

**TATIANA ACIOLI LINS**

**EFEITOS AGUDOS DE DIFERENTES INTENSIDADES  
DE EXERCÍCIO FÍSICO SOBRE O BALANÇO  
ENERGÉTICO DE CURTO PRAZO**

**RECIFE, 2010**

**TATIANA ACIOLI LINS**

**EFEITOS AGUDOS DE DIFERENTES INTENSIDADES  
DE EXERCÍCIO FÍSICO SOBRE O BALANÇO  
ENERGÉTICO DE CURTO PRAZO**

Dissertação apresentada ao Programa associado de pós-graduação em Educação Física-UPE/ UFPB, como requisito parcial à obtenção do título de mestre.

Área de concentração: Saúde, Desempenho e movimento humano.  
Orientador: Prof. Dr. Wagner Luiz do Prado.

**RECIFE, 2010**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Escola Superior de Educação Física - ESEF - UPE – Recife

L759e Lins, Tatiana Acioli  
Efeitos agudos de diferentes intensidades de exercício físico sobre o balanço energético de curto prazo / Tatiana Acioli Lins. – Recife: ESEF/UPE, 2010.  
69 p.

Orientador: Prof. Dr. Wagner Luiz do Prado  
Dissertação Mestrado – em Saúde, Desempenho e Movimento Humano da Universidade de Pernambuco, 2010.

1. EPOC. 2. Metabolismo Energético. 3. Ingestão alimentar  
4. Fome 5. Apetite. I. Prado, Wagner Luiz do (orient.). II. Escola Superior de Educação Física, UPE. III. Título.

CDU 612.39 2.ed.

**UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**

**PROGRAMA ASSOCIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA  
CURSO DE MESTRADO EM EDUCAÇÃO FÍSICA**

A dissertação: Efeitos agudos de diferentes intensidades de exercício físico sobre o balanço energético de curto prazo

Elaborada por Tatiana Acioli Lins

Foi julgada pelos membros da Comissão Examinadora e aprovado para obtenção do grau de MESTRE EM EDUCAÇÃO FÍSICA na área de concentração: Saúde, Desempenho e movimento humano.

Data: 16 de Março de 2010.

---

Prof. Dr. Mauro Virgílio Gomes de Barros

Coordenador do Programa Associado de Pós-graduação em Educação Física UPE/UEPB

BANCA EXAMINADORA:

---

Prof. Dra. Carol Virginia Góis Leandro

UFPE

---

Prof. Dr. Fernando José de Sá Pereira Guimarães

UPE

---

Prof. Dr. Manoel da Cunha Costa

UPE

Este trabalho foi realizado no Programa Associado de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade de Pernambuco UPE/UFPB com o apoio financeiro da: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) através da concessão de bolsa; Universidade de Pernambuco (UPE) (Programa de Fortalecimento Acadêmico da Universidade de Pernambuco); Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Pernambuco (FACEPE) (APQ-0908-4.09/08) e Escola Superior de Educação Física ESEF/UPE.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador Dr. Wagner Luiz do Prado, por todos os esforços (intelectuais, materiais, etc.) que despendeu para que pudéssemos produzir este trabalho e pela oportunidade ímpar que me concedeu, os méritos são seus.

Aos professores: Dra. Carol Góis Leandro, Dr. Fernando de Sá Guimarães e Dr. Manoel da Cunha Costa, que ao longo das etapas avaliativas, incitaram problemas e soluções imperiosas para valorizar este trabalho.

Agradeço infundamente aos meus “voluntários” que ao longo do tempo da coleta de dados se mostraram diligentes em doar-se a este propósito, saibam que sem vocês nada disso seria concretizado.

Ao GENE (Grupo de Estudos em Nutrição e Exercício), Aline, Carla, Pedro e Thyago, que juntos me ajudaram a materializar este estudo. Aos novos colegas do grupo: Camila, Humberto, Lamartine, Laura, Priscila, Rebecca e Rodrigo, somos uma equipe primorosa

À ESEF, em todos os seus setores que nestes 10 anos de estada, me proporcionou muito mais que títulos, agregou-me conhecimentos essenciais através de seus valorosos professores, amigos e experiências singulares.

Ao CENESP-LAPH, que me asilou o tempo necessário para construção deste estudo, modificando sua rotina por acreditar neste trabalho, agradeço em especial: Ana Patrícia Falcão, Carla Lopes, Ana Carolina, Ana Elizabeth, Iberê Caldas, Keyla Costa, Manoel Costa, Marcos André, Marcus Plauto, Nicole Carmem, Rosa Idalina, Roberta Costi, Salete, Tuta e ao Wilson Viana, que ao longo desses anos, sempre estiveram apostos a contribuir para comigo.

Ao PAPGEF- UPE/UFPB, que me oportunizou esta formação ímpar, através do seu sempre disponível corpo docente, da estrutura que nos foi oferecida e das oportunidades que nos concedeu enquanto alunos, eu me sinto privilegiada diante da oportunidade vivenciada.

A CAPES, pela concessão de auxílio financeiro.

Agradeço à FACEPE, por ter contribuído com os custos desta pesquisa

Ao Departamento de Nutrição da UFPE, que contribuiu com empréstimo de equipamento para realização deste estudo.

Ao CERPE Diagnósticos, pela contribuição com nossas pesquisas.

À Escola Técnica de Enfermagem Irmã Dulce- EID, por ter cedido seus alunos para realizarem a coleta das amostras sanguíneas.

À Dra. Lila Missae Oyama, pela contribuição na padronização da coleta e estocagem das alíquotas sanguíneas.

À Psicóloga Mara Lofrano-Prado, que com toda sua sensibilidade me ensinou uma técnica valorosa, que me ajuda a cada vez que preciso falar em público.

À Eliane e seu Edmundo que nos permitiram “invadir” sua cozinha.

As nutricionistas Roberta Buckhardt Costi e Rosa Idalina, pelas constantes contribuições ao longo do estudo.

Aos professores Antonio Roberto Rocha Santos (Tubarão) e a Clara Maria Silvestre Monteiro de Freitas, que a luz de suas idéias, conselhos e exemplos ajudaram-me a galgar os meus objetivos.

Ao Professor e amigo Manoel Costa, que ao longo desses anos me “puxou as orelhas” e deu-me a mão nos momentos necessários, muito obrigado por tudo.

Aos amigos que conquistei no mestrado, e com os quais compartilhei bons momentos. Em especial ao Bruno, Carla, Fábio, “moranguinho” e o menino Ricardo, juntos partilhamos angústias, conquistas e momentos inesquecíveis.

Aos meus amigos valorosos, Áurea, Ana Carolina, Dany, Eduardo, Elaine, Kleber, João, Natanael, que me incentivaram a esta conquista.

Ao Fábio que tem a missão livre, espontânea, divertida e prazerosa de me acompanhar nessa jornada, te agradeço por tudo que compartilhas.

Reconheço ao longo da jornada, a desmedida contribuição dos meus pais, avó, irmãos, sobrinhos, cunhados, vocês tornaram meus dias mais leves, confortando-me e incentivando para que conquistasse esta etapa tão apetecida da minha vida, muito obrigada.

