

**Escola Superior de Tecnologia da Saúde do Porto  
Instituto Politécnico do Porto**

**Rui Alves Vilarinho**

**Efeitos de Uma Sessão de Exercício Físico Associado  
à Microcorrente Abdominal na Seleção do Substrato  
Energético**

Dissertação submetida à Escola Superior de Tecnologia a Saúde do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Fisioterapia – Opção Cardio-Respiratório, realizada sob a orientação científica do Mestre Andreia Raquel Santos Noites Soares de Pinho, Professora Adjunta, da Área Técnico-Científica de Fisioterapia

**Março de 2015**

# Efeitos de Uma Sessão de Exercício Físico Associado à Microcorrente Abdominal na Seleção do Substrato Energético

Rui Alves Vilarinho<sup>1</sup>, Andreia Raquel Santos Noites<sup>2</sup>, Susana Miriam Faria Couto<sup>3</sup>, Pedro Manuel Ribeiro Rocha Monteiro<sup>4</sup>, Cristina Melo<sup>5</sup>, Rubim Santos<sup>7</sup>

<sup>1,2,3,4,5,6</sup>ESTSP – Escola Superior de Tecnologia da Saúde do Porto

<sup>2,4,5</sup>ATCFT – Área Técnico-Científica da Fisioterapia

<sup>4</sup>ATCCF – Área Técnico-Científica das Ciências Funcionais

<sup>7</sup>ATCF – Área Técnico-Científica da Física

## Resumo

**Introdução:** A acumulação de gordura na região abdominal acarreta um maior risco para a saúde. **Objetivo(s):** Analisar o efeito de um protocolo de uma sessão de exercício físico aeróbio associada à eletrolipólise no tecido adiposo da região abdominal nos valores do consumo e proporção dos substratos energéticos. É ainda objetivo avaliar as diferenças no consumo e proporção dos substratos energéticos, com o mesmo protocolo, no sexo feminino e no sexo masculino. **Métodos:** 38 participantes foram distribuídos aleatoriamente por dois grupos, o grupo experimental (9 feminino e 9 masculino) e o grupo placebo (11 feminino e 9 masculino). Ambos os grupos foram avaliados através das medidas antropométricas e foram sujeitos aos dois protocolos do estudo, o de microcorrente com aplicação 2 frequências (25 e 10Hz), 20 minutos cada, e o de exercício aeróbio a 45-55% frequência cardíaca de reserva. Contudo, no grupo placebo a microcorrente foi realizada sem intensidade. Para obtenção dos valores do consumo e proporção dos substratos foi utilizado o K4b2 durante o exercício físico. **Resultados:** Não se verificaram diferenças significativas nas quantidades de ácidos gordos, glucose e no quociente respiratório entre os grupos ( $p > 0,05$ ). No entanto, parece haver uma tendência para um maior consumo de ácidos gordos após a aplicação da microcorrente durante o exercício físico. **Conclusão:** Os resultados deste estudo indicam que uma sessão de eletrolipólise associada ao exercício físico aeróbio não parece ser suficiente para influenciar a quantidade do consumo e a proporção dos substratos energéticos numa amostra de indivíduos jovens de ambos os sexos.

**Palavras-chave:** Microcorrente, Exercício Aeróbio, K4b<sup>2</sup>, Substratos Energéticos, Sexos

## Abstract

**Background:** The accumulation of fat in the abdominal region entails a greater risk to health. **Aim(s):** Analyse the effect of one protocol in one session of aerobic exercise associated to electrolipolysis in the adipose tissue of the abdominal region in the expenditure and proportion of energy substrates. It's also an objective to examine the differences in the expenditure and proportion of substrates, with the same protocol, in women and men. **Methods:** 38 participants had been distributed randomly by two groups, experimental group (9 women and 9 men) and placebo group (11 women and 9 men). Both groups were evaluated through anthropometric

measurements and they were subjected to the two protocols of the study, the microcurrent with two frequencies (25 and 10 Hz), 20 minutes each one, and the aerobic exercise at 45-55% of heart rate reserve. Though, in the placebo group the microcurrent was made without intensity. To obtain the values of expenditure and proportion of the energy substrates was used the K4b<sup>2</sup> during exercise. **Results:** There were no significant differences in the quantity of fatty acids, glucose and in respiratory exchange ratio between groups ( $p > 0.05$ ). However, there seems to be a trend towards a higher consumption of AG after the application of microcurrent during exercise. **Conclusion:** The results of this study indicate that one session of electrolipolysis associated with aerobic exercise seems to be insufficient to influence the consumption and the proportion of energy substrates in young individuals of both sexes.

**Key words:** Microcurrent, Aerobic exercise, K4b<sup>2</sup>, Energy Substrates, Sexes

## 1 Introdução

O tecido adiposo, um órgão endócrino produtor de adipocinas, que afetam a função de órgãos à distância, é considerado a maior reserva energética sob a forma de triglicerídeos (TG), constituídos por uma molécula de glicerol e três moléculas de ácidos gordos (AG), convertidos a partir dos nutrientes que fornecem calorias em excesso (Ahmadian, Duncan, & Sul, 2009; Lafontan & Langin, 2009).

Quando o organismo se encontra num balanço energético positivo, em que a quantidade de energia ingerida é superior à quantidade de energia despendida, ocorre um aumento das reservas nos adipócitos. Nestas condições é favorecida a lipogénese relativamente à lipólise (Bulow, 2004).

A abundância de alimentos de alto teor calórico e o aumento do comportamento sedentário favorecem o armazenamento de energia, ou seja, sucessivos balanços energéticos positivos (Corpeleijn, Saris, & Blaak, 2009; Wu & O'Sullivan, 2011), que resultam num excesso de gordura capaz de afetar a saúde (Ahmadian et al., 2009; Hossain, Kavar, & El Nahas, 2007).

Para Lafontan (2014) o tecido adiposo apresenta uma capacidade limitada de armazenamento de lípidos, devido à saturação da capacidade de expansão e consequente disfunção dos adipócitos numa condição obesa (Lafontan, 2014). Esta disfunção é prejudicial pois faz com que o fluxo lipolítico seja apontado para órgãos não adiposos, ou seja, ocorre uma acumulação ectópica de lípidos promovendo um fenómeno de lipotoxicidade (Arner et al., 2011; Corpeleijn et al., 2009; Higa, Spinola, Fonseca-Alaniz, & Evangelista, 2014), sendo considerado um fator de risco importante para o desenvolvimento de desordens metabólicas e

problemas cardiovasculares (Tchoukalova et al., 2010; Unger, Clark, Scherer, & Orci, 2010; Wang et al., 2008).

Ao considerar o impacto do tecido adiposo no metabolismo, a sua distribuição anatômica apresenta um papel muito importante, sendo que o risco está intimamente associado, independentemente da gordura corporal total, à acumulação de gordura na região abdominal, acarretando assim um maior risco para a saúde (Goodpaster et al., 2005; Phillips et al., 2013).

A compreensão dos fatores que contribuem para acumulação de gordura e sua distribuição pelo corpo, bem como a sua influência no metabolismo lipídico (J.-F. Brun, Romain, & Mercier, 2011), pode portanto culminar em estratégias que consigam potencializar a mobilização de gordura, controlando ou, até mesmo, revertendo o ganho da mesma, visto que a nova evidência sugere que o tecido adiposo apresenta a capacidade de aumentar a utilização de AG em resposta ao aumento da lipólise (Ahmadian et al., 2009), sendo esta um potencial alvo terapêutico para o excesso de peso (Wang et al., 2008).

A eletrolipólise mediada pela microcorrente parece poder apresentar um efeito adicional ao exercício físico (EF) aeróbio na estimulação localizada da lipólise nos adipócitos da região abdominal. Apesar do EF induzir um balanço energético negativo (I. de Glisezinski et al., 2009; You et al., 2012), com um claro controle na mobilização lipídica através da libertação das catecolaminas (CAT) [noradrenalina (NA) e adrenalina (A)] via Sistema Nervoso Simpático (SNS), no meio científico autores apontam que durante a sua prática as fontes lipídicas são globais (Achten & Jeukendrup, 2004; Horowitz & Klein, 2000; Melanson, MacLean, & Hill, 2009; Roepstorff et al., 2006). Assim é reforçada a utilidade de ferramentas que promovam a utilização de gordura a partir da região abdominal, sendo que o combate à obesidade centrípeta parece acarretar maiores ganhos em saúde.

Os efeitos da aplicação da estimulação elétrica no tecido adiposo têm despertado o interesse dos investigadores devido às descobertas feitas sobre o seu efeito na ativação do SNS (Dodt, Lonroth, Fehm, & Elam, 1999; Dodt, Lonroth, Wellhoner, Fehm, & Elam, 2003) e à presença nos adipócitos de canais de potássio (K) dependentes de voltagem com ação na cascata lipolítica (Ramirez-Ponce, Mateos, & Bellido, 2003). Sabendo que a estimulação elétrica é conhecida por despolarizar a membrana celular e, por sua vez, a membrana alterar as propriedades elétricas, atuando sobre os canais iônicos dependentes de voltagem quando presentes, pensa-se que a microcorrente possa estimular a cascata lipolítica, através das propriedades eletrofisiológicas dos adipócitos, aumentando a disponibilidade dos AG para a produção energética (Hamida, Comtois, Portmann, Boucher, & Savard, 2011).

Para além dos AG, a glucose (GLU) é um dos principais substratos que alimentam a síntese do trifosfato de adenosina (ATP) no músculo-esquelético (Jeukendrup, 2003), sendo que as proteínas (P) apresentam uma pequena contribuição (Powers & Howley, 2008). A estimativa da contribuição destes substratos é calculada pelo quociente respiratório não-proteico (QR), através da relação entre o débito de dióxido carbono (CO<sub>2</sub>) produzido e o volume de oxigénio (O<sub>2</sub>) consumido (Melzer, 2011). Esta estimativa é explicada pelo facto dos AG e G diferirem na quantidade de O<sub>2</sub> utilizado e CO<sub>2</sub> produzido durante a sua oxidação, no qual o QR apresenta normalmente valores entre 0,7 e 1, sendo que quanto menor este valor maior é a energia libertada através da contribuição dos AG (Powers & Howley, 2008).

Durante o EF aeróbio a contribuição dos substratos dependem da intensidade e da duração (J. F. Brun, Jean, Ghanassia, Flavier, & Mercier, 2007), e das características dos indivíduos, particularmente o sexo (Jeukendrup, 2003). O homem e a mulher apresentam diferentes padrões de deposição, mobilização e utilização de gordura (Lafontan & Langin, 2009; Venables, Achten, & Jeukendrup, 2005). Estas diferenças metabólicas estão associadas a vários fatores, como hormonais, mas também às diferentes características na atividade adrenérgica dos adipócitos entre os sexos, nomeadamente na região abdominal (Williams, 2004). A atividade adrenérgica apresenta um papel importante na estimulação da lipólise associada às propriedades eletrofisiológicas e à estimulação via CAT (Bartness, Shrestha, Vaughan, Schwartz, & Song, 2010; Ramirez-Ponce, Acosta, Bellido, & Mateos, 1998).

Assim, torna-se pertinente estudar os efeitos da microcorrente na contribuição dos substratos energéticos para a produção energética uma vez que a microcorrente pode potenciar a taxa lipolítica, aumentando a disponibilidade destes na circulação sanguínea, e assim contribuir para uma maior seleção dos lípidos para a produção de ATP. Esta contribuição pode ser diferente entre os sexos visto que pode existir diferenças na taxa lipolítica da região abdominal e desta forma influenciar a oxidação dos substratos energéticos.

Pelos motivos expostos anteriormente, o objetivo deste estudo foi analisar o efeito de um protocolo de uma sessão de EF aeróbio associada à eletrolipólise no tecido adiposo da região abdominal nos valores da quantidade de consumo de AG e G e na proporção da fonte energética através do QR. É ainda objetivo avaliar as diferenças no consumo e proporção dos substratos energéticos, com o mesmo protocolo, no sexo feminino e no sexo masculino.

## 2 Métodos

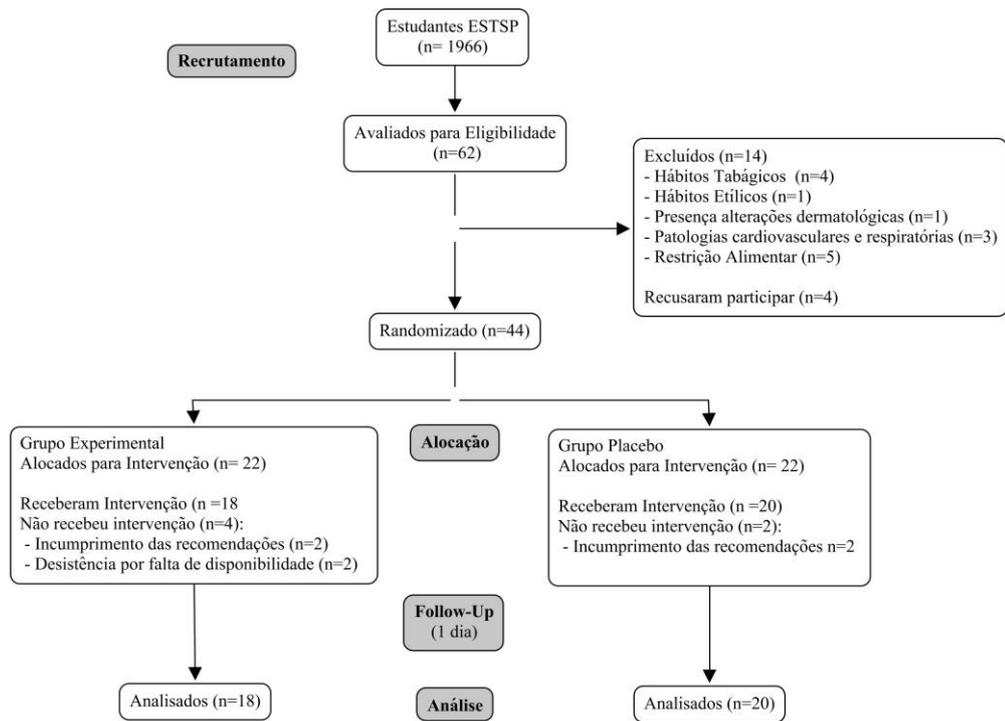
### 2.1 Amostra

Para o presente estudo, randomizado controlado e duplamente cego, foram convidados todos os estudantes da Escola Superior de Tecnologia da Saúde do Porto (ESTSP), com idades entre os 18 e os 30 anos (n= 1962). Os indivíduos selecionados foram randomizados para os grupos segundo o modelo estratificado, tendo em conta o sexo, em blocos de 4, através da atribuição de um número aleatório no *Microsoft Office Excel 2010*.

