróbia fazem com que o atleta consiga manter uma intensidade elevada durante toda a luta, retardando a acumulação de lactato e fazendo com que o atleta tenha uma maior recuperação entre as lutas (Castarlenas & Solé, 1997).

Um alto  $VO_{2max}$  mas um LAN baixo, indicam um recrutamento do sistema láctico muito cedo e em demasia, fazendo com que o atleta entre em fadiga precocemente. Por outro lado, um nível de  $VO_{2max}$  elevado, mas também um LAN elevado, irão fazer com que o sistema anaeróbio seja recrutado mais tarde e em menor quantidade (Alm & Ji-Guo, 2013), uma vez que o atleta conseguirá manter uma elevada intensidade de exercício através da via aeróbia.

## **6.6. Mudanças na estrutura temporal da competição e influência no perfil metabólico do atleta**

Ao longo das décadas são observadas nas modalidades desportivas de combate mudanças na estrutura temporal das competições, sendo dessa forma necessário uma adaptação constante da planificação dos treinos dos atletas. Estas alterações vão implicar uma maior ou menor influência de determinada via energética durante as competições. As mudanças dos sistemas de pontuação e da duração dos combates vão ditar o tipo de atleta que será bem-sucedido, bem como influenciar e modificar os métodos de treino usados. Acompanhado com as variações dos sistemas de pontuação a duração dos combates tem variado ao longo das eras. Como exemplo temos a Luta Olímpica, em que na década de 50 os combates tinham a duração de três *rounds* de três minutos com um minuto de descanso entre eles. Na década de 80 eram de dois *rounds* de três minutos com um de descanso entre eles (seis no total). Na década de 90 passaram para cinco minutos contínuos de combate sem qualquer descanso intermédio (Yoon, 2002). Atualmente os combates regem-se por seis minutos, compostos por dois *rounds* de três minutos, com 30 segundos de intervalo. As

discrepâncias nos valores encontrados nos estudos de revisão desta modalidade (Yoon, 2002; Yoon & Jun, 1990), poderão dever-se às diferentes estruturas temporais da competição, na altura que foram realizados os estudos. A alteração no formato temporal e nas regras, nas competições de Boxe, resultou em diferentes resultados quando avaliada a lactatemia dos atletas no momento pós-competição, o que poderá indicar um recrutamento das três vias metabólicas em diferentes proporções: 1987/1988, 3 *rounds* de 3 minutos,  $12,8 \pm 3,0$  mmol.L<sup>-1</sup>, pontuado à mão; 1989/1996, 3 *rounds* de 3 mins,  $9,5 \pm 3,0$  mmol.L<sup>-1</sup>, pontuado por computador; 1997/1999, 5 *rounds* de 2 minutos,  $8,6 \pm 3,0$  mmol.L<sup>-1</sup>, pontuado por computador; 2000-2004, 4 *rounds* de 2 minutos,  $13,5 \pm 3,0$  mmol.L<sup>-1</sup>, pontuado por computador (Smith, 2006).

### **6.7. Resumo conclusivo**

Tendo em conta a importância da composição corporal e do treino metabólico no atleta de desportos de combate, o grande objetivo deste estudo foi traçar um perfil morfológico e metabólico deste tipo de atletas, bem como aferir de diferenças significativas entre os dois grupos de modalidades estudadas (percussão vs. preensão). No estudo 3 examinou-se ainda a variabilidade interindividual do VO<sub>2max</sub>, usando técnicas de alometria para explorar o efeito de descritores de tamanho de corpo inteiro e apendiculares concorrentes nestes atletas. Resumidamente, dos três estudos apresentados, pode-se concluir o seguinte:

- Os atletas de desportos de combate apresentam níveis reduzidos de massa gorda, não existindo diferenças significativas entre modalidades de percussão e preensão;
- Níveis de DMO elevados são observados em atletas de desportos de combate;
- As modalidades de preensão apresentam níveis de DMO superiores às modalidades de percussão, no corpo inteiro, abaixo da cabeça, tronco e membros superiores, embora nos membros inferiores não existam diferenças significativas;
- A via aeróbia é essencial na manutenção da performance intermitente que é observada nos combates das variadas modalidades, assim como na recuperação entre combates e *rounds*.
- Não existem diferenças significativas entre grupos de atletas de diferentes modalidades de combate, tanto ao nível do VO<sub>2max</sub>, como respetivos pontos de transição metabólica (limiares ventilatórios);

- Ter um nível ótimo de  $VO_{2max}$ , mas também limiares ventilatórios elevados, permite que o atleta consiga manter uma alta intensidade durante o combate, sem entrar num regime anaeróbio predominante que o fará parar por fadiga;
- A via anaeróbia é essencial nas ações decisivas dos combates;
- Os modelos alométricos simples mostraram que a massa isenta de gordura foi o melhor preditor para o  $VO_{2max}$ . Já os modelos combinados mostraram a massa dos membros inferiores combinada com a massa isenta de gordura como o melhor preditor;
- Primordial adaptar o treino às mudanças que vão sendo feitas nas modalidades ao longo das décadas, relativamente ao tempo de luta e tempo de intervalo entre *rounds*, já que estes vão ditar a maior ou menor importância de determinada via metabólica, bem como o tipo morfológico de atleta a recrutar.