A Deus, pelas bênçãos que me concede, desde que aqui vim passar.

## **DEDICATÓRIA**

Dedico esta conquista a minha família, pelos exemplos constantes de renúncia, serenidade, amor e cuidados ímpares para com os que amam e principalmente para com o próximo.

*Somos o que fazemos, mas somos,  
principalmente, o que fazemos para  
melhorar o que somos.*

(Eduardo Galeano)

## RESUMO

### **Efeitos agudos de diferentes intensidades de exercício físico sobre o balanço energético de curto prazo**

LINS, Tatiana Acioli; PRADO, Wagner Luiz do.

O objetivo do presente estudo foi analisar os efeitos agudos e de curto prazo, de diferentes intensidades (40 e 80%  $VO_{2\text{pico}}$ ) de exercício físico sobre o balanço energético de curto prazo em indivíduos adultos jovens (gasto energético pós-exercício, fome, apetite, ingestão alimentar pós-exercício). Participaram do estudo 18 homens, eutróficos ( $22,20 \pm 1,72$ ) e praticantes de atividade física. Todos os sujeitos foram submetidos aleatoriamente a três condições experimentais: controle (sem exercício); EBI, exercício de baixa intensidade (40% do  $VO_{2\text{pico}}$ ) e EAI, exercício de alta intensidade (80% do  $VO_{2\text{pico}}$ ). O gasto energético pós-exercício e o comportamento do quociente respiratório (QR) foram mensurados em recuperação passiva por duas horas. A escala visual analógica foi utilizada para avaliar a sensação de fome e apetite: basal, imediatamente após, aos 30, 60, 90 e 120 minutos de recuperação passiva. Para avaliação da ingestão alimentar, após 120 minutos de recuperação passiva, os voluntários tinham livre acesso a um *buffet* variado de alimentos. Os resultados mostram que o exercício de alta intensidade promoveu um maior gasto energético pós-exercício em relação ao EBI. O EAI induziu a uma redução no QR durante todo o tempo de recuperação passiva em relação às demais condições experimentais. A sensação de fome ao término do exercício foi maior no EBI. Ao longo do período de 120 minutos de recuperação passiva, o comportamento da sensação de fome aumentou independente da condição experimental. Foi observada uma diminuição aguda no apetite imediatamente após a sessão de EAI em relação à sessão de EBI. A ingestão alimentar pós-exercício não apresentou nenhuma diferença significativa entre as condições experimentais. Sugere-se que o exercício físico é capaz de modular o balanço energético de curto prazo, afetando tanto o gasto energético quanto o comportamento alimentar (fome e apetite) em indivíduos adultos jovens.

**Palavras-chave:** Apetite, EPOC, Fome, Ingestão alimentar, Metabolismo energético.

## **ABSTRACT**

### **Effects acute of different exercise intensities in energy balance short term**

LINS, Tatiana Acioli; PRADO, Wagner Luiz do.

The main objective of this study was to investigate the effects acute and short-term of exercise at different intensities (40 and 80%  $VO_{2peak}$ ) of exercise training on energy balance of short-term in young adults (energy expenditure after exercise, hunger, appetite, energy intake post-exercise). Eighteen young males subjects, normal weight ( $22,20 \pm 1,72$ ) and physically active: Age  $21 \pm 2$ , maximum oxygen uptake  $50,00 \pm 5,30$ . All subjects were randomly submitted to three experimental conditions: control (no exercise), EBI, low-intensity exercise (40% of  $VO_{2peak}$ ) and EAI, high-intensity exercise (80% of  $VO_{2peak}$ ). Energy expenditure after exercise and behavior of respiratory exchange ratio (RER) were measured in passive recovery for two hours. The scale analogue visual was used to evaluate the sensation of hunger and appetite: baseline, immediately after, at 30, 60, 90 and 120 minutes of passive recovery. After the exercise to assess food intake 120 minutes of passive recovery, the volunteers had ad libitum to a varied buffet. The results suggest that high-intensity exercise promoted greater energy expenditure after exercise in relation to the EBI. The EAI has led to a reduction in RER during the entire period of passive recovery in relation to other experimental conditions. The feeling of hunger at the end of exercise was greater in the EBI. Over the period of 120 minutes of passive recovery, the scores of the sensation of hunger has increased regardless of experimental condition. There was a sharp decrease in appetite immediately following the session in relation to EAI meeting of EBI. The food intake after exercise showed no significant difference between the experimental conditions. It is suggested that exercise is able to modulate the energy balance of short-term, affecting both energy expenditure and eating behavior (hunger and appetite) in young adults.

**Key words:** Appetite, EPOC, Energy metabolism, Energy intake, Hunger.

## SUMÁRIO

### RESUMO

### ABSTRACT

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO .....</b>  | <b>14</b> |
| <b>2. REVISÃO DE LITERATURA .....</b>                                       | <b>16</b> |
| 2.1 Controle Central do Balanço Energético .....                            | 16        |
| 2.2 Controle de Curto Prazo.....  | 17        |
| 2.3 Exercício e gasto energético .....                                      | 19        |
| 2.4 Exercício e demandas energéticas.....                                   | 22        |
| 2.5 Exercício e Gasto energético pós-exercício .....                        | 23        |
| 2.6 Efeitos do exercício aeróbio na ingestão alimentar, fome e apetite..... | 25        |
| <b>3. OBJETIVOS.....</b>  | <b>28</b> |
| 3.1 Objetivo geral.....   | 28        |
| 3.2 Objetivos específicos.....  | 28        |
| <b>4. CASUÍSTICA E MÉTODOS .....</b>  | <b>29</b> |
| 4.1 Casuística .....  | 29        |
| 4.2 Procedimentos.....  | 29        |
| 4.2.1 Avaliações.....   | 30        |
| 4.2.2 Medidas antropométricas e de composição corporal .....                | 31        |
| 4.2.3 Consumo de Oxigênio (VO <sub>2</sub> ).....                           | 31        |
| 4.2.4 Gasto energético / Taxa Metabólica.....                               | 32        |
| 4.2.5 Avaliação de fome e apetite .....                                     | 32        |
| 4.2.6 Ingestão Alimentar pós-exercício .....                                | 33        |
| 4.3 Análise estatística.....  | 34        |
| <b>5. RESULTADOS.....</b>   | <b>35</b> |
| <b>6. DISCUSSÃO.....</b>  | <b>40</b> |
| <b>6. CONCLUSÃO.....</b>  | <b>48</b> |
| <b>7. REFERENCIAS.....</b>  | <b>49</b> |
| <b>ANEXOS</b>   |           |

## Lista de Tabelas

**Tabela 1.** Características antropométricas, composição corporal e consumo de oxigênio dos jovens submetidos a diferentes intensidades de exercício aeróbio.....**37**

**Tabela 2.** Efeitos de diferentes intensidades de exercício aeróbio sobre o gasto energético total e sobre a mobilização de diferentes substratos energéticos durante e após o exercício.....**38**