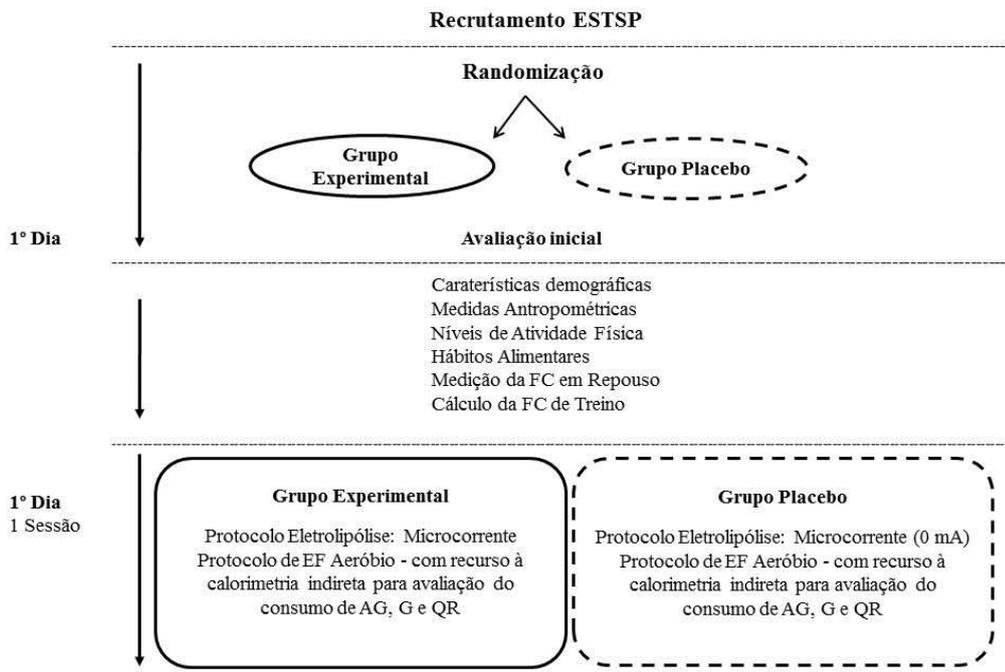
Tanto os participantes como os investigadores não tiveram conhecimento do grupo em que ficaram inseridos, excepto um investigador no qual foi responsável pelo protocolo de microcorrente, não apresentando um papel ativo na avaliação das variáveis em estudo.

Como critérios de inclusão definiram-se indivíduos estudantes da ESTSP, de ambos os sexos, e que apresentassem disponibilidade para cooperar no estudo. Os critérios de exclusão englobaram participantes: gestantes ou em pós-parto inferior a um ano; com hábitos tabágicos e etílicos; com disfunções metabólicas, hematológicas e renais; com patologias digestivas; alterações dermatológicas; portadores de dispositivos eletrónicos ou metálicos (exemplos: *pacemaker*, *DIU*); com contraindicação ao EF (patologias cardiovasculares, respiratórias e ortopédicas); inseridos em programas de perda de peso.

Dos 62 participantes avaliados para elegibilidade 14 participantes foram excluídos e 4 participantes recusaram participar. Durante a realização do estudo, 4 participantes do grupo experimental (GE) não receberam intervenção, 2 por incumprimento das recomendações e 2 por falta de disponibilidade, e 2 participantes pertencentes ao grupo placebo (GP) também não por incumprimento das recomendações para a participação (figura 1). Assim, a amostra final do presente estudo, GE (n=18) e GP (n=20), foi sujeita aos dois protocolos do estudo, designadamente o de eletrolipólise, não invasivo mediado por microcorrente, e o de EF aeróbio. Contudo, no GP o protocolo de eletrolipólise foi realizado sem intensidade (figura 2). Dos 38 participantes, 20 eram do sexo feminino e 18 do sexo masculino.



**Figura 1** - Diagrama do processo de seleção, distribuição e variação da amostra em estudo



**Figura 2** - Desenho do estudo

## 2.2 Instrumentos

### 2.2.1 Questionários

Para a seleção e caracterização da amostra foi desenvolvido um questionário com o objetivo de recolher os dados sociodemográficos e verificar se os critérios necessários para o presente estudo eram cumpridos (disponível online: [https://qtrial2012.qualtrics.com/SE/?SID=SV\\_7UQjrJhNJIDWx2B](https://qtrial2012.qualtrics.com/SE/?SID=SV_7UQjrJhNJIDWx2B)).

Para mensurar os níveis da atividade física dos voluntários foi utilizada a versão curta do *International Physical Activity Questionnaire* (IPAQ), que usa como período de referência, os últimos 7 dias (versão 6). Esta versão foi validada para a população portuguesa por Craig et al. (2003), com uma validade concorrente de 0,49, uma fiabilidade com um  $\sigma$  de Spearman de 0,77 e ICC=0,83 (Craig et al., 2003).

O Questionário Semi-quantitativo de Frequência Alimentar (QFA) foi utilizado para a quantificação da ingestão alimentar referente aos 12 meses antecedentes ao seu preenchimento. Este questionário apresenta-se validado para a população portuguesa apresentando valores médios de correlações com os registos alimentares diários de 0,54. A reprodutibilidade do questionário apresentou um valor médio das correlações univariadas para os 22 nutrientes de 0,57 (amplitude de variação: 0,35-0,88). Com a ingestão calórica, a média de correlações foi de 0,50 (C. Lopes, Aro, Azevedo, Ramos, & Barros, 2007; C. M. d. M. Lopes, 2000).

### 2.2.2 Medidas Antropométricas

Na avaliação da altura e perímetro abdominal foi usada uma fita-métrica inelástica da marca COMED<sup>®</sup> (França), com uma precisão de 0,1 centímetros (cm) para um máximo de 2 metros (m). Este instrumento apresenta um coeficiente de correlação para a medição da altura de 0,98 comparativamente ao raio-x (Gogia & Braatz, 1986).

Para avaliação da massa corporal e percentagem de massa gorda total (%MGT) foi usada a balança de bioimpedância *Tanita BC-420MA<sup>TM</sup>* (EUA), cuja frequência de leitura é de 50 kHz, tem capacidade para 150 quilogramas (Kg) e uma precisão de 0,1 Kg para o peso e 0,1% para a %MGT (Corporation, 2005). O coeficiente de correlação com a absorciometria radiológica de dupla energia (DEXA) está entre 0,88-0,89 (Lintsi, Kaarma, & Kull, 2004).

### 2.2.3 Protocolo de Eletrolipólise

Para a aplicação do protocolo de eletrolipólise utilizou-se um aparelho da marca *Enraf Nonius*<sup>®</sup> (Holanda), modelo *Sonopuls 692*, e elétrodos transcutâneos em banda (53,5x5,5cm; 58x5,5cm; 61,5x5,5cm).

### 2.2.4 Protocolo de Exercício Físico Aeróbio

Para avaliar a frequência cardíaca (FC) em repouso, para o cálculo da FC de treino e monitorização do protocolo de EF aeróbio, foram utilizados um cardiofrequencímetro e um relógio da marca *POLAR*<sup>®</sup> (EUA), modelo FT7. Este apresenta uma excelente precisão com um erro de  $\pm 1\%$  ou  $\pm 1$  bpm (Oy, 2010) e um coeficiente de correlação entre 0,981 e 0,998, durante o EF, em comparação com o eletrocardiograma (Vanderlei, Silva, Pastre, Azevedo, & Godoy, 2008).

Para a realização do protocolo de EF aeróbio recorreu-se ao cicloergómetro *Monark* (Suécia), modelo *928E*. Juntamente foi utilizado, como sistema de calorimetria indireta, o sistema portátil *K4b<sup>2</sup>*, criado pela *COSMED*<sup>®</sup>, para a análise dos volumes de oxigénio ( $VO_2$ ) consumido, do dióxido carbono ( $VCO_2$ ) produzido e para o cálculo do QR (*COSMED*, 2003). O *K4b<sup>2</sup>* demonstrou ser um método eficaz para a avaliação  $VO_2$  e  $VCO_2$  numa ampla faixa de intensidades de exercício, apresentando valores para os limites de concordância e viés para ventilação-minuto ( $V_E$ ) de  $\pm 1,63$  e  $\pm 1,27$  L/min, para  $VO_2$  de  $\pm 0,82$  e  $\pm 0,08$  L/min e para  $VCO_2$  de  $\pm 0,67$  e  $\pm 0,06$  L/min, respetivamente. Os valores do ICC foram  $V_E$ : 0,58-0,78;  $VO_2$ : 0,53-0,87;  $VCO_2$ : 0,68-0,81 (Duffield, Dawson, Pinnington, & Wong, 2004; McLaughlin, King, Howley, Bassett, & Ainsworth, 2001; Romijn, Coyle, Hibbert, & Wolfe, 1992)

Para a monitorização da intensidade do EF foi também utilizada a Escala de Perceção Subjetiva de Esforço de Borg (com escala numérica de 6 a 20). Chen, Fan & Moe (2002) verificaram uma força de relação entre as classificações da perceção do esforço e a FC de  $r=0,62$  e um  $r=0,64$  comparativamente à percentagem de  $VO_2$  máximo ( $VO_2$  máx) (Chen, Fan, & Moe, 2002).

É de salientar que o esfigmomanómetro digital da marca *Tensoval Duo*<sup>®</sup> (Alemanha) foi utilizado para a medição da tensão arterial (TA), como forma de prevenção e monitorização. Este instrumento é considerado válido para a medição da TA e apresenta uma excelente fiabilidade (grau A), segundo os critérios da *British Hypertension Society*, e preenche os critérios da *American Association for the Advancement of Medical Instrumentation* e da *European Society of Hypertension*, com uma precisão intra-paciente excelente, 80%, em

comparação com o esfigmomanómetro de mercúrio manual (De Greeff, Arora, Hervey, Liu, & Shennan, 2008).

## **2.3 Procedimentos**

### *2.3.1 Estudo Piloto*

Foi realizado um estudo piloto num grupo de indivíduos (n=7), sendo 3 do sexo masculino e 4 do sexo feminino, com características semelhantes às da amostra em estudo (não pertencentes à mesma) com o objetivo de testar a metodologia. Apenas foi necessário proceder à reformulação de três questões do questionário, tendo em conta as sugestões do painel de peritos e dos elementos piloto.

### *2.3.2 Seleção da Amostra e Aplicação dos Questionários*

Foi distribuído aos estudantes da ESTSP, via correio eletrónico, o convite para participar no estudo e seus objetivos, assim como o link do questionário de caracterização e seleção da amostra.

Após a seleção da amostra foi dada uma sessão de esclarecimento sobre o projeto, sendo patente no final a aceitação e a concordância por parte dos participantes. No final da sessão foi entregue a todos os participantes um documento por escrito com as recomendações necessárias para a participação no estudo, com o objetivo de minimizar a influência dos agentes externos ao estudo (anexo 1).

Posteriormente, procedeu-se à divisão aleatória dos participantes em bloco segundo o sexo.

No início da participação, foi entregue a cada participante o IPAQ e o QFA para o seu preenchimento. No processamento dos dados do IPAQ procedeu-se ao cálculo dos MET-minutos/semana, através das fórmulas indicadas nas *guidelines*, e à classificação dos participantes em três categorias (leve, moderado e elevado) (Group, 2005). Os dados do QFA foram convertidos em nutrientes utilizando o programa informático Food Processor Plus (ESHA Research, Salem, Oregon), adaptada a alimentos tipicamente portugueses.

### *2.3.3 Medição das Medidas Antropométricas e FC Repouso e Cálculo da FC de Treino*

De forma a homogeneizar as condições das avaliações, estas foram realizadas no mesmo período do dia (manhã).

A medição da altura efetuou-se com o participante na posição ortostática, descalço, em apneia no final da inspiração a volume corrente. Para cada participante foram realizadas três

medições e utilizou-se a média em metros (m) (Eston & Reilly, 2009). Posteriormente foi realizada a medição do peso e %MGT (Kyle, Bosaeus, De Lorenzo, Deurenberg, Elia, Gomez, et al., 2004; Kyle, Bosaeus, De Lorenzo, Deurenberg, Elia, Manuel Gomez, et al., 2004). Com a obtenção da altura e massa corporal foi aplicada a fórmula para o cálculo do IMC ( $IMC = \frac{massa\ corporal}{(altura)^2} kg/m^2$ ) adotada pela Organização Mundial de Saúde (OMS). A medição do perímetro abdominal realizou-se ao nível do umbigo em apneia expiratória a volume corrente, usando-se a média de 3 medições em cm. Com a obtenção da medida anterior, juntamente com a altura, foi calculado o rácio cintura-altura (Eston & Reilly, 2009).