## 7. Referências Bibliográficas

---

- Ackland, T. R., Lohman, T. G., Sundgot-Borgen, J., Maughan, R. J., Meyer, N. L., Stewart, A. D., & Müller, W. (2012). Current Status of Body Composition Assessment in Sport. *Sports Medicine*, 42(3), 227–249.
- Agostinete, R. R., Maillane-Vanegas, S., Lynch, K. R., Turi-Lynch, B., Coelho-e-Silva, M. J., Campos, E. Z., ... Fernandes, R. A. (2017). The Impact of Training Load on Bone Mineral Density of Adolescent Swimmers: A Structural Equation Modeling Approach. *Pediatric Exercise Science*, 29(4), 529–528.
- Ahn, J. D., Hong, S. ho, & Park, Y. K. (2009). The Historical and Cultural Identity of Taekwondo as a Traditional Korean Martial Art. *The International Journal of the History of Sport*, 26(11), 1716–1734.
- Alm, P., & Ji-Guo, Y. (2013). Physiological Characters in Mixed Martial Arts. *American Journal of Sports Science*, 1(2), 12–17.
- Amara, C. E., Koval, J. J., Johnson, P. J., Paterson, D. H., Winter, E. M., & Cunningham, D. A. (2000). Modelling the influence of fat-free mass and physical activity on the decline in maximal oxygen uptake with age in older humans. *Experimental Physiology*, 85(6), 877–886.
- Andreato, L. V. (2010). Bases Para Prescrição Do Treinamento Desportivo Aplicado Ao Jiu-Jitsu. *CONEXÕES: Revista Da Faculdade de Educação Física Da UNICAMP*, 8(2), 174–186.
- Andreato, L. V., Franchini, E., M. Franzói de Moraes, S., Esteves, J. V. D. C., Pastório, J. J., Andreato, T. V., ... Vieira, J. L. L. (2012). Perfil Morfológico de Atletas de Elite de Brazilian Jiu-Jitsu. *Revista Brasileira de Medicina Do Esporte*, 18(1), 46–50.
- Andreato, L. V., Lara, F. J. D., Andrade, A., & Branco, B. H. M. (2017). Physical and Physiological Profiles of Brazilian Jiu-Jitsu Athletes: a Systematic Review. *Sports Medicine - Open*, 3(1), 9.
- Andreoli, A., & Monteleone, M. (2001). Effects of different sports on bone density and muscle mass in highly trained athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(4), 507–511.
- Armstrong, N., & Welsman, J. R. (2000). Anaerobic Performance. In N. Armstrong & W. Van Mechelen (Eds.), *Paediatric Exercise Science and Medicine* (1st ed., pp. 37–41). Oxford: University Press.
- Armstrong, N., Welsman, J. R., & Kirby, B. J. (1998). Peak oxygen uptake and maturation in 12-yr olds. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(1), 165–169.
- Armstrong, N., Welsman, J. R., Nevill, A. M., & Kirby, B. J. (1999). Modeling growth and maturation changes in peak oxygen uptake in 11-13 yr olds. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 87(6), 2230–2236.



- Arruza, J. B., Saez, R. A. H., & Valencia, J. G. (1996). Esfuerzo percibido y frecuencia cardiaca: el control de la intensidad de los esfuerzos en el entrenamiento de judo. *Revista de Psicología Del Deporte*, (5), 29–40.
- Artioli, G. G., Franchini, E., & Lancha Junior, A. H. (2006). Perda de peso em esportes de combate de domínio: revisão e recomendações aplicadas. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*, 8(2), 92–101.
- Artioli, G. G., Franchini, E., Solis, M. Y., Fuchs, M., Takesian, M., Mendes, S. H., ... Lancha Junior, A. H. (2011). Tempo de recuperação entre a pesagem e o início das lutas em competições de judô do Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte*, (25), 371–376.
- Artioli, G. G., Gualano, B., Franchini, E., Batista, R. N., Polacow, V. O., & Lancha Jr, A. H. (2009). Physiological, performance, and nutritional profile of the Brazilian Olympic Wushu Team. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(1), 20–25.
- Artioli, G. G., Gualano, B., Franchini, E., Scagliusi, F. B., Takesian, M., Fuchs, M., & Lancha, A. H. (2010). Prevalence, magnitude, and methods of rapid weight loss among judo competitors. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42(3), 436–442.
- Artioli, G. G., Saunders, B., Iglesias, R. T., & Franchini, E. (2016). It is Time to Ban Rapid Weight Loss from Combat Sports. *Sports Medicine*, 46(11), 1579–1584.
- Artoli, G. G., Franchini, E., Solis, M. Y., Fuchs, M., Takesian, M., Mendes, S. H., ... Lancha Junior, A. H. J. (2011). Tempo de recuperação entre a pesagem e o início das lutas em competições de judô do Estado de São Paulo. *Revista Brasileira Educação Física e Esporte*, 25, 371–376.
- Bar-Or, O. (1987). The Wingate Anaerobic Test An Update on Methodology, Reliability and Validity. *Sports Medicine*, 4(6), 381–394.
- Barbas, I., Fatouros, I. G., Douroudos, I. I., Chatzinikolaou, A., Michailidis, Y., Draganidis, D., ... Taxildaris, K. (2011). Physiological and performance adaptations of elite Greco-Roman wrestlers during a one-day tournament. *European Journal of Applied Physiology*, 111(7), 1421–1436.
- Barbosa de Lira, C. A., Peixinho-Pena, L. F., Vancini, R. L., Guina Fachina, R. J. de F., de Almeida, A. A., Andrade, M. D. S., & da Silva, A. C. (2013). Heart rate response during a simulated Olympic boxing match is predominantly above ventilatory threshold 2: a cross sectional study. *Open Access Journal of Sports Medicine*, 4, 175–182.
- Barroso, B. G., Silva, J. M. A. da, Garcia, A. da C., Ramos, N. C. de O., Martinelli, M. O., Resende, V. R., ... Santili, C. (2011). Lesões musculoesqueléticas em atletas de luta olímpica. *Acta Ortopédica Brasileira*, 19(2), 98–101.
- Batterham, A. M., Vanderburgh, P. M., Mahar, M. T., & Jackson, A. S. (1999). Modeling the influence of body size on V(O<sub>2</sub>) peak: effects of model choice and body composition.