**Tabela 3.** Efeitos agudos e de curto prazo de diferentes condições experimentais no apetite de jovens.....**41**

## Lista de Abreviaturas

| <b>Sigla</b>        | <b>Termo</b>                                   |
|---------------------|--|
| AA                  | Proteínas                                      |
| AGRP                | Proteína <i>agouti</i> relacionada             |
| ARC                 | Núcleo arqueado ou arcuado                     |
| ATP                 | Composto de Fosfato de Alta Energia            |
| BE                  | Balanço energético                             |
| CHO                 | Carboidrato                                    |
| CI                  | Calorimetria indireta                          |
| CO <sub>2</sub>     | Gás carbônico                                  |
| EAI                 | Exercício de alta intensidade                  |
| EAV                 | Escala analógica visual                        |
| EBI                 | Exercício de baixa intensidade                 |
| EPOC                | Excesso de consumo de oxigênio pós-exercício   |
| GE                  | Gasto energético                               |
| IA                  | Ingestão alimentar                             |
| GI                  | Gastro intestinais                             |
| IMC                 | Índice de massa corporal                       |
| IPAQ                | Questionário internacional de atividade física |
| Kcal                | Quilocalorias                                  |
| LIP                 | Lipídeos                                       |
| MC                  | Massa corporal                                 |
| NPY                 | Neuropeptídeo Y                                |
| NTS                 | Núcleo do trato solitário                      |
| QR                  | Quociente respiratório                         |
| QRnp                | Quociente respiratório não protéico            |
| QRp                 | Quociente respiratório protéico                |
| SNC                 | Sistema nervoso central                        |
| VET                 | Valor Energético Total                         |
| VO <sub>2</sub> máx | Consumo Máximo de Oxigênio                     |

## 1 INTRODUÇÃO

Há mais de 50 anos, a relação entre o gasto energético (GE) promovido pela realização de esforço físico e a ingestão alimentar (IA) tem sido foco de investigação de pesquisadores interessados em compreender melhor os efeitos da atividade física sobre o balanço energético (BE) (BLUNDELL *et al.*, 2003). Particular atenção é dada ao ajuste que o GE desempenha neste processo, entre os quais se destacam alterações nos mecanismos que modulam a fome, o apetite e a ingestão alimentar (FERGUSON; SMITH, 2008; BLUNDELL *et al.*, 2003) e são crescentes as investigações para identificar os seus mecanismos subjacentes (HAGOBIAN; SHAROFF; BRAUN, 2008; KESSEY; POWLEY, 2008; POMERLEAU *et al.*, 2004).

O exercício físico promove no organismo alguns ajustes compensatórios em períodos subseqüentes ao esforço, tais ajustes promovem alterações na sensação de fome, apetite e GE, alterando de maneira acentuada o BE (BROOM *et al.*, 2009).

Após o exercício, a taxa metabólica permanece elevada, este fenômeno é denominado EPOC, que é constituído por dois componentes, um rápido observado entre o término do exercício até uma hora após o esforço, e um componente de longa duração que pode se prolongar até várias horas após a realização do esforço (BAHR, 1992). A duração e a magnitude do EPOC estão associadas ao tempo, intensidade e tipo de exercício realizado (LAFORGIA *et al.*, 2006).

Além de elevar o GE pós exercício, alguns estudos demonstraram que o exercício físico parece reduzir a ingestão de alimento, através de um fenômeno denominado “anorexia induzida pelo exercício” (KING *et al.*, 1994; KING *et al.*, 1997), entretanto, tal hipótese não é consenso na literatura atual, sendo que algumas pesquisas descrevem resultados controversos (HAGOBIAN; SHAROFF; BRAUN, 2008; MARAKI *et al.*, 2005; IMBEAULT *et al.*, 1997).

A modulação do comportamento alimentar, ocorre através de diversas vias (químicas, mecânicas e humorais), sendo mediado por diferentes sinais e

mecanismos, centrais e periféricos, que determinam a quantidade, o tipo e a qualidade dos alimentos a serem ingeridos (CASTRO, 1999).

O balanço energético é a relação entre a ingestão alimentar e o gasto energético, ele pode ser de três tipos: equilibrado quando IA e GE se equivalem, mantendo a massa corporal estável; negativo quando o GE é maior que a IA, reduzindo a massa corporal; e positivo quando a IA é maior que o GE, podendo, por exemplo, levar ao sobrepeso e a obesidade (CANCELLO *et al.*,2004).

A compreensão dos fatores que influenciam o BE e a manutenção da massa corporal (MC) é de grande relevância nos dias atuais, uma vez que é crescente o número de fisiopatologias associadas a distúrbios no balanço energético, dentre elas, a que mais cresce é a obesidade (MOTA; ZANESCO, 2007).

Dentre as diversas formas de controle e tratamento de doenças metabólicas, especialmente a obesidade, o exercício e a atividade física, ocupam lugar de destaque, uma vez que, ao contrário da terapia alimentar e farmacológica, apresentam a possibilidade de modular tanto à ingestão energética quanto o gasto calórico (BLOOM, 2007), ou seja, o esforço físico é um potente modulador do BE.

Assim, o presente estudo objetiva analisar os efeitos agudos e de curto prazo do exercício físico aeróbio sobre a sensação de fome e o apetite, a ingestão alimentar, o gasto energético pós-exercício e sobre o quociente respiratório.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Controle Central do balanço energético

A homeostase energética é regulada por um sistema complexo, composto por sinais periféricos e fatores centrais que regulam a ingestão alimentar e o gasto energético. Este sistema regulatório consiste de um permanente diálogo entre o sistema nervoso central (SNC) e os tecidos periféricos, incluindo o tecido adiposo, pâncreas, fígado e músculos (principalmente o esquelético) (CANCELLO *et al.*, 2004). O organismo possui duas vias de controle do BE: um sistema de curto prazo, que controla cada refeição do indivíduo, e um de longo prazo, responsável pela manutenção de quantidades adequadas de energia, principalmente na forma de gordura (KONTUREK *et al.*, 2005).

Dentro de uma perspectiva evolucionária, parece que a necessidade de sobrevivência, durante períodos de restrição energética, e a função reprodutiva, tornaram o sistema regulatório mais efetivo para defender o organismo contra a redução da gordura corporal do que de aumentos de seus estoques energéticos (AHIMA *et al.*, 1996; KONTUREK *et al.*, 2005)

O hipotálamo é a região chave de controle da IA, mais especificamente o núcleo arqueado ou arcuado (ARC) (KONTUREK *et al.*, 2005), que recebe informações periféricas (aférentes), processa e envia respostas (eferentes), ou seja, a homeostase energética requer um controle primário do SNC em resposta às mudanças nos estoques de energia periféricos (SCHWARTZ, 2000). Tais alterações devem ocorrer nos dois lados da equação do BE (ingestão e gasto) e devem persistir até a chegada ao ponto de equilíbrio (fenômeno descrito por alguns autores como *set point*) (STANLEY *et al.*, 2005; XU *et al.*, 2005).