Para a avaliação da FC repouso, com o auxílio do cardiofrequencímetro e relógio, os participantes permaneceram na posição de sentado e foi registado o valor aquando da estabilização da mesma. De seguida, procedeu-se ao cálculo da FC máxima teórica através da equação criada por Tanaka, Monahan e Seals (2001)  $FC\ máx\ teórica = 208 - (0,7 \times idade)$  (Tanaka, Monahan, & Seals, 2001). A partir deste cálculo e com o conhecimento da FC repouso foi calculada a FC de treino correspondente a uma intensidade igual a 45 e 55% FC reserva, através da fórmula Karvonen  $FC\ alvo = FC\ repouso + \%intensidade (FC\ máx - FC\ repouso)$  (ACSM, 2013).

#### 2.3.4 Protocolo de Eletrolipólise

A aplicação da eletrolipólise não-invasiva realizou-se em decúbito dorsal, modificado a 45°, com uma almofada na região poplíteia. Foram utilizados os elétrodos transcutâneos em banda na região abdominal, contendo gel de condutividade sem princípio ativo, a uma distância de 5 a 15 cm entre elas (anexo 2). A microcorrente usada caracteriza-se por: forma retangular; alterna; primeira frequência de 25 Hz (tempo de impulso e repouso igual a 20ms) e a segunda de 10 Hz (tempo de impulso e repouso igual a 50 ms) com duração de 20 minutos cada; e com uma intensidade abaixo do limiar de sensibilidade e um máximo de 1 mA, sendo que no GC a intensidade foi de 0 mA (A. S. C. Melo, Moreira, Noites, Couto, & Argel Melo, 2013).

#### 2.3.5 Protocolo de Exercício Físico Aeróbio

Depois de finalizado o protocolo de eletrolipólise realizou-se o protocolo de EF aeróbio com o cicloergómetro de membros inferiores.

A medição da TA foi realizada em repouso no cicloergómetro e foi novamente colocado o cardiofrequencímetro. O ajuste da altura do selim do cicloergómetro foi de acordo com as recomendações (Beam & Adams, 2013).

De seguida, foi explicada a utilização da Escala de Borg, sendo que a intensidade do treino correspondia a uma percepção de esforço entre o “Relativamente Fácil” a “Ligeiramente Cansativo”. A monitorização da FC de treino e da velocidade, em rotações por minuto (rpm) foi realizada pelo investigador.

Os procedimentos associados ao K4b<sup>2</sup> foram realizados de acordo com as recomendações fornecidas pela COSMED<sup>®</sup>, nomeadamente procedimentos de aquecimento, calibração e condições ambientais (COSMED, 2003). A adaptação à máscara realizou-se durante 2 minutos, seguida de monitorização dos gases em repouso durante 3 minutos.

O protocolo de EF aeróbio teve duração de 50 minutos, com contínua análise do K4b<sup>2</sup>. O protocolo dividiu-se em: a) Aquecimento – [0-5[ minutos: elevou-se a potência (potência inicial – 50W mulheres e 75W homens) e a velocidade gradualmente até atingir a FC de treino; b) Corpo – ]5-45[ minutos: manteve-se a FC de treino (45-55% FC reserva) a uma velocidade de 60 rpm; por fim, c) Arrefecimento ]45-50] minutos: reduziu-se gradualmente a FC, com redução da potência e velocidade. No final do EF aeróbio procedeu-se novamente à avaliação da PA.

### 2.3.6 *Processamento dos Dados*

Para cada registo dos dados obtidos pelo K4b<sup>2</sup> foram realizadas as médias dos valores do VO<sub>2</sub> e VCO<sub>2</sub> e QR em cada momento do protocolo do EF, incluindo o momento em repouso, sendo que o corpo do protocolo foi dividido em 8 partes (denominados em minutos por: ]0-5[; ]5-10[; ]10-15[; ]15-20[; ]20-25[; ]25-30[; ]30-35[; ]35-40[). As quantidades médias dos AG e G oxidados, em gramas por minuto (g/m) foram calculadas a partir dos valores das médias do VO<sub>2</sub> e VCO<sub>2</sub>. Foi também calculado o valor total médio dos AG e GLU através da soma de todos os momentos Para isso foram utilizadas as seguintes equações estequiométricas (Peronnet & Massicotte, 1991):

$$\mathbf{AG\ (g/min)} = (1,695\text{VO}_2\ (l/min)) - (1,701\text{VCO}_2\ (l/min))$$

$$\mathbf{GLU\ (g/min)} = (4,585\text{VCO}_2\ (l/min)) - (3,226\text{VO}_2\ (l/min))$$

É importante referir que alguns participantes, em momentos específicos do protocolo de EF, apresentaram um valor médio de QR igual ou superior a 1,00, o que significa uma reduzida oxidação de gordura, sendo que ao utilizar as equações estes resultados apresentaram valores negativos, assumindo, assim, que a oxidação de AG foi igual a zero.

## **2.4 Ética**

O presente estudo foi aprovado pela Comissão de Ética da ESTSP (número de registo: 04131), e aceite no ClinicalTrials.Gov, um serviço do Instituto Nacional de Saúde dos Estados Unidos da América (referência NCT02110927). Os participantes consentiram a integração do estudo, assinando a Declaração de Helsínquia, com o compromisso de manter o anonimato e a confidencialidade dos dados.

## **2.5 Estatística**

A análise estatística descritiva e inferencial foi realizada através do programa estatístico *IBM SPSS Statistics* versão 21, com um nível de significância de 0,05.

Na estatística descritiva usaram-se como medidas de tendência central a média (M) e a mediana (Md), e de dispersão o desvio-padrão (Dp) e o desvio interquartil (Dq).

Os testes estatísticos utilizados para a comparação entre grupos e entre os sexos nas variáveis da caracterização da amostra (idade, altura, peso, IMC, %MGT, rácio cintura-altura, perímetro abdominal, calorias e proporções da gordura, hidratos de carbono e proteínas ingeridas através do QFA) e para o QR e os consumos de AG e GLU foram o teste t para amostras independentes e o teste Mann-Whitney, segundo o cumprimento da normalidade através do teste Shapiro-Wilks (Marôco, 2007). O teste de Fisher foi utilizado para a associação entre os grupos em estudo e a classificação do IMC e IPAQ.

## **3 Resultados**

A amostra em estudo foi constituída por 38 voluntários, sendo 18 do GE e 20 do GP, não existindo diferenças estatisticamente significativas ( $p > 0,05$ ) para nenhuma das variáveis apresentadas no início do estudo (tabela 1). Para ambos os grupos o valor médio do IMC foi considerado normal.

**Tabela 1-** Caracterização da amostra em estudo

		Dif. Grupos		
		GE (n=18)	GP (n=20)	Valor p
Idade (anos)	M	20,7	20,6	0,845
	(Dp)	(1,8)	(1,9)	
Altura (m)	M	1,69	1,70	0,830
	(Dp)	(0,08)	(0,10)	
Peso (Kg)	Md	66,85	66,80	0,430
	(Dq)	(6,33)	(11,73)	
IMC (Kg/m <sup>2</sup> )	M	24,00	22,32	0,060
	(Dp)	(2,75)	(2,62)	
% MGT	Md	22,40	16,55	0,108
	(Dq)	(7,60)	(4,33)	
Rácio cintura-altura	M	0,48	0,46	0,060
	(Dp)	(0,06)	(0,04)	
Perímetro abdominal (cm)	Md	80,00	77,50	0,156
	(Dq)	(4,90)	(5,80)	

GE – Grupo experimental; GP – Grupo placebo; IMC - Índice de Massa Corporal; % MGT – Percentagem de Massa Gorda Total; M – Média; Md - Mediana; Dp - Desvio Padrão; Dq – Desvio Interquartil; valor p intergrupo: comparação entre o grupo experimental e grupo placebo com o teste t para amostras independentes e Mann-Whitney.

Dos 18 indivíduos do GE, 13 indivíduos apresentaram uma classificação normal, 4 apresentaram excesso de peso e 1 participante apresentou obesidade moderada (grau I). Por sua vez, no GP apenas 1 participante foi considerado com excesso de peso, sendo que os restantes elementos apresentaram uma classificação normal. Através do teste de Fisher não se verificou uma associação entre a classificação do IMC e os grupos. Entre a classificação do IPAQ e os grupos também não foi verificada associação significativa ( $p > 0,05$ ) (tabela 2).

**Tabela 2** - Caracterização da amostra em estudo: frequências relativas do IMC e IPAQ

		GE (n=18)	GP (n=20)	Valor p
IMC	Frequência Relativa	Normal - 72,2%	Normal - 95%	0,100
		Excesso de peso - 22,2%	Excesso de Peso - 5%	
		Obesidade grau I - 5,6%		
IPAQ	Frequência Relativa	Nível Baixo - 11,1%	Nível Baixo - 5%	0,892
		Nível Moderado - 55,6%	Nível Moderado - 40%	
		Nível Elevado - 33,3%	Nível Elevado - 55%	

GE – Grupo experimental; GP – Grupo placebo; IMC - Índice de Massa Corporal; IPAQ – *International Physical Activity Questionnaire*; valor p: associação entre os grupos em estudo e as variáveis IPAQ e IMC com o teste de Fisher; Classificação IMC: Baixo Peso <18,5 Kg/m<sup>2</sup>, Normal 18,5 – 24,9 kg/m<sup>2</sup>, Excesso de peso 25 – 29,9 kg/m<sup>2</sup>, Obesidade grau I 30 – 34,9 kg/m<sup>2</sup>, Obesidade grau II 35 – 39,9 kg/m<sup>2</sup>, Obesidade grau III ≥ 40kg/m<sup>2</sup>.

Em relação às variáveis antropométricas distribuídas por sexo, observou-se que os participantes do sexo masculino do GE apresentaram uma %MGT significativamente maior em relação ao GP ( $\rho=0,038$ ). Existe uma variação significativa em cada grupo entre os sexos no que diz respeito à %MGT, altura e peso (tabela 3). Para ambos os sexos a média do perímetro abdominal foi considerado normal (IDF, 2006).

**Tabela 3 - Caracterização da amostra por sexo**

						Dif. Grupos	
		GE (n=18)		GP (n=20)		Valor p <sup>b</sup>	
		Feminino (n=9)	Masculino (n=9)	Feminino (n=11)	Masculino (n=9)	Feminino	Masculino
Idade (anos)	M	20,3	21,0	20,2	21,0	0,864	1,000
	Dp	(2,3)	(1,0)	(1,6)	(2,2)		
	Valor p <sup>a</sup>	0,435		0,346			
Altura (anos)	M	1,63	1,75	1,62	1,80	0,598	0,480
	Dp	(0,06)	(0,05)	(0,06)	(0,04)		
	Valor p <sup>a</sup>	<0,001		<0,001			
Peso (Kg)	Md	62,20	68,70	53,70	72,80	0,149	0,965
	Dq	(3,25)	(8,48)	(8,30)	(6,45)		
	Valor p <sup>a</sup>	<b>0,03</b>		<b>0,030</b>			
IMC (Kg/m <sup>2</sup> )	Md	24,12	22,88	20,85	22,00	0,087	0,310
	Dq	(1,94)	(1,60)	(2,64)	(1,51)		
	Valor p <sup>a</sup>	0,402		0,402			
% MGT	Md	29,30	14,30	19,70	11,80	0,053	<b>0,038</b>
	Dq	(3,97)	(3,10)	(5,80)	(3,00)		
	Valor p <sup>a</sup>	<b>0,002</b>		<b>0,002</b>			
Rácio cintura-altura	M	0,49	0,48	0,46	0,45	0,140	0,233
	Dp	(0,04)	(0,06)	(0,04)	(0,03)		
	Valor p <sup>a</sup>	0,513		0,411			
Perímetro Abdominal (cm)	M	80,00	83,44	75,16	80,81	0,176	0,480
	Dp	(5,21)	(9,74)	(9,44)	(4,97)		
	Valor p <sup>a</sup>	0,380		0,123			

GE – Grupo experimental; GE – Grupo placebo; IMC - Índice de Massa Corporal; % MGT – Percentagem de Massa Gorda Total; M – Média; Md - Mediana; Dp - Desvio Padrão; Dq – Desvio Interquartil; valor p<sup>a</sup> intergrupo: comparação entre os sexos no grupo experimental e grupo placebo com o teste t para amostras independentes e Mann-Whitney; valor p<sup>b</sup> intergrupo: comparação entre o grupo placebo e grupo experimental em função dos sexos com o teste t para amostras independentes e Mann-Whitney

Não se verificou uma associação entre os sexos e a classificação do IPAQ ( $\rho > 0,05$ ) (tabela 4).

**Tabela 4** - Caracterização da amostra por sexo: frequências relativas dos níveis de atividade física (IPAQ)

	GE (n=18)		GP (n=20)		Valor p <sup>b</sup>	
	Feminino (n=11)	Masculino (n=9)	Feminino (n=9)	Masculino (n=9)	Feminino	Masculino
IPAQ Frequências Relativas	Baixo - 22,2%	Moderado - 66,7%	Moderado - 72,7%	Baixo - 11,1%	0,236	0,347
	Moderado - 44,4%	Elevado - 33,3%	Elevado - 27,3%	Moderado - 33,3%		
	Elevado - 33,3%			Elevado - 55,6%		
Valor p <sup>a</sup>	0,534		0,175			

GE – Grupo experimental; GP – Grupo placebo; IPAQ – *International Physical Activity Questionnaire*; valor p<sup>a</sup>: associação entre a variável IPAQ e os sexos com o teste de Fisher; valor p<sup>b</sup>: associação entre a variável IPAQ e o sexo feminino e masculino com o teste de Fisher

Não se verificaram diferenças estatisticamente significativas ( $\rho > 0,05$ ) nos valores do consumo calórico e proporções dos macronutrientes entre o GE e GP (tabela 5).