- Journal of Applied Physiology* (Bethesda, Md.: 1985), 87(4), 1317–1325.
- Baxter-Jones, A. D. G., Faulkner, R. A., Forwood, M. R., Mirwald, R. L., & Bailey, D. A. (2011). Bone mineral accrual from 8 to 30 years of age: An estimation of peak bone mass. *Journal of Bone and Mineral Research*, 26(8), 1729–1739.
- Beaver, W., Wasserman, K., & Whipp, B. (1986). A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange A new method for detecting threshold by gas exchange anaerobic. *J Appl Physiol*, 60, 2020–2027.
- Bediz, C., Gökbel, H., Kara, M., Üçok, K., Cikrikçi, E., & Ergene, N. (1998). Comparison of the aerobic contributions to Wingate anaerobic tests performed with two different loads. *The Journal of sports medicine and physical fitness* (Vol. 38).
- Beneke, R., Beyer, T., Jachner, C., Erasmus, J., & Hütler, M. (2004). Energetics of karate kumite. *European Journal of Applied Physiology*, 92(4–5), 518–523.
- Beneke, R., Pollmann, C., Bleif, I., Leithäuser, R. M., & Hütler, H. (2002). How anaerobic is the wingate anaerobic test for humans? *European Journal of Applied Physiology*, 87(4–5), 388–392.
- Block, J., Friedlander, A., Brooks, G., Steiger, P., Stubbs, H., & Genant, H. (1989). Determinants of bone density among athletes engaged in weight-bearing and non-weight-bearing activity. *Journal of Applied Physiology*, 67(3), 1100–1105.
- Boguszewski, D., Boguszewska, K., Kwapisz, E., Adamczyk, J., Urbańska, N., & Białoszewski, D. (2012). The effect of sport massage on the mental disposition in kickboxing and judo competitors, reducing their body mass prior to competitions. *Journal of Combat Sports and Martial Arts*, 3(2), 91–93.
- Bolelli, D. (2003). Mixed Martial Arts: A Technical Analysis of the Ultimate Fighting Championship in its Formative Years. *Journal of Asian Martial Arts*, 12(3), 41–51.
- Bridge, C. A., Santos, J. F. da S., Franchini, E., Chaabène, H., & Pieter, W. (2014). Physical and Physiological Profiles of Taekwondo Athletes. *Sports Medicine*, 44, 713–733.
- Brozek, J., Grande, F., Anderson, J. T., & Keys, A. (1963). Densitometric analysis of body composition: revision of some quantitative assumptions. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 110, 113–140.
- Buse, G. J. (2009). Kickboxing. In R. Kordi, N. Maffuli, R. R. Wroble, & W. A. Wallace (Eds.), *Combat Sports Medicine* (pp. 331–350). Springer.
- Callan, S. D., Brunner, D. M., Devolve, K. L., Mulligan, S. E., Hesson, J., Wilber, R. L., & Kearney, J. T. (2000). Physiological Profiles of Elite Freestyle Wrestlers. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 14(2), 162–169.
- Calmet, M. (2007). Developing Ecological Research in Judo. *Perceptual and Motor Skills*, 105(2), 646–648.
- Campos, F. A. D., Bertuzzi, R., Dourado, A. C., Santos, V. G. F., & Franchini, E. (2012). Energy

- demands in taekwondo athletes during combat simulation. *European Journal of Applied Physiology*, 112(4), 1221–1228.
- Carvalho, H. M., Coelho-e-Silva, M. J., Eisenmann, J. C., & Malina, R. M. (2013). Aerobic fitness, maturation, and training experience in youth basketball. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 8(4), 428–434.
- Castarlenas, J. L., & Solé, J. (1997). El entrenamiento de la resistencia en los deportes de lucha con agarre: Una propuesta integradora. *Apunts: Educación Física y Deportes*, 1(47), 81–86.
- CDC, C. for D. C. and P. (1998). Hyperthermia and dehydration-related deaths associated with intentional rapid weight loss in three collegiate wrestlers--North Carolina, Wisconsin, and Michigan, November-December 1997. *MMWR. Morbidity and Mortality Weekly Report*, 47(6), 105–108.
- Chaabène, H., Hachana, Y., Franchini, E., Mkaouer, B., & Chamari, K. (2012). Physical and Physiological Profile of Elite Karate Athletes. *Sports Medicine*, 42(10), 829–843.
- Chaabene, H., Negra, Y., Bouguezzi, R., Capranica, L., Franchini, E., Prieske, O., ... Granacher, U. (2018). Tests for the assessment of sport-specific performance in Olympic combat sports: A systematic review with practical recommendations. *Frontiers in Physiology*, 9(APR), 1–18.
- Chaabene, H., Negra, Y., Bouguezzi, R., Mkaouer, B., Franchini, E., Julio, U., & Hachana, Y. (2017). *Physical and physiological attributes of wrestlers: An update. Journal of Strength and Conditioning Research* (Vol. 31).
- Chaabène, H., Tabben, M., Mkaouer, B., Franchini, E., Negra, Y., Hammami, M., ... Hachana, Y. (2015). Amateur Boxing: Physical and Physiological Attributes. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 45(3), 337–352.
- Chamari, K., Moussa-Chamari, I., Boussaïdi, L., Hachana, Y., Kaouech, F., & Wisløff, U. (2005). Appropriate interpretation of aerobic capacity: allometric scaling in adult and young soccer players. *British Journal of Sports Medicine*, 39(2), 97–101.
- Codognotto, M., Piazza, M., Frigatti, P., & Piccoli, A. (2008). Influence of localized edema on whole-body and segmental bioelectrical impedance. *Nutrition*, 24(6), 569–574.
- Coelho-e-Silva, M. J., Rebelo-Gonçalves, R., Martinho, D., Ahmed, A., Luz, L. G. O., Duarte, J. P., ... Figueiredo, A. J. (2018). Reproducibility of estimated optimal peak output using a force-velocity test on a cycle ergometer. *PLOS ONE*, 13(2), e0193234.
- Coppin, E., Heath, E., Bressel, E., & Wagner, D. (2012). Wingate Reference Values for Male Athletes. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, (7), 232–236.
- Cottin, F., Leprêtre, P.-M., Lopes, P., Papelier, Y., Médigue, C., & Billat, V. (2006). Assessment of ventilatory thresholds from heart rate variability in well-trained subjects during cycling. *International Journal of Sports Medicine*, 27(12), 959–967.
- Crewther, B. T., McGuigan, M. R., & Gill, N. D. (2011). The ratio and allometric scaling of speed,