Ao longo da última década, nosso conhecimento sobre este sistema homeostático cresceu drasticamente (WHYBROW *et al.*, 2008), importantes avanços têm sido realizados no sentido de caracterizar uma rede neuronal hipotalâmica bem como seus neuropeptídeos transmissores (neuropeptídeo Y e

a proteína *agouti* relacionada, dentre outros), que juntamente com peptídeos circulantes (citocinas) enviam sinais para o cérebro sobre a situação energética corporal controlam o BE (SCHWARTZ *et al.*, 2003; STANLEY *et al.*, 2005).

Uma hipótese para explicar alterações na IA em resposta a modificações na adiposidade corporal propõe um sistema de controle por retroalimentação negativo (*feedback* negativo), no qual sinais humorais (sinais de adiposidade) liberados em proporção direta aos estoques de gordura corporal atuam em áreas hipotalâmicas controlando a ingestão, esta hipótese foi proposta por Kennedy em 1953 (McMINN *et al.*, 2000).

Para ser classificada como um sinal de adiposidade, a molécula deve ser secretada no plasma em proporção aos estoques de gordura corporal, deve ser transportada para o SNC via corrente sanguínea; após entrar no SNC a molécula modula a expressão de sinais de transdução de moléculas em áreas bem caracterizadas do hipotálamo que regulam o BE, que em última instância, alteram a IA e o GE (McMINN *et al.*, 2000; SCHWARTZ *et al.*, 2000).

## **2.2 Controle de Curto Prazo do Balanço energético**

A regulação da via de curto prazo do BE é mediada por sinais periféricos provenientes do fígado, trato gastro intestinal, pâncreas, músculos e substâncias circulantes no sangue (BENOIT; TRACY, 2008; SCHWARTZ, 2000). Esta via por si só não produz alterações na adiposidade corporal, a via de curto prazo é responsável pelo início e finalização das refeições (COLL *et al.*, 2007).

Mayer em 1955 propôs a teoria glicostática para explicar o comportamento alimentar durante e entre as refeições (MANCINI; HALPERN, 2002). Esta teoria propõe que a diminuição da glicemia precede o início da alimentação em animais e humanos, através da estimulação vagal aumentada para o núcleo do trato solitário (NTS), em contraste, quando a glicose está elevada (por exemplo, por infusões) a descarga de aferências vagais é reduzida, o que retarda o início da refeição (BLOOM *et al.*, 2006).

Existem algumas evidências sugerindo que a proteína dietética ou aumento na circulação de aminoácidos também participe da regulação da IA, a relação entre as flutuações dos níveis séricos de aminoácidos e o apetite em humanos foi inicialmente sugerida por Mellinkoff e colaboradores em 1956 (SCHWARTZ *et al.*, 1996).

Além dos carboidratos e proteínas, como não poderia deixar de ser, os lipídeos também participam da regulação da IA. Aumento na concentração de lipídios circulantes suprime a fome, assim como a redução, promove elevação de neuropeptídeos orexígenos que estimulam a fome, teoria lipostática (BENOIT; TRACY, 2008).

Mecanismos de transporte e enzimas para a oxidação lipídica e síntese de gorduras estão também presentes no cérebro, e a administração de inibidores da síntese lipídica produz supressão da IA (WOODS *et al.*, 2000). Apesar do potencial efeito da gordura para inibir a ingestão de alimentos, vale ressaltar que existem evidências de que o consumo de dieta hiperlipídica leva ao aumento da ingestão calórica, o que resulta em aumento da MC e conseqüentemente contribui com o desenvolvimento da obesidade (BENOIT; TRACY, 2008, WOODS *et al.*, 2000).

Assim que os nutrientes (carboidratos, lipídeos e aminoácidos) chegam ao sistema digestório, mecanos e quimiorreceptores intestinais são ativados em resposta a quantidade e a densidade dos alimentos ingeridos, e geram sinais gastrointestinais que são transmitidos via aferente vagal ao tronco cerebral, mais especificamente ao NTS, onde ocorre à integração dos diversos sinais (FERGUSON; SMITH, 2008), tal sinalização ocorre de forma muito rápida, sendo a principal responsável por controlar o tamanho de uma única refeição (FOGEL *et al.*, 2008), porém dependendo da magnitude do sinal, pode afetar o consumo energético de uma refeição subsequente (GALE *et al.* 2004; WOODS *et al.*, 2000).

Além do sinal químico proveniente dos alimentos, a distensão gástrica que ocorre com a passagem dos alimentos, também estimula mecanorreceptores localizados na parede do estômago, que enviam informações aferentes vagais ao NTS, para estimular a saciedade e

interromper a refeição (BERTHOUD *et al.*, 2009; DOCRAY, 2009; ALONSO; LEONE, 2007).

Vários hormônios gastro intestinais (GI) estão envolvidos na regulação da IA, sendo estas proteínas na sua maioria anorexígenas (inibem a IA), com exceção da grelina, sabidamente um potente estimulador da fome (orexígeno) (CHAUDRI *et al.*, 2008; CHROUSOS *et al.*, 2007). É importante considerar que muitos destes peptídeos GI apresentam receptores também em outras regiões do SNC envolvidas na regulação do comportamento alimentar, como ARC (TSCHOP *et al.*, 2004).

Quando administrados perifericamente, tais peptídeos promovem discretas alterações na IA, os seus efeitos são mais pronunciados quando a administração é central (CHAUDRI *et al.*, 2008), desta forma ainda não está muito bem elucidado na literatura se a principal atuação destes peptídeos GI é periférica, central ou em ambos os sítios (SCHWARTZ, 2000). É provável que a ação periférica e central dos hormônios GI represente vias paralelas e concomitantes na modulação do comportamento alimentar (BENOIT; TRACY, 2008).

### **2.3 Exercício físico e Gasto energético**

Na última década grande importância tem sido dada a intensidade do exercício, como uma forma de modular o balanço energético (POMERLEAU, 2004). O conhecimento do GE proveniente do exercício e das respostas metabólicas por ele desencadeadas pode ser importante para auxiliar no cálculo das necessidades energéticas diárias, ou determinar a eficiência do organismo durante a realização de um exercício (SCHUTZ; DEURENBERG, 1996; OWEN, 1988).

O metabolismo envolve todas as reações químicas das biomoléculas dentro do corpo, englobando tanto síntese (anabolismo) quanto degradação (catabolismo). O metabolismo basal, o efeito térmico durante e após a atividade física e o efeito térmico do alimento são os fatores determinantes do gasto energético total (SIMONSON; DeFRONZO, 1990).

Entende-se por taxa metabólica basal a energia gasta pelo organismo para manter suas funções vitais (respiração, metabolismo celular, circulação, etc.) em repouso, após jejum de doze horas, à temperatura ambiente em torno de 20°C, no estado de vigília (McARDLE *et al.*, 2008).

A calorimetria indireta (CI) é um método não-invasivo que estima o GE (basal, efeito térmico do alimento e o exercício) e a taxa de utilização dos substratos energéticos, a partir do consumo de oxigênio e da produção de gás carbônico obtidos por análise direta do ar inspirado e expirado pelos pulmões (BRANSON, 1990; FERRANNINI, 1988).