**Tabela 3:** Caracterização da amostra em estudo: Consumo calórico e nutricional (QFA)

		Dif. Grupos		Valor $\rho$
		GE (n=18)	GP (n=20)	
Calorias (kcal)	M (Dp)	2242,39 (745,42)	2443,28 (596,19)	0,363
% Gordura	Md (Dq)	17,90 (2,51)	16,75 (1,71)	0,589
% Hidratos de Carbomo	Md (Dq)	61,00 (4,26)	60,90 (4,39)	0,693
% Proteínas	Md (Dq)	22,00 (2,41)	22,45 (2,79)	0,826

GE – Grupo experimental; GP – Grupo placebo; M – Média; Md - Mediana; Dp - Desvio Padrão; Dq – Desvio Interquartil; valor p intergrupo: comparação entre o grupo experimental e o grupo placebo no consumo alimentar com o teste t para amostras independentes e Mann-Whitney.

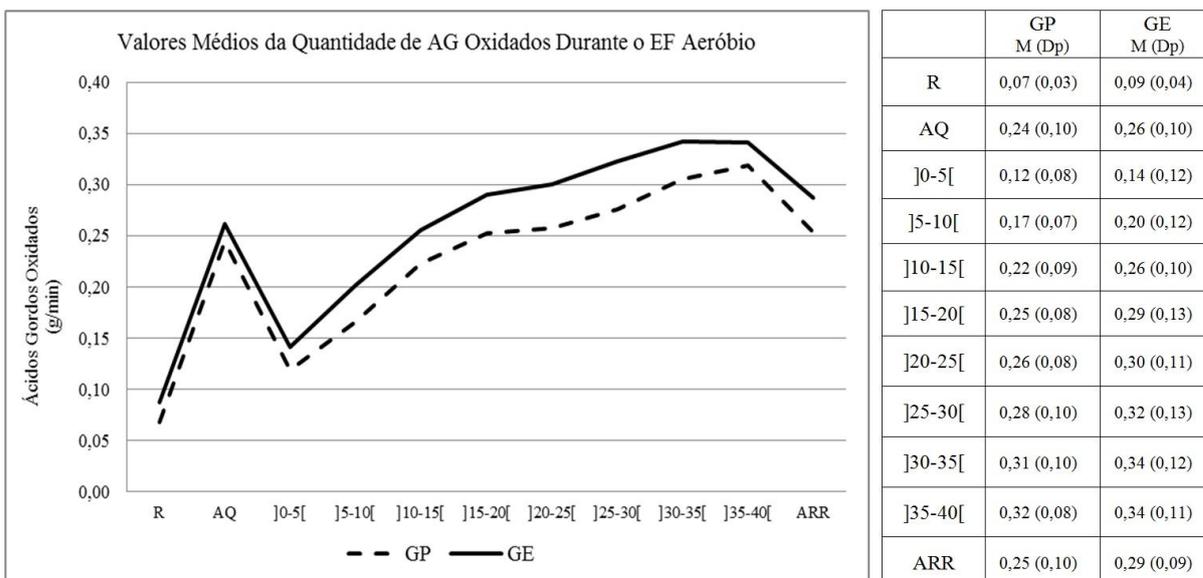
Não se verificaram diferenças estatisticamente significativas ( $p>0,05$ ) nos valores do consumo calórico e proporções dos macronutrientes dos participantes em função dos sexos (tabela 6).

**Tabela 6:** Caracterização da amostra por sexo: Consumo calórico e nutricional (QFA)

		GE (n=18)				GP (n=20)		Dif. Grupos	
		Feminino		Masculino		Feminino	Masculino	Valor p <sup>b</sup>	
		(n=9)	(n=9)	(n=11)	(n=9)	Feminino	Masculino		
Calorias (kcal)	Md	2261,69	1851,74	2348,12	2330,05	0,569	0,270		
	Dq	(298,14)	(773,42)	(752,53)	(320,53)				
	Valor p <sup>a</sup>	0,354		0,732					
% Gordura	Md	18,80	17,80	17,20	16,40	0,470	0,627		
	Dq	(2,83)	(2,65)	(2,05)	(1,43)				
	Valor p <sup>a</sup>	0,791		0,820					
% Hidratos de Carbono	Md	61,00	61,00	60,40	62,80	0,909	0,627		
	Dq	(4,05)	(6,33)	(4,70)	(4,78)				
	Valor p <sup>a</sup>	0,659		0,305					
% Proteínas	Md	23,00	21,40	22,50	20,00	0,849	0,507		
	Dq	(2,53)	(2,28)	(1,90)	(2,70)				
	Valor p <sup>a</sup>	0,536		0,382					

GE – Grupo experimental; GP – Grupo placebo; M – Média; Md - Mediana; Dp - Desvio Padrão; Dq – Desvio Interquartil; valor p<sup>a</sup> intergrupo: comparação entre os sexos no grupo placebo e grupo experimental; valor p<sup>b</sup> intergrupo: comparação entre o grupo experimental e grupo placebo em função dos sexos com o teste t para amostras independentes e Mann-Whitney

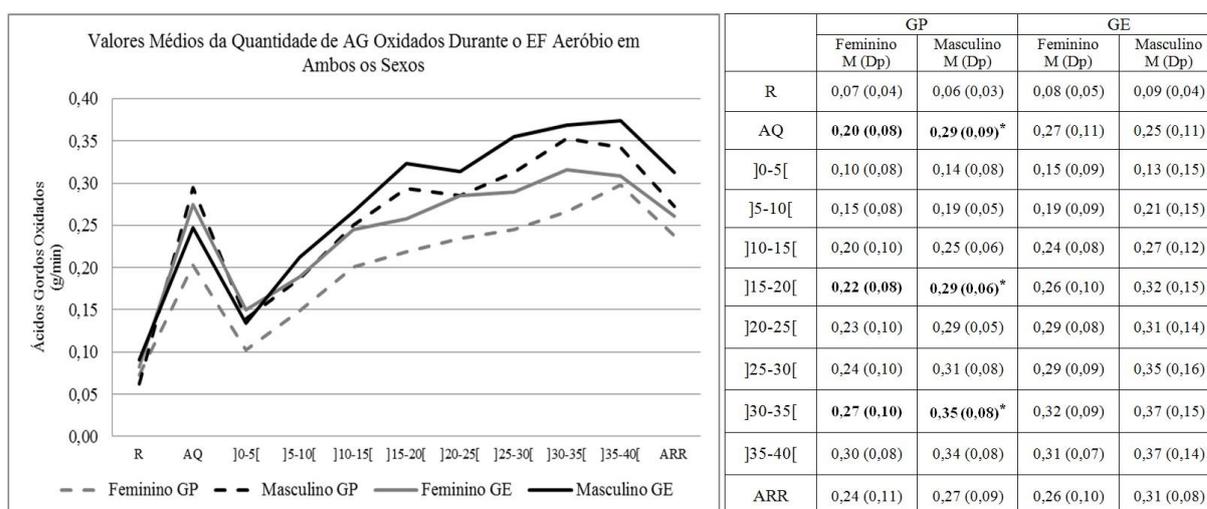
Em relação à média dos AG oxidados, não se verificaram diferenças estatisticamente significativas ( $p>0,05$ ) entre o GE e GP em nenhum momento. Na análise detalhada dos valores dos AG, o GE apresentou uma tendência para um maior consumo ao longo do protocolo, apresentando um maior valor médio total de consumo [GE: 2,83 (1,04) g/min  $p=0,248$  e GP: 2,48 (0,77) g/min] (gráfico 1).



**Gráfico 1:** Valores da quantidade de ácidos gordos durante o repouso e durante o protocolo de exercício físico aeróbio no grupo experimental e placebo. AG – Ácidos Gordos; EF – Exercício Físico; GE – Grupo experimental; GP – Grupo Placebo; R – Repouso; AQ – Aquecimento; ARR - Arrefecimento

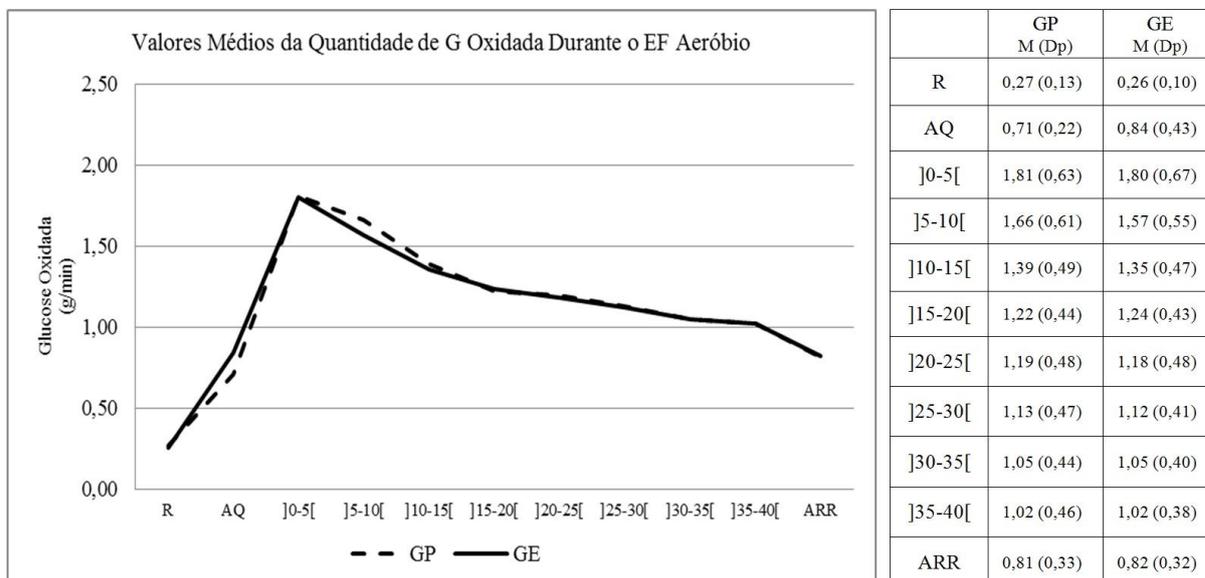
Comparando os elementos do mesmo sexo entre os dois grupos, não se verificaram diferenças estatisticamente significativas nos valores médios da quantidade de AG oxidados durante o EF aeróbio ( $p > 0,05$ ) (gráfico 2).

Quando comparados os indivíduos do sexo masculino com os do sexo feminino, os primeiros apresentaram um consumo médio de AG significativamente maior, apenas no GP, nomeadamente: no aquecimento ( $p=0,027$ ); aos ]15-20[ minutos do corpo ( $p= 0,031$ ) e aos ]30-35[ minutos do corpo ( $p=0,041$ ) (gráfico 2).



**Gráfico 2:** Valores da quantidade de ácidos gordos durante o repouso e durante o protocolo de exercício físico aeróbio em ambos os sexos no grupo placebo e experimental. \* Diferenças estatisticamente significativas entre os sexos no grupo placebo. AG – Ácidos Gordos; EF – Exercício Físico; GE – Grupo Experimental; GP – Grupo Placebo; R – Repouso; AQ – Aquecimento; ARR - Arrefecimento

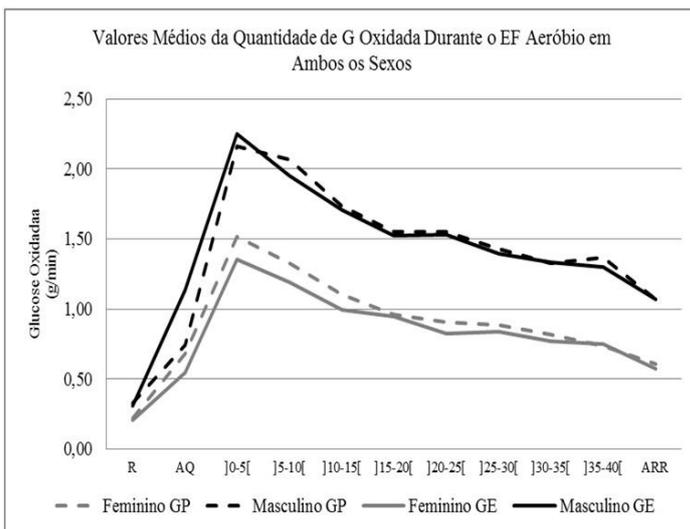
Em relação aos valores médios da quantidade de GLU oxidada, não se verificaram diferenças estatisticamente significativas ( $p > 0,05$ ) entre o GE e GP em nenhum momento. Os valores médios totais do consumo de GLU foram semelhantes nos dois grupos [GP: 12,25 (4,23) g/min e GE: 12,24 (4,26) g/min  $p = 0,995$ ] (gráfico 3).



**Gráfico 3:** Valores da quantidade de glucose durante o repouso e durante o protocolo de exercício físico aeróbio no grupo placebo e experimental. G – Glucose; EF – Exercício Físico; GE – Grupo Experimental; GP – Grupo Placebo; R – Repouso; AQ – Aquecimento; ARR - Arrefecimento

Comparando os elementos do mesmo sexo entre os dois grupos, não se verificaram diferenças estatisticamente ( $p > 0,05$ ) entre o sexo feminino nos valores médios da quantidade de GLU oxidada. Por sua vez, no sexo masculino, o consumo médio de GLU foi significativamente maior ( $p = 0,008$ ) durante o aquecimento no GE (gráfico 4).