- power, and strength in elite male rugby union players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(7), 1968–1975.
- Crisafulli, A., Vitelli, S., Cappai, I., Milia, R., Tocco, F., Melis, F., & Concu, A. (2009). Physiological responses and energy cost during a simulation of a Muay Thai boxing match. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism = Physiologie Appliquée, Nutrition et Métabolisme*, 34(2), 143–150.
- Cunha, G., Lorenzi, T., Sapata, K., Lopes, A. L., Gaya, A. C., & Oliveira, Á. (2011). Effect of biological maturation on maximal oxygen uptake and ventilatory thresholds in soccer players: an allometric approach. *Journal of Sports Sciences*, 29(10), 1029–1039.
- Curran-Everett, D. (2013). Explorations in statistics: the analysis of ratios and normalized data. *Advances in Physiology Education*, 37(3), 213–219.
- Davis, P., Wittekind, A., & Beneke, R. (2013). Amateur boxing: Activity profile of winners and losers. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 8(1).
- de Lira, C. A. B., Peixinho-Pena, Vancini, R. I., Fachina, de Almeida, A. A., Andrade, M. dos S., & da Silva. (2013). Heart rate response during a simulated Olympic boxing match is predominantly above ventilatory threshold 2: a cross sectional study. *Open Access Journal of Sports Medicine*, 4, 175–182.
- Del Vecchio, F. B., Bianchi, S., Hirata, S. M., & Chakon-Mikahil, M. (2007). Análise morfo-funcional de praticantes de brazilian jiu-jitsu e estudo da temporalidade e da quantificação das ações motoras na modalidade. *Movimento & Percepção*, 7(10), 263–281.
- Dempster, P., & Aitkens, S. (1995). A new air displacement method for the determination of human body composition. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 27(12), 1692–1697.
- Dias Quiterio, A., Carnero, E., Baptista, F., & Sardinha, L. (2011). Skeletal mass in adolescent male athletes and nonathletes: relationships with high-impact sports. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(12), 3439–3447.
- Doria, C., Veicsteinas, A., Limonta, E., Maggioni, M. a., Aschieri, P., Eusebi, F., ... Pietrangelo, T. (2009). Energetics of karate (kata and kumite techniques) in top-level athletes. *European Journal of Applied Physiology*, 107(5), 603–610.
- Downey, G. (2007). Producing pain: Techniques and technologies in no-holds-barred fighting. *Social Studies of Science*, 37(2), 201–226.
- Duarte, S. S. (2013). *1988 vs 2013 - 25 anos, 25 histórias*. Federação Portuguesa de Kickboxing e Muay Thai.
- Eisenmann, J. C., Pivarnik, J. M., & Malina, R. M. (2001). Scaling peak VO<sub>2</sub> to body mass in young male and female distance runners. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 90(6), 2172–2180.
- El-Ashker, S., & Nasr, M. (2012). Effect of boxing exercises on physiological and biochemical responses of Egyptian elite boxers. *Journal of Physical Education and Sport*, 12(1), 111–