Para uma dieta mista habitual (dieta ocidental), o efeito térmico do alimento varia entre 5-7% do seu conteúdo energético (MOLINA *et al.*, 1995; SIMONSON, DeFRONZO, 1990), o efeito térmico do alimento ou ação dinâmica específica do alimento é o gasto de energia acima do basal, provocado pela ingestão e absorção alimentar; ele é subdividido em dois componentes: uma termogênese obrigatória- à energia gasta na absorção, transporte, digestão e aproveitamento dos alimentos ingeridos; e uma termogênese facultativa- relacionada à ativação do sistema nervoso simpático com influência estimulante sobre a taxa metabólica (BILSKI *et al.*, 2009).

A mistura metabólica utilizada durante o repouso e o exercício pode ser mensurada a partir de permuta gasosa (BAHR, 1992), devido às diferenças químicas inerentes na composição de carboidratos, gorduras e proteínas, são necessárias quantidades diferentes de oxigênio para a oxidação completa dos átomos de carbono e de hidrogênio (COYLE, 1995). Assim sendo, o dióxido de carbono produzido por unidade de oxigênio consumido varia com o tipo de substrato predominantemente metabolizado.

A relação entre a produção de gás carbônico (CO<sub>2</sub>) e o consumo de oxigênio (VO<sub>2</sub>) é denominada como quociente respiratório (QR) e pode ser empregada para estimar o tipo de substrato que está sendo predominantemente oxidado. O QR é obtido através da divisão do CO<sub>2</sub> produzido pelo O<sub>2</sub> consumido, podendo ser dividido em: não-protéico (QRnp), que traduz a participação dos carboidratos e lipídios; e protéico (QRp), que estima a participação também das proteínas. Essa diferenciação no QR é

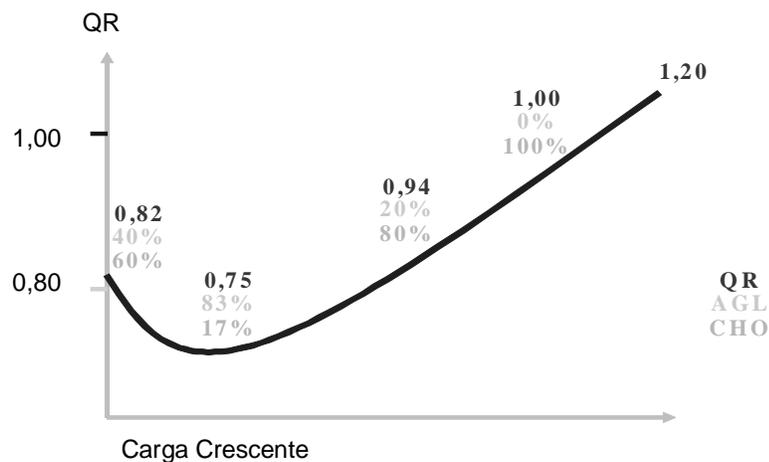
realizada determinando-se a taxa de excreção diária do nitrogênio na urina (RATAMESS, 2007), vale ressaltar que, devido a dificuldades metodológicas e a baixa participação das proteínas para fornecimento de energia durante o exercício físico, o QRp é pouco utilizado (SCHUTZ; DEURENBERG, 1996).

A permuta gasosa durante a oxidação da glicose produz um número de moléculas de  $\text{CO}_2$  igual ao número de moléculas de  $\text{O}_2$  consumidas; portanto, o valor QR para carboidratos é:

$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{O}_2 \rightarrow 6 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{QR} = 6 \text{CO}_2 \div 6 \text{O}_2 \rightarrow \text{QR} = 1,00$   
 ((SCHUTZ, 1995; FERRANNINI, 1988).

A composição química das gorduras difere dos carboidratos, pois, as gorduras contêm consideravelmente mais átomos de hidrogênio e de carbono em relação aos átomos de oxigênio (WESTSTRATE, 1990). Conseqüentemente, o catabolismo da gordura requer mais oxigênio em relação à produção de dióxido de carbono. Em geral:

$\text{C}_{16}\text{H}_{32}\text{O}_2 + 23 \text{O}_2 \rightarrow 16 \text{CO}_2 + 16 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{QR} = 16 \text{CO}_2 \div 23 \text{O}_2 \rightarrow \text{QR} = 0,696$   
 (McARDLE *et al.*, 2008). A figura 1 ilustra a contribuição relativa de cada um dos macronutrientes de acordo com o QR apresentado.



**Figura 1** Relação entre intensidade de exercício e quociente respiratório. (Adaptado de BROOKS *et al.*, 2000).

A nutrição pré-exercício influencia a mistura metabólica a ser utilizada durante o repouso e o exercício, o QR é modificado na transição do repouso

para o exercício e aumenta à medida que a intensidade do exercício se eleva, sendo observada uma predominância na demanda na oxidação de carboidratos (McARDLE *et al.*, 2008).

## **2.4 Exercício físico e demandas energéticas**

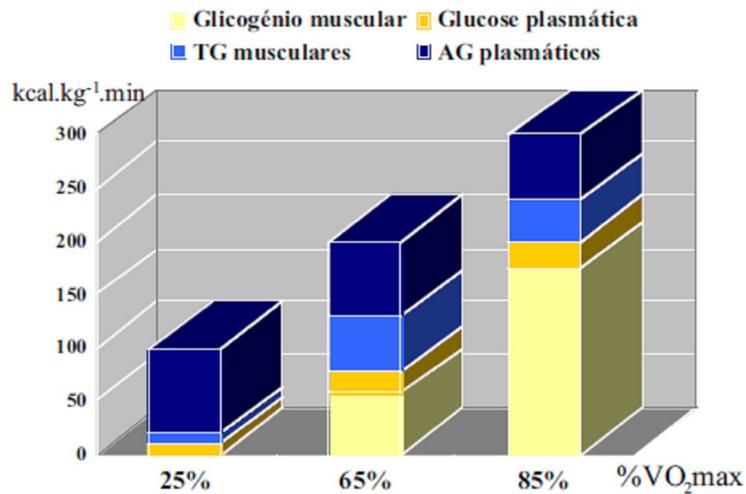
Os humanos são seres termodinâmicos que necessitam de energia para manter sua organização, sendo esta energia obtida através da oxidação dos nutrientes contidos nos alimentos ingeridos (WELCH, 1991).

A intensidade, duração, o nível de aptidão e o estado nutricional do indivíduo, são fatores determinantes da mistura de substratos energéticos utilizados durante o exercício (FUJIMOTO *et al.*, 2003; COGGAN *et al.*, 1995).