Quando comparados os indivíduos do sexo masculino com os do sexo feminino em ambos os grupos, verificou-se que ao longo do EF o sexo masculino apresentou um maior consumo de GLU em relação ao sexo feminino, sendo que em ambos os grupos todos os momentos apresentaram diferenças estatisticamente significativas ( $p < 0,05$ ) (gráfico 4). O mesmo foi verificado no valor médio total de consumo no GP [Masculino: 15,32 (3,34) g/min e Feminino 9,74 (3,12) g/min  $p < 0,001$ ] e no GE [Masculino: 15,51 (2,81) g/min e Feminino 8,98 (2,60) g/min  $p < 0,001$ ] (gráfico 4).

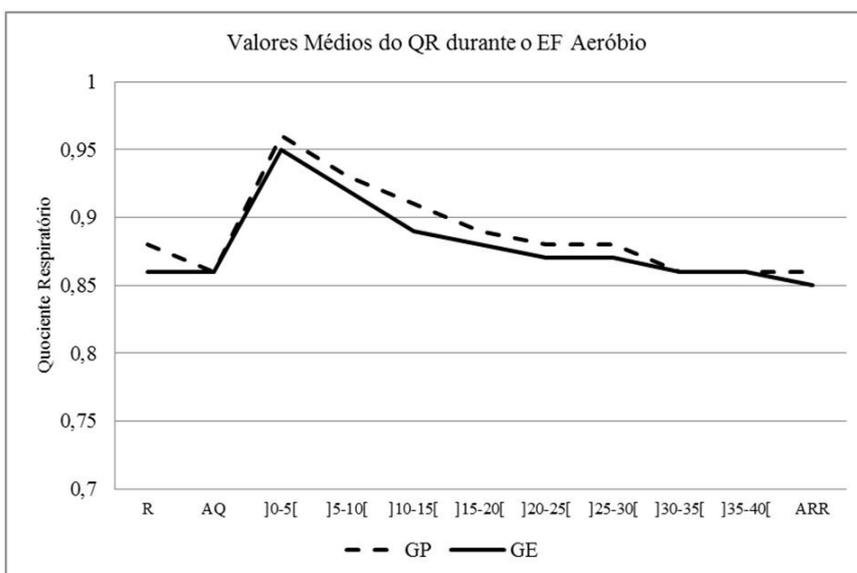


	GP	GP	GE	GE
	Feminino M (Dp)	Masculino M (Dp)	Feminino M (Dp)	Masculino M (Dp)
R	0,22 (0,13)	0,33 (0,13)	0,20 (0,10)	0,31 (0,08)
AQ	0,68 (0,20)	<b>0,74 (0,24)</b>	0,55 (0,32)	<b>1,14 (0,31)*</b>
]0-5[	1,52 (0,65)	2,16 (0,39)	1,35 (0,35)	2,25 (0,62)
]5-10[	1,33 (0,54)	2,07 (0,41)	1,19 (0,34)	1,95 (0,46)
]10-15[	1,10 (0,42)	1,73 (0,30)	1,00 (0,33)	1,71 (0,28)
]15-20[	0,96 (0,29)	1,55 (0,36)	0,95 (0,33)	1,53 (0,30)
]20-25[	0,90 (0,32)	1,55 (0,40)	0,83 (0,31)	1,53 (0,33)
]25-30[	0,88 (0,36)	1,43 (0,42)	0,84 (0,28)	1,40 (0,32)
]30-35[	0,82 (0,31)	1,32 (0,43)	0,77 (0,28)	1,33 (0,30)
]35-40[	0,74 (0,28)	1,37 (0,40)	0,75 (0,27)	1,30 (0,26)
ARR	0,61 (0,19)	1,07 (0,29)	0,57 (0,20)	1,07 (0,20)

\*Diferenças significativas feminino vs. masculino em todos os momentos em ambos os grupos

**Gráfico 4:** Valores da quantidade de glucose durante o repouso e durante o protocolo de exercício físico aeróbio em ambos os sexos no grupo placebo e experimental. †Diferença estatisticamente significativa entre os grupos no sexo masculino. G – Glucose; EF – Exercício Físico; GE – Grupo Experimental; GP – Grupo Placebo; R – Repouso; AQ – Aquecimento; ARR - Arrefecimento

Em relação aos valores médios do QR não se verificaram diferenças estatisticamente significativas ( $p > 0,05$ ) entre o GE e GP em nenhum momento. Na análise detalhada dos valores do QR, o GE apresentou uma tendência para menores valores de QR ao longo do protocolo, apresentando um menor valor médio total [GP: 0,89 (0,04) e GE: 0,88 (0,04)  $p = 0,480$ ] (gráfico 5).

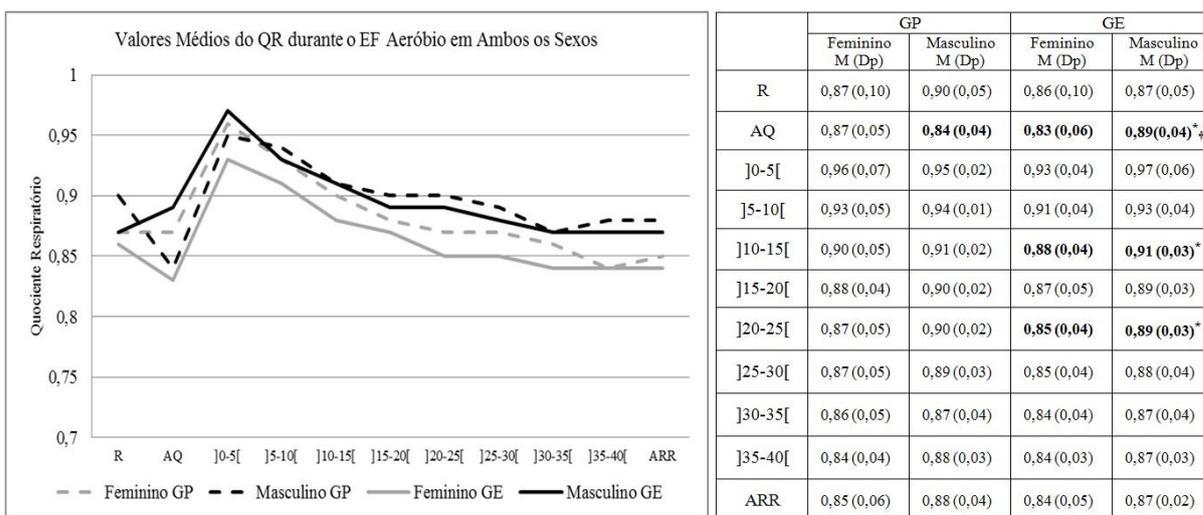


	GP M (Dp)	GE M (Dp)
R	0,88 (0,08)	0,86 (0,07)
AQ	0,86 (0,05)	0,86 (0,06)
]0-5[	0,96 (0,06)	0,95 (0,05)
]5-10[	0,93 (0,04)	0,92 (0,04)
]10-15[	0,91 (0,04)	0,89 (0,04)
]15-20[	0,89 (0,03)	0,88 (0,04)
]20-25[	0,88 (0,04)	0,87 (0,04)
]25-30[	0,88 (0,04)	0,87 (0,04)
]30-35[	0,86 (0,04)	0,86 (0,04)
]35-40[	0,86 (0,04)	0,86 (0,04)
ARR	0,86 (0,05)	0,85 (0,04)

**Gráfico 5:** Valores do quociente respiratório durante o repouso e durante o protocolo de exercício físico aeróbio no grupo placebo e experimental. QR – Quociente Respiratório; EF – Exercício Físico; GE – Grupo Experimental; GP – Grupo Placebo; R – Repouso; AQ – Aquecimento; ARR - Arrefecimento

Comparando os elementos do mesmo sexo entre os dois grupos, verificou-se que o sexo masculino do GE apresentou um QR significativamente maior ( $p= 0,047$ ) durante o aquecimento em relação ao GP. Na mesma comparação do sexo feminino dos valores do QR, as participantes do GE apresentaram quase sempre valores mais baixos em relação às do GP ( $p>0,05$ ) (gráfico 6).

Quando comparados os indivíduos do sexo masculino com os do sexo feminino em ambos os grupos, não se verificaram diferenças estatisticamente significativas ( $p> 0,05$ ) no GP. No entanto, ao longo do protocolo as participantes do sexo feminino apresentaram valores médios mais baixos. Por sua vez, no GE, o sexo feminino apresentou valores médios de QR significativamente menores em três momentos, nomeadamente: no aquecimento ( $p= 0,023$ ); aos ]10-15[ minutos do corpo ( $p= 0,042$ ) e aos ]20-25[ minutos do corpo ( $p=0,031$ ). Mais, as participantes do sexo feminino incluídas no GE registaram os menores valores médios QR na amostra em estudo (gráfico 6).



**Gráfico 6:** Valores do quociente respiratório durante o repouso e durante o protocolo de exercício físico aeróbio em ambos os sexos no grupo placebo e experimental. <sup>†</sup>Diferença estatisticamente significativa entre os grupos no sexo masculino. \* Diferenças estatisticamente significativas entre os sexos no grupo experimental. QR – Quociente Respiratório; EF – Exercício Físico; GE – Grupo Experimental; GP – Grupo Placebo; R – Repouso; AQ – Aquecimento; ARR - Arrefecimento

## 4 Discussão

No presente estudo foram avaliados os efeitos de uma sessão de exercício físico (EF) aeróbio associada à microcorrente abdominal na quantidade e proporção do consumo das fontes energéticas.

Apesar da existência de estudos que avaliam o efeito da estimulação elétrica nos adipócitos, com aumento da atividade lipolítica (Hamida et al., 2011; N. R. Melo, Monteiro, Pontes, & Mello, 2012; Paula, Picheth, & Simões, 2007; Rostrup et al., 2014; Scorza, 2008), ainda não foi estudado se este aumento da disponibilidade de ácidos gordos (AG) na circulação sistêmica poderá influenciar na contribuição dos substratos durante o EF. O quociente respiratório não-proteico (QR) e a quantidade de AG e glucose (GLU) oxidados, através do  $K4b^2$  (calorimetria indireta), serviram para este intuito (J.-F. Brun et al., 2011). Pelo facto das proteínas (P) apresentarem uma pequena contribuição para a produção de energia durante o EF, esta foi desprezada (Powers & Howley, 2008).

Com base nos resultados, parece que uma sessão de EF associado à microcorrente não tem influência na oxidação dos substratos e sua proporção, pois não se verificaram diferenças significativas nas quantidades de AG, GLU e QR entre o GE e GP. No entanto, parece haver uma tendência para um maior consumo de AG após a aplicação da microcorrente em repouso e durante o EF no GE. Juntamente, o GE apresentou quase sempre menores valores de QR, apontando assim para uma maior contribuição deste substrato devido às possíveis modificações fisiológicas no adipócito da região abdominal provocadas pela microcorrente. Uma possível explicação para esta tendência é a microcorrente aplicada ter conseguido despoletar uma maior atividade lipolítica, o que vai de encontro aos estudos realizados por Hamida et al. (2011) no qual estudaram o efeito da estimulação elétrica nos adipócitos humanos *in vitro*, verificando uma ativação da lipólise através da avaliação do glicerol libertado (Hamida et al., 2011). O estudo de Hamida et al. (2011) teve por base estudos realizados por Ramirez-Ponce et al. (1998, 2003), no qual os autores verificaram que os adipócitos apresentam canais de potássio (K) dependentes de voltagem, envolvidos na atividade lipolítica. Estes achados sugerem assim uma possível via lipolítica através das microcorrente que pode envolver os canais dependentes de K de voltagem, com a estimulação da atividade adrenérgica e consequente estimulação da cascata lipolítica (Ramirez-Ponce et al., 1998; Ramirez-Ponce et al., 2003).

Um dos importantes fatores que determinam a oxidação dos substratos nos indivíduos saudáveis é a disponibilidade dos mesmos (Achten, Gleeson, & Jeukendrup, 2002; E. E.

Blaak & Saris, 2002; Frayn, 2010; Melzer, 2011), no entanto, como já foi referido, este aumento foi não significativo para os AG, o que pode ter como explicação o facto de só se ter realizado uma sessão com microcorrente. Ainda assim, existe a necessidade de se proceder a mais investigação sobre os parâmetros e mecanismos de ação da microcorrente.

Uma das principais questões colocadas no desenvolvimento deste estudo foi a possível influência da microcorrente na quantidade de GLU, com possível diminuição da contribuição deste durante o EF devido ao aumento da disponibilidade dos AG. Neste estudo a GLU foi considerado o principal substrato, quantitativamente, durante o EF, o que vai de encontro ao mencionado pela literatura (Friedlander et al., 2007; Venables et al., 2005).

A contribuição dos substratos para a oxidação depende diretamente das características que o EF acarreta sendo que a intensidade é um dos mais importantes reguladores (Carter, Rennie, & Tarnopolsky, 2001; Jeukendrup, 2003; Venables et al., 2005). Um protocolo com intensidade moderada e com uma duração prolongada é defendido como o que mais gasta AG. (Achten & Jeukendrup, 2004; ACSM, 2013; J.-F. Brun et al., 2011; Horowitz & Klein, 2000; Powers & Howley, 2008; van Loon, Greenhaff, Constantin-Teodosiu, Saris, & Wagenmakers, 2001).