- Elloumi, M., Courteix, D., Sellami, S., Tabka, Z., & Lac, G. (2006). Bone mineral content and density of Tunisian male rugby players: Differences between forwards and backs. *International Journal of Sports Medicine*, 27(5), 351–358. <https://doi.org/10.1055/s-2005-865742>
- Filimonov, V. I., Koptsev, K. ., Husyanov, Z. M., & Nazarov, S. S. (1985). Boxing: Means of increasing strength of the punch. *National Strength & Conditioning Association Journal*, 7(6), 65–66.
- Franchini, E., Artioli, G. G., & Brito, C. J. (2013). Judo combat: Time-motion analysis and physiology. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 13(3), 624–641.
- Franchini, E., Bertuzzi, R. C. M., Degaki, E. T., Mello, F. C., Fiebig, E., & Silva, W. F. F. L. (2008). Energy expenditure in different judo throwing techniques. In *JOINT INTERNATIONAL PRE-OLYMPIC CONFERENCE ON SPORTS SCIENCE AND SPORTS ENGINEERING* (pp. 55–60). Liverpool: World Academic Union.
- Franchini, E., de Moraes Bertuzzi, R. C., Takito, M. Y., & Kiss, M. A. P. D. M. (2009). Effects of recovery type after a judo match on blood lactate and performance in specific and non-specific judo tasks. *European Journal of Applied Physiology*, 107(4), 377–383.
- Franchini, E., & Del Vecchio, F. B. (2011). Estudos em modalidades esportivas de combate: estado da arte. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte*, 25, 67–81.
- Franchini, E., Del Vecchio, F. B., Matsushigue, K. A., & Artioli, G. G. (2011). Physiological Profiles of Elite Judo Athletes. *Sports Medicine*, 41(2), 147–166.
- Franchini, E., Nunes, A. V., Moraes, J. M., & Del Vecchio, F. B. (2007). Physical Fitness and Anthropometrical Profile of the Brazilian Male Judo Team. *Journal of Physiological Anthropology*, 26(2), 59–67.
- Franchini, E., Takito, M. Y., Kiss, M. A. P. D. M., & Sterkowicz, S. (2005). Physical fitness and anthropometrical differences between elite and non-elite judo players. *Biology of Sport*, 22(4), 315–328.
- García-Pallarés, J., María López-Gullón, J., Muriel, X., Díaz, A., & Izquierdo, M. (2011). Physical fitness factors to predict male Olympic wrestling performance. *European Journal of Applied Physiology*, 111(8), 1747–1758.
- Gariod, L., Favre-Juvin, A., Novel, V., Reutenauer, H., Majeau, H., & Rossi, A. (1995). Évaluation du profil énergétique des judokas par spectroscopie RMN du P31. *Science & Sports*, 10(4), 201–207.
- Ghosh, A. K., Goswami, A., & Ahuja, A. (1995). Heart rate & blood lactate response in amateur competitive boxing. *The Indian Journal of Medical Research*, 102, 83–179.
- Girón, R., Matesanz, C., García-Río, F., de Santiago, E., Mancha, A., Rodríguez-Salvanés, F., & Ancochea, J. (2009). Nutritional state during COPD exacerbation: clinical and prognostic

- implications. *Annals of Nutrition & Metabolism*, 54(1), 52–58.
- Glaister, M. (2005). Physiological Responses , Mechanisms of Fatigue and the Influence of Aerobic Fitness. *Sports Medicine*, 35(9), 757–777.
- Goran, M., Fields, D. A., Hunter, G. R., Herd, S. L., & Weinsier, R. L. (2000). Total body fat does not influence maximal aerobic capacity. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders: Journal of the International Association for the Study of Obesity*, 24(7), 841–848.
- Guadalupe-Grau, A., Fuentes, T., Guerra, B., & Calbet, J. A. (2009). Exercise and bone mass in adults. *Sports Medicine*, 39(6), 439–468.
- Guidetti, L., Musulin, A., & Baldari, C. (2002). Physiological factors in middleweight boxing performance. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 42(3), 309–314.
- Gustavsson, A., Thorsen, K., & Nordström, P. (2003). A 3-year longitudinal study of the effect of physical activity on the accrual of bone mineral density in healthy adolescent males. *Calcified Tissue International*, 73(2), 108–114.
- Hausen, M., Soares, P. P., Araujo, M. P., Esteves, D., Julio, H., Taulil, R., ... Gurgel, J. (2018). Specificity Elicits Higher Maximal and Submaximal Cardiorespiratory Responses During a New Taekwondo Aerobic Test. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1–25.
- 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.
- Hinrichs, T., Chae, E.-H., Lehmann, R., Allolio, B., & Platen, P. (2010). Bone Mineral Density in Athletes of Different Disciplines: a Cross- Sectional Study. *The Open Sports Sciences Journal*, 3(1), 129–133.
- Hopkins, W. G. (2000). Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 30(1), 1–15.
- Hopkins, W. G. (2010). Linear Models and Effect Magnitudes for Research, Clinical and Practical Applications. *Sportscience*, 14, 49–58.
- Horswill, C. A. (2000). Physiology of wrestling. In W. E. Garrett Jr & D. T. Kirkendall (Eds.), *Exercise and Sport Science* (1st ed., pp. 955–964). Chapel Hill: Lippincott Williams & Wilkins.
- Horswill, C. A., Miller, J. E., Scott, J. R., Smith, C. M., Welk, G., & Van Handel, P. (1992). Anaerobic and aerobic power in arms and legs of elite senior wrestlers. *International Journal of Sports Medicine*, 13(8), 558–561.
- Howley, E. T., Basset Jr, D. R., & Welch, H. G. (1995). Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 1292–1301.
- Hübner-Woźniak, E., Kosmol, A., & Błachnio, D. (2011). Anaerobic capacity of upper and lower limbs muscles in combat sports contestants. *Journal of Combat Sports and Martial Arts*,

2(2), 91–94.