Os carboidratos (CHO) desempenham funções importantes relacionadas ao metabolismo energético e ao desempenho durante períodos de exercícios. O SNC necessita de um fluxo ininterrupto de CHO para funcionar adequadamente (McARDLE *et al.*, 2008). Como fonte de energia eles funcionam como combustível energético particularmente durante o exercício de alta intensidade, pois, fornecem energia rapidamente, através de processos glicolíticos. A ingestão diária de CHO para os indivíduos fisicamente ativos terá que prover níveis capazes de manter as reservas corporais de glicogênio e ou auxiliar sua reposição (FUJIMOTO *et al.*, 2003).

Durante exercícios de baixa intensidade os lipídeos apresentam-se como fonte energética predominante, durante a sessão de exercício (MARTIN, 1997), a gordura intracelular e os ácidos graxos plasmáticos suprem entre 30 a 80% da energia para atividade física (BROOKS *et al.*, 2000; BERGMAN; BROOKS, 1999; WINDER, 1998).

A gordura mobilizada para obtenção de energia no exercício de baixa intensidade é três vezes maior que a mobilizada em condição de repouso, porém, a disponibilidade de CHO influencia a utilização de gorduras. No final do exercício prolongado, quando as reservas de glicogênio são quase depletadas, a gordura supre quase 80% da energia total necessária (TURCOTTE, 2000).



**Figura 2.** Contribuição relativa dos diferentes substratos energéticos durante exercício de intensidade baixa, moderada e alta intensidade. (Adaptado de BROOKS *et al.*, 2000).

Pode-se observar na figura 2 que, em intensidades elevadas o aumento da demanda energética é quase totalmente assegurado pelo glicogênio muscular. Em baixas intensidades de exercício os ácidos graxos plasmáticos asseguram a maior parte do aporte energético (BROOKS *et al.*, 2000).

## 2.5 Exercício e Gasto energético pós-exercício

Os processos metabólicos do corpo resultam na produção de calor e, todas as reações que liberam energia no corpo dependem essencialmente da utilização de oxigênio. Mensurar o consumo de oxigênio durante e ou após o exercício oferece uma estimativa indireta, porém precisa do gasto energético (BORSHEIM; BAHR, 2003).

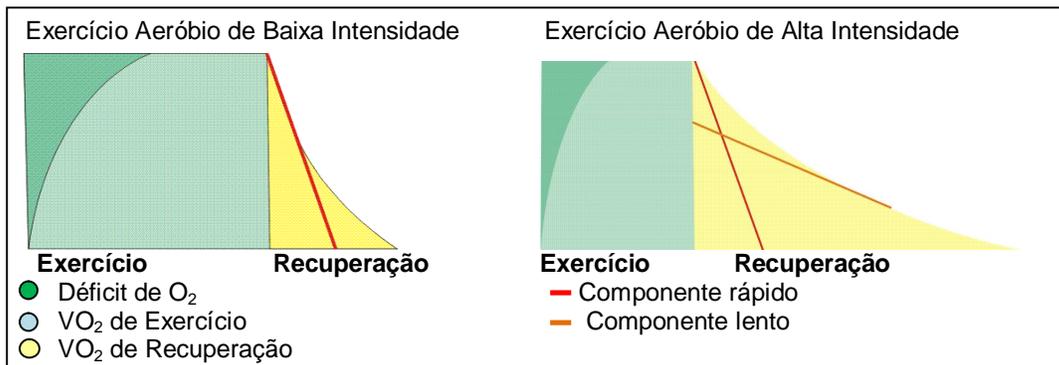
O consumo de oxigênio tem uma relação direta com o gasto energético, considera-se que, a cada litro de O<sub>2</sub> consumido, aproximadamente 5 kcal são geradas pelo organismo (GAESSER; BROOKS, 1984).

A intensidade, a duração e o tipo de atividade, são fatores determinantes para a duração e magnitude do EPOC (GORE; WITHERS, 1990). Após a execução de uma sessão de exercícios, a taxa metabólica permanece elevada

em relação aos valores pré-esforço, para que o organismo retorne ao seu estado de equilíbrio dinâmico (BORSHEIM; BAHR, 2003).

O exercício de baixa intensidade permite alcançar rapidamente um ritmo estável de consumo de oxigênio (*steady state*), produzindo um pequeno déficit de  $O_2$ , entretanto o exercício de moderada à alta intensidade torna necessário um período de tempo mais longo para se alcançar o ritmo estável, ou platô de consumo, o que acarreta um maior déficit de oxigênio, conseqüentemente, é necessário mais tempo para que o consumo de oxigênio retorne ao nível pré-esforço, nesse sentido, a magnitude do EPOC é semelhante ao déficit de oxigênio existente no início do exercício (ver figura 3).

Três componentes do EPOC foram identificados: o componente rápido, com duração de 10 segundos a alguns minutos; o lento, que pode durar várias horas; e o ultra lento, observado pela taxa metabólica em valores elevados por até 48h após a sessão de exercício (DOLEZAL *et al.*, 2000; BORSHEIM *et al.*, 1998).



**Figura 3.** Consumo de oxigênio durante e após o exercício. (Adaptado de McARDLE *et al.*, 2008).

Os maiores valores de EPOC são observados nos minutos iniciais da fase de recuperação. Durante o componente lento, os valores são menores, embora nessa fase ainda existam processos visando à restauração da homeostase que, no entanto, requer uma menor captação de oxigênio do que os processos que ocorrem na fase rápida (THORNTON; POTTEIGER, 2002).

A maneira com que o indivíduo responde a recuperação após um exercício leve, moderado e vigoroso depende de processos metabólicos e

fisiológicos específicos durante e na recuperação ao esforço. Os volumes ventilatórios na recuperação após o exercício intenso, permanecem cerca de 8 a 10 vezes maior em relação às demandas de repouso (SHORT; SEDLOCK, 1997).

## **2.6 Efeitos do exercício aeróbio na ingestão alimentar, fome e apetite**

A capacidade do exercício, para induzir a um estado de balanço energético negativo depende do seu impacto sobre o GE, mas, também está relacionado às variações na IA pós-exercício (IMBEAULT *et al.*, 1997). O exercício é considerado um método eficaz para aumentar o gasto energético (BLUNDELL *et al.*, 2003), e pode, concomitantemente, conduzir a uma supressão da fome a curto prazo (BILSKI *et al.*, 2009; BROOM *et al.*, 2007), combinação esta, que resultaria em um grande BE negativo.

Fome, do latim *faminem*, é o nome que se dá à sensação fisiológica pelo qual o corpo percebe que necessita de alimento para manter suas atividades inerentes à vida. Fome pode ser definida como, a necessidade visceral de introduzir alimentos no estômago através da comida, ou seja, a "necessidade de comer". O apetite nem sempre é a necessidade de comer, e é definido como o desejo específico por de determinado alimento, por necessidade ou pelo simples prazer ou vontade de comê-lo (FERREIRA, 2009).