No presente estudo a forma de cálculo da intensidade do EF foi através da % FC reserva. É de salientar que o conceito de *Fat máx*, intensidade de EF onde se observa uma maior oxidação de AG (Achten & Jeukendrup, 2003), tem recebido grande atenção devido ao esforço para reconhecer as características que facilitam o metabolismo da gordura (Achten et al., 2002; Nordby, Saltin, & Helge, 2006; van Loon et al., 2001). Este conceito torna-se importante para o desempenho do EF aeróbio na associação da microcorrente, podendo assim potenciar o consumo do produto obtido por este agente externo. A mais importante opção para determinar a *Fat máx* é através da % VO<sub>2</sub> máximo (VO<sub>2</sub> máx), podendo ser obtida através de uma prova de esforço submáxima (J.-F. Brun et al., 2011; Kang et al., 2007). Porém, devido à falta de disponibilidade do equipamento e logística necessária para a realização da prova, a prescrição da mesma refletiu-se nos estudos da *American College of Sports Medicine* com a aplicação da fórmula de Karvonen, os quais afirmam que a FC reserva está correlacionada com o VO<sub>2</sub> máx e VO<sub>2</sub> reserva, visto que os participantes da amostra não apresentavam nenhuma patologia ou condição que interferisse com a realização do EF (ACSM, 2013). Apesar da existência da relação linear entre a FC reserva e o VO<sub>2</sub> máximo, existem estudos que confirmam melhor correlação entre a FC reserva e o VO<sub>2</sub> reserva (Lounana, Campion, Noakes, & Medelli, 2007; Rotstein & Meckel, 2000). Assim, a intensidade utilizada pode não

ter refletido o intervalo correspondente à Fat máx indicada pela literatura podendo de certa forma explicar a ausência de resultados significativos a favor da aplicação da microcorrente entre os grupos em estudo.

A contribuição dos substratos é influenciada pelo sexo, no qual as mulheres parecem mais aptas para utilizar os AG como substrato (Carter et al., 2001; Henderson et al., 2010; Melanson et al., 2009; Power & Schulkin, 2008). Sabendo que a microcorrente pode estar envolvida na estimulação da atividade adrenérgica e que esta é diferente entre os sexos na região abdominal (E. Blaak, 2001), supôs-se que a estimulação elétrica poderia resultar em diferentes atividades lipolíticas entre os indivíduos do mesmo sexo que diferenciaram entre si na realização ou não da microcorrente, podendo repercutir-se em diferentes consumos energéticos. Outra suposição colocada foi que a microcorrente poderia ter um efeito adicional na mulher provocando uma maior atividade lipolítica em relação ao homem, podendo contribuir para um maior consumo de AG no sexo feminino. Uma explicação para estas suposições reflete-se nos estudos de Schmid et al (2014), o qual remete para diferentes ações das catecolaminas (CAT) entre os sexos, colocando a hipótese de que nos homens as CAT, principalmente a adrenalina (A), possam ter uma acção não só expressiva nos receptores  $\beta$  mas também nos  $\alpha$ -adrenérgicos. Para isso, o mesmo autor estudou a influência da infusão de CAT e agonistas/antagonistas dos recetores  $\beta$  e  $\alpha$  na estimulação da lipólise entre os sexos observando que a A é mais efetiva no aumento da taxa lipolítica sistémica na mulher quando comparado com o homem, acompanhada por uma maior contribuição dos AG na produção de energia, e que esta diferença entre os sexos baseia-se numa maior ativação dos recetores anti-lipolíticos,  $\alpha_2$ -adrenérgicos no homem (Mora-Rodriguez & Coyle, 2000; Roepstorff et al., 2006; Schmidt et al., 2014).

Assim, torna-se pertinente mencionar uma outra possível ação da microcorrente, também ela estudada, através da ativação da via simpático-adrenérgica. Dodt et al. (1999) verificou que as fibras nervosas simpáticas exercem uma influência reguladora no TA subcutâneo quando sujeitas à corrente elétrica, visto que a aplicação da estimulação elétrica sobre o nervo cutâneo femoral lateral, que inerva TA subcutâneo induziu um aumento das concentrações de glicerol (Dodt et al., 1999). Com base neste estudo, supõe-se que a microcorrente possa ter um efeito neuro-hormonal através da estimulação do SNS. A sua estimulação faz com que ocorra uma libertação das CAT com a capacidade de ativarem os recetores adrenérgicos (Jocken & Blaak, 2008), sendo que a simultânea ativação modula a concentração do cAMP intracelular que ativa a PKA, levando à fosforilação e ativação das principais enzimas reguladoras da lipólise, a ATGL e HSL, resultando na hidrólise dos TG em AG e glicerol

(Ahmadian, Wang, & Sul, 2010; Chaves, Frasson, & Kawashita, 2011; I. de Glisezinski et al., 2009; Wang et al., 2008).

Para além disso, com base nas diferentes atividades adrenérgicas, as suposições acima referidas também se tornam pertinentes devido aos diferentes balanços entre os recetores  $\beta$  e  $\alpha$  adrenérgicos que os adipócitos da região abdominal apresentam entre os sexos, sendo que o homem apresenta uma maior densidade de recetores  $\alpha_2$ -adrenérgicos e uma maior sensibilidade destes (E. Blaak, 2001; Bülow, Gjeraa, Enevoldsen, & Simonsen, 2006). Sabendo que a resposta lipolítica depende da expressão dos recetores adrenérgicos nos adipócitos (I. de Glisezinski et al., 2009; Polak et al., 2007; Simonsen, Enevoldsen, Stallknecht, & Bulow, 2008), a ativação destes, através da microcorrente, poderia apresentar uma maior estimulação dos  $\alpha$ -adrenérgicos nos homens, especialmente no TA subcutâneo abdominal (Lafontan & Langin, 2009), provocando uma diminuição da atividade lipolítica, visto que estes recetores inibem a lipólise (Imbeault, Couillard, Tremblay, Despres, & Mauriege, 2000; Langin, 2006), diminuindo a disponibilidade dos AG na circulação sanguínea.

No sexo feminino, ao comparar o GE com o GP não se verificaram diferenças significativas na seleção dos substratos. Contudo, foi verificada uma tendência nas participantes do GE para um maior consumo de AG, com menores valores de consumo de G em quase todos os momentos do EF, podendo assim refletir-se em menores QR apresentados. Um possível fator que pode ter influenciado esta maior seleção de AG nas participantes do GE está associado à maior %MGT observada nestas participantes em relação às do GP. Apesar de não terem sido verificadas diferenças significativas, em termos clínicos esta diferença parece ser expressiva visto que maiores valores de massa gorda estão associados a uma maior contribuição de AG (Burguera et al., 2000; I De Glisezinski, 2007; O'Sullivan, 2009).

Por sua vez, no sexo masculino foi verificada uma diferença estatisticamente significativa na oxidação de GLU durante o aquecimento, com maior valor no GE em comparação ao GP, que se refletiu num maior valor significativo no QR, apesar do valor  $p$  deste último resultado ser frágil. Apesar destas variações significativas, ao longo do EF verificou-se que o GE manifestou uma tendência para um maior consumo de AG e menores valores de QR em relação ao GP. É importante salientar que estes resultados no sexo masculino podem ter sido influenciados pela diferença significativa encontrada na %MGT, no qual o sexo masculino do GE apresentou um maior valor. Como já foi dito anteriormente, uma maior %MGT pode

refletir numa maior seleção dos AG e assim influenciar a proporção ao longo da prática do EF, com menores valores registados pelo QR.

Ao longo do estudo foram também avaliadas as diferenças entre os sexos no consumo e proporção dos substratos energéticos em ambos os grupos. No GP, ao comparar o sexo masculino com o feminino, verificou-se que o sexo masculino apresentou um maior consumo médio de AG com diferenças significativas em três momentos distintos, juntamente com um consumo médio de GLU significativamente maior em todos os momentos. Estes resultados podem ser explicados pelo maior gasto energético total que o sexo masculino apresenta durante a prática de EF, ou seja, com maior gasto calórico (Magkos, 2009; Magkos & Mittendorfer, 2009). Apesar destas diferenças significativas, não foram encontradas diferenças significativas no QR, sendo que ao longo do EF aeróbio vários foram os momentos em que os valores desta variável eram menores na mulher, indicando uma maior proporção dos AG. Por sua vez, na mesma comparação no GE, apesar do consumo médio total de AG ser maior no sexo masculino, tal como observado no GP, estas diferenças não foram significativas ao longo EF. Estes resultados podem sugerir uma influência da microcorrente a favor do sexo feminino na lipólise da região abdominal pelas diferenças nas características da atividade lipolítica inerentes ao sexo, pois mesmo verificando novamente um maior consumo significativo de GLU em todos os momentos no homem, o sexo feminino do GE apresentou quer em repouso quer no EF aeróbio menores valores de QR, sendo que em três desses momentos foram encontradas diferenças estatisticamente significativas. Ainda assim, existe a necessidade de se proceder a mais investigação sobre a influência da ação da microcorrente entre os sexos.

Em relação ao consumo alimentar é importante salientar que o consumo calórico dos participantes se encontra dentro do intervalo referenciado, 1300-3000 kcal, sendo que 2200 kcal foi considerado como o valor de referência para a população geral. Para a população portuguesa são utilizadas as recomendações do *Food and Nutrition Board, Institute of Medicine, National Academies*, visto que a nível nacional não existem recomendações nutricionais específicas. Através destas recomendações verifica-se que as proporções dos macronutrientes dos participantes encontram-se dentro dos intervalos recomendados (USDA, 2011).

A dimensão da amostra pode ser considerada uma limitação do nosso estudo. No entanto, embora de pequena dimensão, verificou-se que o GE e GP eram homogéneos nas variáveis da caracterização da amostra, possibilitando o controlo dos vários fatores que influenciam o

metabolismo, designadamente o consumo alimentar, composição corporal e nível de atividade física (Jeukendrup, 2003).

Em futuros estudos, para a comparação entre sexos sugere-se a avaliação do  $VO_2$  máx expresso pela massa magra (Kg), através de uma prova de esforço submáxima, sendo a forma mais apropriada para combinar homens e mulheres com o mesmo nível de condição física e assim excluir possíveis fatores que possam influenciar o estudo do fator sexo no metabolismo (J.-F. Brun et al., 2011; Tarnopolsky, 2008). Para além disso, a prova de esforço possibilitava, com rigor e certeza, a avaliação e comparação da condição física dos participantes entre os grupos. A necessidade das participantes do sexo feminino realizarem os protocolos na mesma fase do ciclo menstrual é apontada como uma limitação e recomendação para futuros estudos bem como o controlo da toma do contraceptivo oral. No entanto, não se sabe o quanto a variação da oxidação dos substratos pode ser atribuída a estes fatores (Campbell & Febbraio, 2001; Casazza et al., 2004; Friedlander et al., 1998; Tarnopolsky, 2008). Ainda se sugere a realização de mais sessões de EF associado à microcorrente. O facto da via simpático-adrenérgica ter sido mencionada como uma das possíveis vias lipolíticas através da microcorrente, sugere-se o estudo das concentrações de CAT e seus metabolitos através da cromatografia.

## **5 Conclusão**

Os resultados deste estudo indicam que uma sessão de eletrolipólise associada ao EF aeróbio não parece ser suficiente para influenciar a quantidade do consumo de AG e GLU e a proporção dos substratos energéticos numa amostra de indivíduos jovens de ambos os sexos.

## **6 Agradecimentos**

Um especial agradecimento aos participantes que tornaram possível a realização deste estudo.

## 7 Referências bibliográfica

- Achten, J., Gleeson, M., & Jeukendrup, A. E. (2002). Determination of the exercise intensity that elicits maximal fat oxidation. *Med Sci Sports Exerc*, 34(1), 92-97.
- Achten, J., & Jeukendrup, A. E. (2003). Maximal fat oxidation during exercise in trained men. *Int J Sports Med*, 24(8), 603-608. doi: 10.1055/s-2003-43265
- Achten, J., & Jeukendrup, A. E. (2004). Optimizing fat oxidation through exercise and diet. *Nutrition*, 20(7-8), 716-727. doi: 10.1016/j.nut.2004.04.005
- ACSM. (2013). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription*: Lippincott Williams & Wilkins.
- Ahmadian, M., Duncan, R. E., & Sul, H. S. (2009). The skinny on fat: lipolysis and fatty acid utilization in adipocytes. *Trends Endocrinol Metab*, 20(9), 424-428. doi: 10.1016/j.tem.2009.06.002
- Ahmadian, M., Wang, Y., & Sul, H. S. (2010). Lipolysis in adipocytes. *Int J Biochem Cell Biol*, 42(5), 555-559. doi: 10.1016/j.biocel.2009.12.009
- Arner, P., Bernard, S., Salehpour, M., Possnert, G., Liebl, J., Steier, P., . . . Spalding, K. L. (2011). Dynamics of human adipose lipid turnover in health and metabolic disease. *Nature*, 478(7367), 110-113. doi: 10.1038/nature10426
- Bartness, T. J., Shrestha, Y. B., Vaughan, C. H., Schwartz, G. J., & Song, C. K. (2010). Sensory and sympathetic nervous system control of white adipose tissue lipolysis. *Mol Cell Endocrinol*, 318(1-2), 34-43. doi: 10.1016/j.mce.2009.08.031
- Beam, William, & Adams, Gene. (2013). *Exercise physiology laboratory manual*: McGraw-Hill Higher Education.
- Blaak, E. (2001). Gender differences in fat metabolism. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*, 4(6), 499-502.
- Blaak, E. E., & Saris, W. H. (2002). Substrate oxidation, obesity and exercise training. *Best Pract Res Clin Endocrinol Metab*, 16(4), 667-678.
- Brun, J-F, Romain, A-J, & Mercier, J. (2011). Maximal lipid oxidation during exercise (Lipox max): From physiological measurements to clinical applications. Facts and uncertainties. *Science & Sports*, 26(2), 57-71.
- Brun, J. F., Jean, E., Ghanassia, E., Flavier, S., & Mercier, J. (2007). Metabolic training: new paradigms of exercise training for metabolic diseases with exercise calorimetry