- Imamura, H., Yoshimura, Y., Uchida, K., Nishimura, S., & Nakazawa, A. (1998). Maximal oxygen uptake, body composition and strength of highly competitive and novice karate practitioners. *Appl Human Sci*, *17*(5), 215–218.
- Jaric, S., Mirkov, D., & Markovic, G. (2005). Normalizing physical performance tests for body size: A proposal for standardization. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *19*(2), 467–474.
- Jensen, K., Johansen, L., & Secher, N. H. (2001). Influence of body mass on maximal oxygen uptake: effect of sample size. *European Journal of Applied Physiology*, *84*(3), 201–205.
- Jetton, A. M., Lawrence, M. M., Meucci, M., Haines, T. L., Collier, S. R., Morris, D. M., ... 1. (2013). Dehydration and acute weight gain in mix martial arts fighters before competition. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *27*(5), 1322–1326.
- Julio, U. F., Panissa, V. L. G., Esteves, J. V., Cury, R. L., Agostinho, M. F., & Franchini, E. (2017). Energy-System Contributions to Simulated Judo Matches. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *12*(5), 676–683.
- Kano, J. (2009). *Kodokan Judo*. São Paulo: Cultrix.
- Kendall, K. L., & Fukuda, D. H. (2011). Rowing Ergometer Training for Combat Sports. *Strength and Conditioning Journal*, *33*(6), 80–85.
- Kerschman-Schindl, K., Thalmann, M., Sodeck, G. H., Skenderi, K., Matalas, A. L., Grampp, S., ... Pietschmann, P. (2009). A 246-km continuous running race causes significant changes in bone metabolism. *Bone*, *45*(6), 1079–1083.
- Khalili-Borna, D., & Honsik, K. (2005). Wrestling and sports medicine. *Current Sports Medicine Reports*, *4*(3), 144–149.
- Khanna, G. L., & Manna, I. (2006). Study of Physiological Profile of Indian Boxers. *Journal of Sports Science and Medicine*, *5*, 90–98.
- Kohrt, W. M., Bloomfield, S. A., Little, K. D., Nelson, M. E., & Yingling, V. R. (2017). Physical Activity and Bone Health. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *36*(11), 1985–1996.
- Kraemer, W. J., Fry, A. C., Rubin, M. R., Triplett-Mcbride, T., Gordon, S. E., Perry Koziris, L., ... Fleck, S. J. (2001). Physiological and performance responses to tournament wrestling. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *33*(8), 1367–1378.
- La Bounty, P., Campbell, B. I., Galvan, E., Cooke, M., & Antonio, J. (2011). Strength and Conditioning Considerations for Mixed Martial Arts. *Strength & Conditioning Journal (Lippincott Williams & Wilkins)*, *33*(1), 56–67.
- Leahy, S., O'Neill, C., Sohun, R., & Jakeman, P. (2012). A comparison of dual energy X-ray absorptiometry and bioelectrical impedance analysis to measure total and segmental body composition in healthy young adults. *European Journal of Applied Physiology*, *112*(2), 589–595.

- Leitão-da-Silva, M. (2015). *Perfil Comparativo de Atletas de Kickboxing e Jiu-Jitsu: Estudo multidimensional da Morfologia externa, desempenho em provas maximais de curtas e média duração, força muscular e orientação para a realização de objetivos*.
- Lenetsky, S., & Harris, N. (2012). The Mixed Martial Arts Athlete : A Physiological Profile. *Strength and Conditioning Journal*, 34(1), 32–47.
- Lim, S.-N., Chai, J.-H., Song, J. K., Seo, M.-W., & Kim, H.-B. (2015). Comparison of nutritional intake, body composition, bone mineral density, and isokinetic strength in collegiate female dancers. *Journal of Exercise Rehabilitation*, 11(6), 356–362.
- Lima, F., De Falco, V., Baima, J., Carazzato, J. G., & Pereira, R. M. R. (2001). Effect of impact load and active load on bone metabolism and body composition of adolescent athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(8), 1318–1323.
- Lohmann, T. G., Roche, A. F., & Martorell, R. (1988). *Anthropometric Standardization Reference Manual*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Lolli, L., Batterham, A. M., Weston, K. L., & Atkinson, G. (2017). Size Exponents for Scaling Maximal Oxygen Uptake in Over 6500 Humans: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 47(7), 1405–1419.
- Lovell, D. I., Bousson, M., & McLellan, C. (2013). The Use of Performance Tests for the Physiological Monitoring of Training in Combat Sports: A Case Study of a World Ranked Mixed Martial Arts Fighter. *Journal of Athletic Enhancement*, 2(1), 1–6.
- Mala, L., Maly, T., Zahalka, F., Heller, J., Hrasky, P., Vodicka, P., & Mala, L. (2015). Differences in the morphological and physiological characteristics of senior and junior elite Czech judo athletes. *Archives of Budo*, 11(June), 217–226.
- Mazess, R., Barden, H., Bisek, J., & Hanson, J. (1990). Dual-energy x-ray absorptiometry for total-body and regional bone-mineral and soft-tissue composition. *Am J Clin Nutr*, 51(6), 1106–1112.
- Mccargar, L. J., & Crawford, S. M. (1992). Metabolic and anthropometric changes with weight cycling in wrestlers. *Medicine & Science In Sports & Exercise*, 24(11), 1270–1275.
- Menna-Barreto, S. S. (2002). Valores de referência para espirometria em crianças e adolescentes, calculados a partir de uma amostra da cidade de São Paulo. Valores finais publicados em: Pereira CAC, Lemle A, Algranti E, Jansen JM, Valença LM, Nery LE, Mallozi M, Gerbasi M, Dias RM,. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, 28(3), S83–S94.
- Miarka, B., Coswig, V. S., Vecchio, F. B. D., Brito, C. J., & Amtmann, J. (2015). Comparisons of Time-motion Analysis of Mixed Martial Arts Rounds by Weight Divisions. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 15(3), 1189–1201.
- Mirzaei, B., Curby, D. G., Rahmani-Nia, F., & Moghadasi, M. (2009). Physiological profile of elite Iranian junior freestyle wrestlers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(8), 2339–2344.