Os sinais para iniciar ou interromper a IA são gerados no trato gastrointestinal (GI) durante uma refeição (Berthoud, 2008). Após entrarem no trato GI, os nutrientes desencadeiam a secreção de diversos peptídeos que, além de outras ações, ativam vias vagais aferentes diretamente ligadas ao NTS, no tronco cerebral onde fornecem informações sobre as propriedades químicas e propriedades mecânicas dos nutrientes (FERGUSON; SMITH, 2008), promovendo desta forma uma resposta aguda a ingestão de alimentos. Os sinais mais importantes para interromper a IA são colecistocinina (CCK), *glucagon-like peptide-1* (GLP-1), o peptídeo PYY3-36 e a grelina (AHIMA; ANTWI, 2008; FERGUSON; SMITH, 2008; BERTHOUD, 2009; BERTHOUD, 2007).

A fome é cada vez mais reconhecida como uma importante variável responsável pela regulação da massa corporal (RODRIGUEZ-RODRIGUEZ *et al.*, 2008). A clássica teoria "termostática" de Brobeck (1948) sobre a ingestão de alimentos sugere que o calor adicional produzido no corpo pelo exercício físico pode levar a saciedade (BILSKI *et al.*, 2009), entende-se por saciedade, o oposto da fome; é a sensação de plenitude na busca de alimento (GUYTON; HALL, 1998) .

Sinais sobre a IA em áreas específicas do cérebro estão envolvidos na regulação do consumo de energia, em resposta a percepções sensoriais e cognitivas do alimento ou bebida consumida, e a distensão o estômago (BENOIT; TRACY, 2008).

Estes sinais são integrados pelo cérebro, e a saciedade é estimulada. Quando os nutrientes chegam ao intestino delgado e são absorvidos, uma série de sinais hormonais estimula partes cerebrais específicas para induzir a saciedade (BENELAM, 2009). Além destes sinais, a saciedade também é afetada por flutuações hormonais, tais como leptina e insulina, que indicam o nível de armazenamento de gordura no corpo (AHIMA *et al.*, 1996).

Drapea *et al.* (2007), consideram a sensação de fome como um bom preditor de medidas agudas da IA e sugerem que a fome e saciedade são partes do sistema de controle do apetite e estão envolvidos em limitar e /ou estimular o consumo energético.

O apetite e a fome podem ser mensurados diretamente, por meio da ingestão de energia e indiretamente, através de auto-relato. A escala analógica visual (EAV) é o método válido mais comumente usado de auto-relato da sensação de fome e apetite (FLINT *et al.*, 2000).

A relação entre o exercício e a fome levou investigadores a estudarem o papel do exercício na modulação da sensação de fome, sugerindo que o exercício físico pode influenciar a fome e o apetite, modulando a resposta hedônica e fisiológica aos alimentos (BILSKI *et al.*, 2009).

Alguns estudos encontraram um efeito compensatório na IA pós-exercício (ERDMANN *et al.*, 2007; MARTINS *et al.*, 2007; WHYBROW *et al.*, 2007), outros identificaram uma supressão aguda da fome pós exercício

(BROOM *et al.*, 2009; CHENG *et al.*, 2009; BROOM *et al.*, 2007; MARTINS *et al.* 2007; KING *et al.*,1997; THOMPSON *et al.*, 1988), em outros estudos não foram observados nenhum efeito do exercício aeróbio sobre a fome (ERDMANN *et al.*, 2007; MARTINS *et al.*, 2007; IMBEAULT *et al.*,1997; WESTERP-PLATENGA *et al.*, 1997; KING *et al.*,1995), e ingestão alimentar (THOMPSON *et al.*, 1988; IMBEAULT *et al.*,1997; KING *et al.*, 1997; WESTERP-PLATENGA *et al.*, 1997; KING *et al.*, 1995). E analisando a preferência por um determinado alimento, ou seja, apetite, King *et al.* (1995), observaram que após uma única sessão de exercício de baixa intensidade, houve uma maior propensão ao consumo de refeição hiperlipídica e hipoglicídica.

Evidências sugerem que o exercício aeróbio induz a alterações no metabolismo energético e parecem ter pouca influência sobre o comportamento alimentar. Apesar da falta de um efeito supressor na ingestão alimentar, observa-se uma diminuição considerável na sensação de fome e apetite após o exercício intenso (Rodriguez-Rodriguez *et al.*, 2008).

Por isso, faz-se necessário melhor conhecer os efeitos de diferentes intensidades de exercício aeróbio, sobre a sensação de fome, apetite e o gasto energético pós-exercício, para que o exercício físico seja utilizado como um meio não farmacológico para prevenção e ou tratamento de diversos distúrbios relacionados ao balanço energético.

### 3 Objetivos

#### 3.1 Objetivo Geral

- Analisar os efeitos agudos de diferentes intensidades (40 e 80%  $VO_{2\text{pico}}$ ) de exercício físico aeróbio sobre o balanço energético de curto prazo em indivíduos adultos jovens.

#### 3.1 Objetivos Específicos

- Verificar os efeitos de diferentes intensidades de exercício: 40 e 80% do  $VO_{2\text{pico}}$  sobre o gasto calórico pós-exercício;
- Verificar os efeitos de diferentes intensidades de exercício: 40 e 80% do  $VO_{2\text{pico}}$  sobre o quociente respiratório;
- Verificar os efeitos de diferentes intensidades de exercício: 40 e 80% do  $VO_{2\text{pico}}$  na sensação de fome;
- Verificar os efeitos de diferentes intensidades de exercício: 40 e 80% do  $VO_{2\text{pico}}$  no apetite;
- Verificar os efeitos de diferentes intensidades de exercício: 40 e 80% do  $VO_{2\text{pico}}$  sobre a ingestão alimentar pós-exercício.

## 4 Casuística e Métodos

### 4.1 Casuística

Este estudo caracteriza-se como experimental, *crossover* (cruzado) e aleatorizado, todos os indivíduos foram controles deles mesmos. Foram analisados indivíduos adultos jovens do gênero masculino; alunos universitários, que se voluntariaram a participar da pesquisa, após leitura de cartazes/convite distribuídos pelo campus da universidade.

Foram estabelecidos como critérios de inclusão: idade entre 18 e 25 anos, prática regular de exercício físico ( $\geq$  seis meses, pelo menos três vezes por semana), fisicamente ativo (IPAQ- versão curta) e eutróficos ( $22,20 \pm 1,72$ ). Foram estabelecidos como critérios de exclusão: consumo crônico de bebida alcoólica, fumo ou uso de suplementos alimentares; ser portador de doença genética, endócrina ou metabólica; uso de produtos farmacológicos; e variação na massa corporal ( $\pm 2$  kg) nos últimos seis meses. O estudo foi aprovado no comitê de ética da Universidade de Pernambuco (#154/08). Todos os voluntários assinaram termo de consentimento livre e esclarecido.

O delineamento do tamanho amostral seguiu a metodologia proposta por WEYNE (2004). A amostra é composta por 20 indivíduos, todos os procedimentos foram realizados no laboratório de performance humana (LAPH) da Escola Superior de Educação Física (ESEF) da Universidade de Pernambuco (UPE).