- targeting individuals. *Ann Readapt Med Phys*, 50(6), 528-534, 520-527. doi: 10.1016/j.annrmp.2007.04.008
- Bulow, J. (2004). Physical activity and adipose tissue metabolism. *Scand J Med Sci Sports*, 14(2), 72-73. doi: 10.1111/j.1600-0838.2004.00388.x
- Bülow, Jens, Gjæraa, Kirsten, Enevoldsen, Lotte H, & Simonsen, Lene. (2006). Lipid mobilization from human abdominal, subcutaneous adipose tissue is independent of sex during steady-state exercise. *Clinical physiology and functional imaging*, 26(4), 205-211.
- Burguera, B., Proctor, D., Dietz, N., Guo, Z., Joyner, M., & Jensen, M. D. (2000). Leg free fatty acid kinetics during exercise in men and women. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 278(1), E113-117.
- Campbell, S. E., & Febbraio, M. A. (2001). Effects of ovarian hormones on exercise metabolism. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*, 4(6), 515-520.
- Carter, S. L., Rennie, C., & Tarnopolsky, M. A. (2001). Substrate utilization during endurance exercise in men and women after endurance training. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 280(6), E898-907.
- Casazza, G. A., Jacobs, K. A., Suh, S. H., Miller, B. F., Horning, M. A., & Brooks, G. A. (2004). Menstrual cycle phase and oral contraceptive effects on triglyceride mobilization during exercise. *J Appl Physiol (1985)*, 97(1), 302-309. doi: 10.1152/jappphysiol.00050.2004
- Chaves, V. E., Frasson, D., & Kawashita, N. H. (2011). Several agents and pathways regulate lipolysis in adipocytes. *Biochimie*, 93(10), 1631-1640. doi: 10.1016/j.biochi.2011.05.018
- Chen, M. J., Fan, X., & Moe, S. T. (2002). Criterion-related validity of the Borg ratings of perceived exertion scale in healthy individuals: a meta-analysis. *J Sports Sci*, 20(11), 873-899. doi: 10.1080/026404102320761787
- Corpeleijn, E., Saris, W. H., & Blaak, E. E. (2009). Metabolic flexibility in the development of insulin resistance and type 2 diabetes: effects of lifestyle. *Obes Rev*, 10(2), 178-193. doi: 10.1111/j.1467-789X.2008.00544.x
- Corporation, Tanita. (2005). *Body Composition Analyser BC-420MA: Instruction Manual*. United Kingdom.
- COSMED. (2003). *K4b2 User Manual (IX ed.)*. Italy.

- Craig, C. L., Marshall, A. L., Sjostrom, M., Bauman, A. E., Booth, M. L., Ainsworth, B. E., . . . Oja, P. (2003). International physical activity questionnaire: 12-country reliability and validity. *Med Sci Sports Exerc*, 35(8), 1381-1395. doi: 10.1249/01.MSS.0000078924.61453.FB
- De Glisezinski, I. (2007). Mobilisation des lipides du tissu adipeux au cours de l'exercice physique. *Science & Sports*, 22(6), 280-285.
- de Glisezinski, I., Larrouy, D., Bajzova, M., Koppo, K., Polak, J., Berlan, M., . . . Stich, V. (2009). Adrenaline but not noradrenaline is a determinant of exercise-induced lipid mobilization in human subcutaneous adipose tissue. *J Physiol*, 587(Pt 13), 3393-3404. doi: 10.1113/jphysiol.2009.168906
- De Greeff, A., Arora, J., Hervey, S., Liu, B., & Shennan, A. H. (2008). Accuracy assessment of the Tensoval duo control according to the British and European Hypertension Societies' standards. *Blood Press Monit*, 13(2), 111-116. doi: 10.1097/MBP.0b013e3282f3fb2e
- Dodt, C., Lonroth, P., Fehm, H. L., & Elam, M. (1999). Intraneural stimulation elicits an increase in subcutaneous interstitial glycerol levels in humans. *J Physiol*, 521 Pt 2, 545-552.
- Dodt, C., Lonroth, P., Wellhoner, J. P., Fehm, H. L., & Elam, M. (2003). Sympathetic control of white adipose tissue in lean and obese humans. *Acta Physiol Scand*, 177(3), 351-357. doi: 10.1046/j.1365-201X.2003.01077.x
- Duffield, R., Dawson, B., Pinnington, H. C., & Wong, P. (2004). Accuracy and reliability of a Cosmed K4b2 portable gas analysis system. *J Sci Med Sport*, 7(1), 11-22.
- Eston, Roger, & Reilly, Thomas. (2009). *Kinanthropometry and Exercise Physiology Laboratory Manual - Tests, Procedures and Data* (Routledge Ed. Vol. 1). London: Routledge.
- Frayn, K. N. (2010). Fat as a fuel: emerging understanding of the adipose tissue-skeletal muscle axis. *Acta Physiol (Oxf)*, 199(4), 509-518. doi: 10.1111/j.1748-1716.2010.02128.x
- Friedlander, A. L., Casazza, G. A., Horning, M. A., Huie, M. J., Piacentini, M. F., Trimmer, J. K., & Brooks, G. A. (1998). Training-induced alterations of carbohydrate metabolism in women: women respond differently from men. *J Appl Physiol (1985)*, 85(3), 1175-1186.

- Friedlander, A. L., Jacobs, K. A., Fattor, J. A., Horning, M. A., Hagobian, T. A., Bauer, T. A., . . . Brooks, G. A. (2007). Contributions of working muscle to whole body lipid metabolism are altered by exercise intensity and training. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 292(1), E107-116. doi: 10.1152/ajpendo.00148.2006
- Gogia, P. P., & Braatz, J. H. (1986). Validity and reliability of leg length measurements. *J Orthop Sports Phys Ther*, 8(4), 185-188.
- Goodpaster, B. H., Krishnaswami, S., Harris, T. B., Katsiaras, A., Kritchevsky, S. B., Simonsick, E. M., . . . Newman, A. B. (2005). Obesity, regional body fat distribution, and the metabolic syndrome in older men and women. *Arch Intern Med*, 165(7), 777-783. doi: 10.1001/archinte.165.7.777
- Group, IPAQ. (2005). *Guidelines for Data Processing and Analysis of the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) - Short and Long Forms*. Sweden.
- Hamida, Z. H., Comtois, A. S., Portmann, M., Boucher, J. P., & Savard, R. (2011). Effect of electrical stimulation on lipolysis of human white adipocytes. *Appl Physiol Nutr Metab*, 36(2), 271-275. doi: 10.1139/h11-011
- Henderson, G. C., Krauss, R. M., Fattor, J. A., Faghini, N., Luke-Zeitoun, M., & Brooks, G. A. (2010). Plasma triglyceride concentrations are rapidly reduced following individual bouts of endurance exercise in women. *Eur J Appl Physiol*, 109(4), 721-730. doi: 10.1007/s00421-010-1409-7
- Higa, T. S., Spinola, A. V., Fonseca-Alaniz, M. H., & Evangelista, F. S. (2014). Remodeling of white adipose tissue metabolism by physical training prevents insulin resistance. *Life Sci*, 103(1), 41-48. doi: 10.1016/j.lfs.2014.02.039
- Horowitz, J. F., & Klein, S. (2000). Lipid metabolism during endurance exercise. *Am J Clin Nutr*, 72(2 Suppl), 558S-563S.
- Hossain, P., Kavar, B., & El Nahas, M. (2007). Obesity and diabetes in the developing world - a growing challenge. *N Engl J Med*, 356(3), 213-215. doi: 10.1056/NEJMp068177
- IDF. (2006). *Metabolic Syndrome*. Belgium: International Diabetes Federation.
- Imbeault, P., Couillard, C., Tremblay, A., Despres, J. P., & Mauriege, P. (2000). Reduced alpha(2)-adrenergic sensitivity of subcutaneous abdominal adipocytes as a modulator of fasting and postprandial triglyceride levels in men. *J Lipid Res*, 41(9), 1367-1375.
- Jeukendrup, A. E. (2003). Modulation of carbohydrate and fat utilization by diet, exercise and environment. *Biochem Soc Trans*, 31(Pt 6), 1270-1273. doi: 10.1042/

- Jocken, J. W., & Blaak, E. E. (2008). Catecholamine-induced lipolysis in adipose tissue and skeletal muscle in obesity. *Physiol Behav*, 94(2), 219-230. doi: 10.1016/j.physbeh.2008.01.002
- Kang, J., Hoffman, J. R., Ratamess, N. A., Faigenbaum, A. D., Falvo, M., & Wendell, M. (2007). Effect of exercise intensity on fat utilization in males and females. *Res Sports Med*, 15(3), 175-188. doi: 10.1080/15438620701525474
- Kyle, U. G., Bosaeus, I., De Lorenzo, A. D., Deurenberg, P., Elia, M., Gomez, J. M., . . . Composition of the, Espen Working Group. (2004). Bioelectrical impedance analysis--part I: review of principles and methods. *Clin Nutr*, 23(5), 1226-1243. doi: 10.1016/j.clnu.2004.06.004
- Kyle, U. G., Bosaeus, I., De Lorenzo, A. D., Deurenberg, P., Elia, M., Manuel Gomez, J., . . . Espen. (2004). Bioelectrical impedance analysis-part II: utilization in clinical practice. *Clin Nutr*, 23(6), 1430-1453. doi: 10.1016/j.clnu.2004.09.012
- Lafontan, M. (2014). Adipose tissue and adipocyte dysregulation. *Diabetes Metab*, 40(1), 16-28. doi: 10.1016/j.diabet.2013.08.002
- Lafontan, M., & Langin, D. (2009). Lipolysis and lipid mobilization in human adipose tissue. *Prog Lipid Res*, 48(5), 275-297. doi: 10.1016/j.plipres.2009.05.001
- Langin, D. (2006). Control of fatty acid and glycerol release in adipose tissue lipolysis. *C R Biol*, 329(8), 598-607; discussion 653-595. doi: 10.1016/j.crv.2005.10.008
- Lintsi, M., Kaarma, H., & Kull, I. (2004). Comparison of hand-to-hand bioimpedance and anthropometry equations versus dual-energy X-ray absorptiometry for the assessment of body fat percentage in 17-18-year-old conscripts. *Clin Physiol Funct Imaging*, 24(2), 85-90. doi: 10.1111/j.1475-097X.2004.00534.x
- Lopes, C., Aro, A., Azevedo, A., Ramos, E., & Barros, H. (2007). Intake and adipose tissue composition of fatty acids and risk of myocardial infarction in a male Portuguese community sample. *J Am Diet Assoc*, 107(2), 276-286. doi: 10.1016/j.jada.2006.11.008
- Lopes, Carla Maria de Moura. (2000). *Reprodutibilidade e Validação de um questionário semi-quantitativo de frequência alimentar in Alimentação e enfarte agudo do miocárdio: um estudo caso-controlo de comunitária.* (Tese Doutoramento), Universidade do Porto.

- Lounana, J., Champion, F., Noakes, T. D., & Medelli, J. (2007). Relationship between %HRmax, %HR reserve, %VO2max, and %VO2 reserve in elite cyclists. *Med Sci Sports Exerc*, 39(2), 350-357. doi: 10.1249/01.mss.0000246996.63976.5f
- Magkos, F. (2009). Basal very low-density lipoprotein metabolism in response to exercise: mechanisms of hypotriacylglycerolemia. *Prog Lipid Res*, 48(3-4), 171-190. doi: 10.1016/j.plipres.2009.02.003
- Magkos, F., & Mittendorfer, B. (2009). Gender differences in lipid metabolism and the effect of obesity. *Obstet Gynecol Clin North Am*, 36(2), 245-265, vii. doi: 10.1016/j.ogc.2009.03.001
- Marôco, João. (2007). *Análise estatística: com utilização do SPSS* (3ª edição ed.). Lisboa: Edições Sílabo.
- McLaughlin, J. E., King, G. A., Howley, E. T., Bassett, D. R., Jr., & Ainsworth, B. E. (2001). Validation of the COSMED K4 b2 portable metabolic system. *Int J Sports Med*, 22(4), 280-284. doi: 10.1055/s-2001-13816
- Melanson, E. L., MacLean, P. S., & Hill, J. O. (2009). Exercise improves fat metabolism in muscle but does not increase 24-h fat oxidation. *Exerc Sport Sci Rev*, 37(2), 93-101. doi: 10.1097/JES.0b013e31819c2f0b
- Melo, A. S. C., Moreira, J. S., Noites, A., Couto, M. F., & Argel Melo, C. (2013). Clay body wrap with microcurrent: Effects in central adiposity. *Applied Clay Science*, 80-81(0), 140-146. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.clay.2013.06.017>
- Melo, Natália Ribeiro, Monteiro, Flávia Maria de Albuquerque Cordeiro, Pontes, Gabriela Arruda Reinaux, & Mello, Simone Monte Bandeira. (2012). Eletrolipólise por meio da estimulação nervosa elétrica transcutânea (Tens) na região abdominal em pacientes sedentárias e ativas. *Fisioterapia em Movimento*, 25(1).
- Melzer, Katarina. (2011). Carbohydrate and fat utilization during rest and physical activity. *e-SPEN, the European e-Journal of Clinical Nutrition and Metabolism*, 6(2), e45-e52.
- Mora-Rodriguez, R., & Coyle, E. F. (2000). Effects of plasma epinephrine on fat metabolism during exercise: interactions with exercise intensity. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 278(4), E669-676.
- Nordby, P., Saltin, B., & Helge, J. W. (2006). Whole-body fat oxidation determined by graded exercise and indirect calorimetry: a role for muscle oxidative capacity? *Scand J Med Sci Sports*, 16(3), 209-214. doi: 10.1111/j.1600-0838.2005.00480.x