- Morato, V. (2016). *Perfil Multidimensional Do Atleta De Judô*. Universidade de Coimbra.
- Morgan, S. L., & Prater, G. L. (2017). Quality in dual-energy X-ray absorptiometry scans. *Bone*, *104*, 13–28.
- Morton, J. P., Robertson, C., Sutton, L., & MacLaren, D. P. M. (2010). Making the weight: A case study from professional boxing. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, *20*(1), 80–85.
- Multani, N. K., Kaur, H., & Chahal, A. (2011). Impact of Sporting activities on Bone Mineral Density. *Journal of Exercise Science and Physiotherapy*, *7*(2), 103–109.
- Nevill, A. M., Bate, S., & Holder, R. L. (2005). Modeling physiological and anthropometric variables known to vary with body size and other confounding variables. *American Journal of Physical Anthropology, Suppl 41*, 141–153.
- Nevill, A. M., Brown, D., Godfrey, R., Johnson, P., Romer, L., Stewart, A. D., & Winter, E. M. (2003). Modeling maximum oxygen uptake of elite endurance athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *35*(3), 488–494.
- Nevill, A. M., & Holder, R. L. (1994). Modelling Maximum Oxygen Uptake-A Case-Study in Non-Linear Regression Model Formulation and Comparison. *Applied Statistics*, *43*(4), 653.
- Nevill, A. M., Holder, R. L., & Alan, M. (1995). Scaling, normalizing and per ratio an allometric modeling approach standards: an allometric modeling approach. *Journal of Applied Physiology*, *79*(3), 1027–1031.
- Ouergui, I., Hssin, N., Haddad, M., Padulo, J., Franchini, E., Gmada, N., & Bouhleb, E. (2014). The effects of five weeks of kickboxing training on physical fitness. *Muscles, Ligaments and Tendons Journal*, *4*(2), 106–113.
- Papazoglou, D., Augello, G., Tagliaferri, M., Savia, G., Marzullo, P., Maltezos, E., & Liuzzi, A. (2006). Evaluation of a multisensor armband in estimating energy expenditure in obese individuals. *Obesity (Silver Spring, Md.)*, *14*(12), 2217–2223.
- Perón, A. P. D., Garcia, L. D. S., Alvarez, J. F. G., Filho, W. Z., Da Silva, A. W. (2009). Perfil nutricional de boxeadores olímpicos e avaliação do impacto da intervenção nutricional no ajuste de peso para as categorias de lutas. *O Mundo Da Saúde, São Paulo*, *33*(3), 352–357.
- Platen, P., Chae, E. H., Antz, R., Lehmann, R., Kühlmorgen, J., & Allolio, B. (2001). Bone mineral density in top level male athletes of different sports. *European Journal of Sport Science*, *1*(5), 1–15.
- Poliakoff, M. B. (1995). *Combat Sports in the Ancient World: Competition, Violence, and Culture* (Revised ed). New Haven, Connecticut: Yale University Press.
- Powers, S., & Howley, E. T. (1997). *Exercise physiology*. Madison: Brown & Benchmark Publishers.
- Price, M., Beckford, C., Dorricott, A., Hill, C., Kershaw, M., Singh, M., & Thornton, I. (2014). Oxygen uptake during upper body and lower body Wingate anaerobic tests. *Applied*

- Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 39(12), 1345–1351.
- Prouteau, S., Pelle, A., Collomp, K., Benhamou, L., & Courteix, D. (2006). Bone Density in Elite Judoists and Effects of Weight Cycling on Bone Metabolic Balance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 38(4), 694–700. Retrieved from
- Ramirez-Velez, R., Argothyd, R., Meneses-Echavez, J. F., Sanchez-Puccini, M. B., Lopez-Alban, C. A., & Cohen, D. D. (2014). Anthropometric characteristics and physical performance of Colombian elite male wrestlers. *Asian Journal of Sports Medicine*, 5(4), 2–5.
- Ravier, G., Dugué, B., Grappe, F., & Rouillon, J. D. (2009). Impressive anaerobic adaptations in elite karate athletes due to few intensive intermittent sessions added to regular karate training. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 19(5), 687–694.
- Ravier, G., Grappe, F., & Rouillon, J. D. (2004). Application of force-velocity cycle ergometer test and vertical jump tests in the functional assessment of karate competitor. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 44(4), 349–355.
- Roemmich, J., & Sinning, W. (1996). Sport-Seasonal Changes in Body Composition, Growth, Power and Strength of Adolescent Wrestlers. *International Journal of Sports Medicine*, 17(02), 92–99.
- Rowland, T. W. (2005). *Children's Exercise Physiology* (2nd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Savastano, S., Belfiore, A., Di Somma, C., Mauriello, C., Rossi, A., Pizza, G., ... Colao, A. (2010). Validity of bioelectrical impedance analysis to estimate body composition changes after bariatric surgery in premenopausal morbidly women. *Obesity Surgery*, 20(3), 332–339.
- Schwarz, P., Courteix, D., & Karlsson, M. K. (2006). Exercise and bone. *European Journal of Sport Science*, 6(3), 141–144.
- Scofield, K. L., & Hecht, S. (2012). Bone Health in Endurance Athletes. *Current Sports Medicine Reports*, 11(6), 328–334.
- Serresse, O., Lortie, G., Bouchard, C., & Boulay, M. R. (1988). Estimation of the contribution of the various energy systems during maximal work of short duration. *International Journal of Sports Medicine*, 9(6), 456–460.
- Shirani, G., Kalantar Motamedi, M. H., Ashuri, A., & Eshkevari, P. S. (2010). Prevalence and patterns of combat sport related maxillofacial injuries. *Journal of Emergencies, Trauma, and Shock*, 3(4), 314–317.
- Silva, G., Deresz, C., & Lima, P. (2006). Associação entre limiares ventilatórios e percepção do esforço. *Revista Brasileira de Ciencia e Movimento*, 14(2), 73–80.
- Siri, W. (1961). Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. In J. Brozek & A. Henschel (Eds.), *Techniques for Measuring Body Composition* (pp. 223–244). Washington, DC: National Academy of Sciences - National Research Council.
- Slimani, M., Chaabene, H., Miarka, B., Franchini, E., Chamari, K., & Cheour, F. (2017).