- O'Sullivan, Anthony J. (2009). Does oestrogen allow women to store fat more efficiently? A biological advantage for fertility and gestation. *obesity reviews*, 10(2), 168-177.
- Oy, Polar Electro. (2010). *Polar FT7 User Manual*. Finland.
- Paula, Mariana Ribeiro, Picheth, Geraldo, & Simões, NP. (2007). Efeitos da eletrolipoforese nas concentrações séricas do glicerol e do perfil lipídico. *Fisioter Brasil*, 8(1), 5-9.
- Peronnet, F., & Massicotte, D. (1991). Table of nonprotein respiratory quotient: an update. *Can J Sport Sci*, 16(1), 23-29.
- Phillips, Catherine M, Tierney, Audrey C, Perez-Martinez, Pablo, Defoort, Catherine, Blaak, Ellen E, Gjelstad, Ingrid MF, . . . Drevon, Christian A. (2013). Obesity and body fat classification in the metabolic syndrome: impact on cardiometabolic risk metabotype. *Obesity*, 21(1), E154-E161.
- Polak, J., Moro, C., Bessiere, D., Hejnova, J., Marques, M. A., Bajzova, M., . . . Stich, V. (2007). Acute exposure to long-chain fatty acids impairs  $\alpha$ 2-adrenergic receptor-mediated antilipolysis in human adipose tissue. *J Lipid Res*, 48(10), 2236-2246. doi: 10.1194/jlr.M700253-JLR200
- Power, M. L., & Schulkin, J. (2008). Sex differences in fat storage, fat metabolism, and the health risks from obesity: possible evolutionary origins. *Br J Nutr*, 99(5), 931-940. doi: 10.1017/S0007114507853347
- Powers, Scott, & Howley, E. T. (2008). *Exercise Physiology: Theory And Application To Fitness And Performance* Author: Scott Powers, Edward Howley, Publisher: McG.
- Ramirez-Ponce, M. P., Acosta, J., Bellido, J. A., & Mateos, J. C. (1998). Noradrenaline modulates the electrical activity of white adipocytes by a cAMP-dependent mechanism. *J Endocrinol*, 159(3), 397-402.
- Ramirez-Ponce, M. P., Mateos, J. C., & Bellido, J. A. (2003). Human adipose cells have voltage-dependent potassium currents. *J Membr Biol*, 196(2), 129-134. doi: 10.1007/s00232-003-0631-1
- Roepstorff, C., Donsmark, M., Thiele, M., Vistisen, B., Stewart, G., Vissing, K., . . . Kiens, B. (2006). Sex differences in hormone-sensitive lipase expression, activity, and phosphorylation in skeletal muscle at rest and during exercise. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 291(5), E1106-1114. doi: 10.1152/ajpendo.00097.2006

- Romijn, J. A., Coyle, E. F., Hibbert, J., & Wolfe, R. R. (1992). Comparison of indirect calorimetry and a new breath  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  ratio method during strenuous exercise. *Am J Physiol*, *263*(1 Pt 1), E64-71.
- Rostrup, E., Slettom, G., Seifert, R., Bjorndal, B., Berge, R. K., & Nordrehaug, J. E. (2014). Effect of combined thermal and electrical muscle stimulation on cardiorespiratory fitness and adipose tissue in obese individuals. *Eur J Prev Cardiol*, *21*(10), 1292-1299. doi: 10.1177/2047487313483606
- Rotstein, A., & Meckel, Y. (2000). Estimation of %VO<sub>2</sub> reserve from heart rate during arm exercise and running. *Eur J Appl Physiol*, *83*(6), 545-550. doi: 10.1007/s004210000308
- Schmidt, S. L., Bessesen, D. H., Stotz, S., Peelor, F. F., 3rd, Miller, B. F., & Horton, T. J. (2014). Adrenergic control of lipolysis in women compared with men. *J Appl Physiol* (1985), *117*(9), 1008-1019. doi: 10.1152/jappphysiol.00003.2014
- Scorza, Flávia Acedo. (2008). Estudo comparativo dos efeitos da eletrolipólise com uso de tens modo burst e modo normal no tratamento de adiposidade localizada abdominal. *CEP*, *13*, 181.
- Simonsen, L., Enevoldsen, L. H., Stallknecht, B., & Bulow, J. (2008). Effects of local alpha<sub>2</sub>-adrenergic receptor blockade on adipose tissue lipolysis during prolonged systemic adrenaline infusion in normal man. *Clin Physiol Funct Imaging*, *28*(2), 125-131. doi: 10.1111/j.1475-097X.2007.00781.x
- Tanaka, H., Monahan, K. D., & Seals, D. R. (2001). Age-predicted maximal heart rate revisited. *J Am Coll Cardiol*, *37*(1), 153-156.
- Tarnopolsky, M. A. (2008). Sex differences in exercise metabolism and the role of 17-beta estradiol. *Med Sci Sports Exerc*, *40*(4), 648-654. doi: 10.1249/MSS.0b013e31816212ff
- Tchoukalova, Y. D., Koutsari, C., Votruba, S. B., Tchkonina, T., Giorgadze, N., Thomou, T., . . . Jensen, M. D. (2010). Sex- and depot-dependent differences in adipogenesis in normal-weight humans. *Obesity (Silver Spring)*, *18*(10), 1875-1880. doi: 10.1038/oby.2010.56
- Unger, R. H., Clark, G. O., Scherer, P. E., & Orci, L. (2010). Lipid homeostasis, lipotoxicity and the metabolic syndrome. *Biochim Biophys Acta*, *1801*(3), 209-214. doi: 10.1016/j.bbali.2009.10.006
- USDA. (2011). Dietary Reference Intakes (DRI's): Estimated Average Requirements

- van Loon, L. J., Greenhaff, P. L., Constantin-Teodosiu, D., Saris, W. H., & Wagenmakers, A. J. (2001). The effects of increasing exercise intensity on muscle fuel utilisation in humans. *J Physiol*, *536*(Pt 1), 295-304.
- Vanderlei, L. C., Silva, R. A., Pastre, C. M., Azevedo, F. M., & Godoy, M. F. (2008). Comparison of the Polar S810i monitor and the ECG for the analysis of heart rate variability in the time and frequency domains. *Braz J Med Biol Res*, *41*(10), 854-859.
- Venables, M. C., Achten, J., & Jeukendrup, A. E. (2005). Determinants of fat oxidation during exercise in healthy men and women: a cross-sectional study. *J Appl Physiol* (1985), *98*(1), 160-167. doi: 10.1152/jappphysiol.00662.2003
- Wang, S., Soni, K. G., Semache, M., Casavant, S., Fortier, M., Pan, L., & Mitchell, G. A. (2008). Lipolysis and the integrated physiology of lipid energy metabolism. *Mol Genet Metab*, *95*(3), 117-126. doi: 10.1016/j.ymgme.2008.06.012
- Williams, C. M. (2004). Lipid metabolism in women. *Proc Nutr Soc*, *63*(1), 153-160. doi: 10.1079/PNS2003314
- Wu, B. N., & O'Sullivan, A. J. (2011). Sex differences in energy metabolism need to be considered with lifestyle modifications in humans. *J Nutr Metab*, *2011*, 391809. doi: 10.1155/2011/391809
- You, Tongjian, Wang, Xuewen, Yang, Rongze, Lyles, Mary F, Gong, Dawei, & Nicklas, Barbara J. (2012). Effect of exercise training intensity on adipose tissue hormone sensitive lipase gene expression in obese women under weight loss. *Journal of Sport and Health Science*, *1*(3), 184-190.

## **Anexo 1 – Recomendações para os Participantes**

### **Os Efeitos Agudos da Eletrolipólise Associada ao Exercício Físico**

Os métodos de avaliação para o estudo incluem a aplicação do *International Physical Activity Questionnaire* (IPAQ) e o Questionários Semi-quantitativo de Frequência Alimentar (QFA), avaliação da composição corporal através de balança de bioimpedância, avaliação da altura e perímetro abdominal através da fita métrica e a medição da frequência cardíaca de repouso, através de um cardiofrequencímetro, para o cálculo da frequência cardíaca alvo para a realização do exercício físico e a utilização do sistema portátil K4b<sup>2</sup> que permite avaliar o consumo de ácidos gordos, hidratos de carbono e quociente respiratório durante o exercício.

Devido aos métodos de avaliação é necessário que se tenham os seguintes cuidados para o dia da participação no estudo:

- ✓ Deve trazer roupa prática – top/ biquíni ou t-shirt, calças de fato de treino e calçado adequado para a prática de exercício físico;
- ✓ Evitar a colocação de creme hidratante na região abdominal;
- ✓ Deve ir à casa de banho meia hora antes da hora marcada;
- ✓ Não beber café, álcool, bebidas energéticas e gaseificadas nas últimas 24h;
- ✓ Não consumir fritos e evitar a ingestão de doces nas últimas 24h;
- ✓ Não deve estar em jejum, contudo a última refeição completa não deve ser feita nas 2 horas anteriores à recolha;
- ✓ Pedimos para que quando tiver necessidade de ingerir líquidos opte por ingerir água (incluindo as refeições) nas últimas 24h;
- ✓ Não realizar atividades físicas extenuantes nas 24h anteriores;
- ✓ Pedimos, encarecidamente, que realize previamente a depilação na região abdominal;

Outras recomendações que sejam necessárias serão avisadas atempadamente.  
Para esclarecer dúvidas ou obter mais informações não hesite em contactar:

Rui Alves Vilarinho - Correio eletrónico: [ruivilarinho1@gmail.com](mailto:ruivilarinho1@gmail.com)  
Andreia Noites - Correio eletrónico: [andreianoites@gmail.com](mailto:andreianoites@gmail.com)

## Anexo 2 – Colocação dos elétrodos para o protocolo de eletrolipólise



**Figura 3** – Colocação dos elétrodos transcutâneos em banda na região abdominal

## **Questionário - Os Efeitos da Microcorrente Associada ao Exercício Físico**

A equipa da Linha de Investigação Sistema Tegumentar e Metabólico, no âmbito do curso de Fisioterapia, tem como intuito, através do seguinte questionário, selecionar e caracterizar a amostra para a realização do projeto intitulado “**Os Efeitos da Microcorrente Associada ao Exercício Físico**”.

Este projeto tem como objetivo avaliar os efeitos da aplicação desta corrente na mobilização de gordura, através da estimulação da lipólise, e na seleção do substrato energético associado ao exercício físico em indivíduos saudáveis.

O questionário que se segue, é constituído predominantemente por questões de resposta fechada, em que deve selecionar a sua resposta, e perguntas abertas às quais deve responder de forma direta e clara.

### **Todas as questões são de resposta obrigatória.**

Os elementos identificativos apenas servem para fins estatísticos, sendo que se garante a sua confidencialidade, por isso solicita-se que responda de forma honesta a todas as perguntas.

#### **Estilo de Vida**

1. Tem hábitos tabágicos?

Sim \_\_\_\_

Não \_\_\_\_

1.1 Se sim, quantos cigarros, em média, fuma por dia? \_\_\_\_

2. Consome bebidas alcoólicas diariamente?

Sim \_\_\_\_

Não \_\_\_\_

2.1 Se sim, indique-nos qual o tipo de bebida e a quantidade correspondente (exemplo: cerveja - 3 copos) \_\_\_\_\_

3. Está a fazer alguma dieta, com restrição de alimentos, atualmente?

Sim \_\_\_\_

Não \_\_\_\_

3.1 Indique os alimentos restringidos: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### **História Clínica**

4. Apresenta alguma patologia?

Sim \_\_\_\_

Não \_\_\_\_

4.1 Se sim, qual(ais)? Considera-se patologias cardiovasculares, respiratórias, neuro-músculo-esqueléticas, metabólicas, dermatológicas, renal, tumor, entre outras.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

5. Já foi submetido a alguma cirurgia?

Sim \_\_\_\_

Não \_\_\_\_

5.1 Se sim, em alguma cirurgia realizada colocou algum material de osteossíntese ou dispositivo eletrónico (exemplo, prótese, parafusos, *pacemaker*, entre outros)?

Sim \_\_\_\_

Não \_\_\_\_

6. Toma medicação (como por exemplo, beta-bloqueadores, insulina ou antidiabéticos orais, corticosteroides, contraceptivos orais, entre outros)?

Sim \_\_\_\_

Não \_\_\_\_

6.1 Se sim, Qual(ais)? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

7. Utiliza algum produto anticelulítico ou de emagrecimento (como por exemplo, cremes, suplementos alimentares ou medicamentos destinados ao emagrecimento)?

Sim \_\_\_\_

Não \_\_\_\_

### **Perceção Pessoal**

8. Em relação ao seu aspeto físico, como se considera?

Abaixo do peso normal \_\_\_\_

Dentro do peso normal \_\_\_\_

Ligeiramente acima do peso normal \_\_\_\_

Excesso de peso \_\_\_\_

Obeso \_\_\_\_

### **Outras Questões**

9. Encontra-se integrado, como participante, em mais algum estudo dentro ou fora da comunidade escolar?

Sim \_\_\_\_

Não \_\_\_\_

### **Dados Demográficos**

Idade \_\_\_\_\_ anos

Endereço Eletrónico \_\_\_\_\_

Contato Telefónico \_\_\_\_\_

Sexo Masculino \_\_\_\_ Feminino \_\_\_\_

### **(Questões adicionais para os participantes do sexo feminino)**

10. Está grávida ou planeia engravidar nos próximos três meses?

Sim \_\_\_\_

Não \_\_\_\_

11. Atualmente encontra-se a amamentar?

Sim \_\_\_\_

Não \_\_\_\_

A equipa da Linha de Investigação Sistema Tegumentar e Metabólico agradece a sua colaboração no preenchimento do questionário! Brevemente entraremos em contato para fornecer mais informações sobre o projeto.