- Kickboxing review: Anthropometric, psychophysiological and activity profiles and injury epidemiology. *Biology of Sport*, 34(2), 185–196.
- Slimani, M., Miarka, B., & Chéour, F. (2017). Effects of competitive level and gender on anthropometric profile and physiological attributes in kickboxers. *Collegium Antropologicum*, 41(3), 267–274
- Slimani, M., Chaabene, H., Miarka, B., & Chamari, K. (2017). The Activity Profile of Elite Low-Kick Kickboxing Competition. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(2), 182–189.
- Smith, J. C., & Hill, D. W. (1991). Contribution of energy systems during a Wingate power test. *British Journal of Sports Medicine*, 25(4), 196–199.
- Smith, M. S. (1998). *Sport specific ergometry and the physiological demands of amateur boxing*. University College Chichester.
- Smith, M. S. (2006). Physiological Profile of Senior and Junior England International Boxers. *Journal of Sports Science and Medicine*, (CSSI), 74–89.
- Sousa-e-Silva, P. (2015). *Estudo multidimensional do perfil do atleta de Kickboxing Português na etapa pré-profissional: Composição corporal, morfologia da mão, aptidão em protocolos máximos de curta e média duração, parâmetros ecocardiográficos, dinamometria isocinética e orient*. Universidade de Coimbra.
- Swaddling, J. (2015). *The ancient Olympic Games* (3rd ed.). Austin, Texas: University of Texas Press.
- T Sharratt, M., Taylor, A., & M Song, T. (1986). *A physiological profile of elite Canadian freestyle wrestlers*. *Canadian journal of applied sport sciences. Journal canadien des sciences appliquées au sport* (Vol. 11).
- Tachi, Y., Sakamoto, Y., Koike, A., Sasaki-Fukatsu, K., Iida, K., Kita, T., & Wang, P.-L. (2017). Impact of Exercise and Nutrition on Bone Mass. *Journal of Hard Tissue Biology*, 26(4), 381–385.
- Tam, N., Santos-Concejero, J., Tucker, R., Lamberts, R. P., & Micklesfield, L. K. (2017). Bone health in elite Kenyan runners. *Journal of Sports Sciences*, 1–6.
- Tanaka, H., Monahan, K. D., & Seals, D. R. (2001). Age-predicted maximal heart rate revisited. *Journal of the American College of Cardiology*, 37(1), 153–156.
- Tanner, J. M. (1949). Fallacy of Per-Weight and Per-Surface Area Standards, and Their Relation to Spurious Correlation. *Journal of Applied Physiology*, 2(1), 1–15.
- Tavares, Ó., Costa, D. C., Sousa-e-silva, P., Lus, L. G. O., Duarte-mendes, P., & Coelho-e-silva, M. J. (2018). Agreement between dual x-ray absorptiometers using pencil beam and fan beam : indicators of bone health and whole-body plus appendicular tissue composition in adult athletes. *Revista Da Associação Médica Brasileira*, 64(4), 330–338.
- Taylor, H. L., Buskirk, E., & Henschel, A. (1955). Maximal Oxygen Intake as an Objective

- Measure of Cardio-Respiratory Performance. *Journal of Applied Physiology*, 8(1), 73–80.
- Valente-Dos-Santos, J., Coelho-E-Silva, M. J., Tavares, Ó. 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. *Annals of Human Biology*, 42(2), 125–133.
- Valente-dos-Santos, J., Sherar, L., Coelho-E-Silva, M. J., Pereira, J. R., Vaz, V., Cupido-Dos-Santos, A., ... Malina, R. M. (2013). Allometric scaling of peak oxygen uptake in male roller hockey players under 17 years old. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 38(4), 390–395.
- Vidal Andreato, L., Franzói de Moraes, S. M., Lopes de Moraes Gomes, T., Del Conti Esteves, J. V., Vidal Andreato, T., & Franchini, E. (2011). Estimated aerobic power, muscular strength and flexibility in elite Brazilian Jiu-Jitsu athletes. *Science & Sports*, 26(6), 329–337.
- Virgílio, S. (2002). *Conde Koma: o invencível yondan da história*. Campinas: Editora Átomo.
- Wasserman, K., Whipp, B. J., Koysl, S. N., & Beaver, W. L. (1973). Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. *Journal of Applied Physiology*, 35(2), 236–243.
- Welsman, J. R., Armstrong, N., Nevill, a M., Winter, E. M., & Kirby, B. J. (1996). Scaling peak VO<sub>2</sub> for differences in body size. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28(2), 259–265.
- Wilmore, J., & Costill, D. (2005). *Physiology of Sport and Exercise* (3rd ed.). Champaign: Human Kinetics.
- Wroble, R., & Moxley, D. (1998). Weight loss patterns and success rates in high school wrestlers. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 30(4), 625–628.
- Yoon, J. (2002). Physiological Profile of Elite Senior Wrestlers. *Sports Medicine*, 32(4), 225–233.
- Yoon, J., & Jun, J. (1990). A study on aerobic and anaerobic power of elite Korean National Wrestlers. In H. Kang, K. Kim, & K. Kim (Eds.), *1st Korean Exercise Academy Symposium* (pp. 102–107). Seoul: Taegeun Press.
- Zabukovec, R., & Tiidus, P. M. (1995). Physiological and Anthropometric Profile of Elite Kickboxers. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 9(4), 240–242.
- Zaccagni, L. (2012). Anthropometric characteristics and body composition of Italian national wrestlers. *European Journal of Sport Science*, 12(2), 145–151.
- Zatsiorsky, V., & Kraemer, W. J. (2006). *Science and Practice of Strength Training*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Zupan, M. F., Arata, A. W., Dawson, L. H., Wile, A. L., Payn, T. L., & Hannon, M. E. (2009). Wingate Anaerobic Test peak power and anaerobic capacity classifications for men and women intercollegiate athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 23(9), 2598–2604.