### 4.2 Procedimentos

Os sujeitos realizaram quatro visitas ao laboratório. Durante a primeira visita ao laboratório, foram mensuradas medidas de estatura, massa corporal, composição corporal e consumo de oxigênio ( $VO_2$ ). As intensidades do esforço para as sessões de exercício físico, foram calculadas através do  $VO_{2\text{pico}}$  obtido em teste ergoespirométrico máximo realizado em esteira rolante. Todas as sessões experimentais foram conduzidas no mesmo período do dia (manhã),

para evitar quaisquer variações circadianas. Todos os procedimentos foram conduzidos no laboratório com temperatura constante ( $24^{\circ}\pm 1^{\circ}\text{C}$ ). Os sujeitos foram orientados a não realizar nenhum tipo de exercício físico 48h antes de cada sessão experimental.

Da segunda até a quarta visita os sujeitos chegaram ao laboratório às 7:30h, após jejum noturno de 12h, nesse momento consumiram um lanche padrão (1 pão francês de 50gr com 1 fatia de queijo prato de 30gr e 1 copo de suco frutas de 200ml) com densidade energética de 350 kcal (Carboidrato: 61,7%; Proteína: 13,44% e Lipídeos: 24,86%). Trinta minutos após a ingestão do lanche ( $\approx$  às 8:00h) os sujeitos foram submetidos de maneira aleatória, através de sorteio (randomizer.org) e com intervalo de sete dias (*wash out*) entre cada sessão, a três condições experimentais, a saber: 1) controle: os sujeitos permaneciam em repouso por 30 minutos (sentados); 2) Exercício de baixa intensidade (EBI), os sujeitos exercitaram-se em esteira rolante na intensidade de esforço correspondente a 40% do  $\text{VO}_{2\text{pico}}$ ; 3) Exercício de alta intensidade (EAI), sujeitos exercitaram-se em esteira rolante na intensidade de esforço correspondente a 80% do  $\text{VO}_{2\text{pico}}$ .

Durantes as sessões experimentais foi avaliado o gasto energético durante e pós-exercício, a sensação de fome, apetite e a ingestão alimentar.

Todas as sessões de exercício físico foram isocalóricas, com gasto calórico de  $\approx 350$  kcal. Durante todo período de exercício foi realizada análise direta de gases e o gasto calórico foi determinado através do método de calorimetria indireta. Após o término da sessão de exercício ou 30 minutos para condição controle, os sujeitos permaneceram sentados (recuperação passiva) por 120 minutos.

#### **4.2.1 Medidas**

A seguir descreveremos todos os procedimentos de medidas aos quais os voluntários foram submetidos. Todos os voluntários realizaram a mesma bateria de testes nas mesmas condições, pelo mesmo avaliador e no mesmo horário do dia.

#### 4.2.2 Medidas antropométricas e de composição corporal

A massa corporal foi obtida através de balança (Fillizola, Brasil) com escala de precisão 0,1kg, a estatura foi mensurada através de estadiômetro de madeira montado, com precisão de 0,05mm, seguindo a metodologia proposta por (JACKSON; POLLOCK, 1984). Posteriormente foi calculado o índice de massa corpórea (IMC). A composição corporal foi predita pelo método de impedância bioelétrica, utilizando-se o equipamento da marca *Biodynamics* (USA) modelo A-310 *body composition analyzing*, as avaliações foram realizadas observando os critérios descritos pelo manual do equipamento e demais procedimentos previamente estabelecidos na literatura (LUCKASKI *et al.*, 1986).

#### 4.2.3 Consumo de Oxigênio (VO<sub>2</sub>)

A medida do consumo máximo de oxigênio (VO<sub>2</sub>) foi realizada através de um teste incremental em esteira rolante (Inbrasport Super ATL, Brasil), utilizando-se o protocolo proposto por McConnel (1988), a inclinação da esteira foi mantida constante em 1,0%, a velocidade inicial do teste foi de 5,0km/h (aquecimento por três minutos), seguidos de incrementos de 1,0km/h a cada minuto.

Os critérios estabelecidos para interrupção do teste foram: Fadiga voluntária, Quociente Respiratório acima de 1,15 e Escala de Borg acima de 18. O maior valor de VO<sub>2</sub> encontrado antes da interrupção do teste foi adotado como sendo o VO<sub>2</sub> pico do voluntário. Os dados obtidos foram utilizados para prescrição das intensidades (EBI e EAI) para as sessões de exercício aeróbio.

O consumo de oxigênio e a produção de dióxido de carbono foram obtidos em um analisador metabólico de circuito aberto (Córtex Biophysik Metalyzer IIB, Alemanha) com leitura a cada 15 segundos, com utilização de máscara (Hans Rudolph Linc, EUA), sendo mensuradas as variáveis- QR, VO<sub>2</sub>, VCO<sub>2</sub>.

O sistema foi calibrado para volume (seringa de calibração de volume- 3L Cardioequipo, Brasil), pressão atmosférica (Barômetro- Barigo, Alemanha) e mistura de gases (White Martins- concentração-  $O_2=12,2$  e  $CO_2= 4,8$ ) em cada teste realizado, seguindo todas as recomendações do fabricante.

O  $VO_2$  e o  $VCO_2$  foram avaliados durante todo o período experimental (durante o exercício e controle).

#### **4.2.4 Gasto energético / Taxa Metabólica**

O gasto energético foi determinado através de calorimetria indireta mensurada no *steady state* e ajustado para o substrato metabólico. Para tal, foi utilizado o analisador de gases modelo Metalyzer IIB (Córtex Biophysik, Alemanha), com leitura a cada 15 segundos. O somatório do consumo total de  $O_2$  pós-exercício foi utilizado para calcular o dispêndio energético total, utilizando o valor calorífico de 4,825 kcal de energia e multiplicando por cada litro de  $O_2$  consumido (KRAUSE; MAHAN, 1991).

Para obtenção da taxa metabólica após a sessão experimental (EBI e EAI) e controle, os indivíduos ficaram sentados na posição supina, por um período de 15 minutos em uma sala calma e tranqüila, após este período foram mensuradas as medidas de consumo de oxigênio e produção de gás carbônico pelo período total de 2 horas, através de calorimetria indireta. A magnitude do consumo de oxigênio e a produção de gás carbônico para determinação do gasto energético foi determinada a partir da soma dos valores obtidos neste intervalo de tempo (30, 60, 90 e 120 minutos de recuperação passiva

#### **4.2.5 Avaliação da sensação de fome e apetite**

A sensação de fome e apetite foram mensurados através da escala analógica visual (EAV), em seis momentos distintos: antes, imediatamente após a sessão, aos 30, 60, 90 e 120 minutos em recuperação passiva. A EAV consiste em uma linha horizontal de 10 centímetros com marcas definidas em cada extremidade que retrata o máximo da sensação de fome/apetite que o

indivíduo possa apresentar na extremidade direita, e na extremidade esquerda pouca ou nenhuma sensação de fome/apetite. O sujeito foi orientado a marcar uma linha vertical no ponto em que a sua sensação de fome/apetite se aproxime da extremidade referida para mais ou para menos na sensação. Os resultados foram obtidos com auxílio de uma régua da extremidade esquerda (pontuação mínima 0 cm) para direita (pontuação máxima 10 cm) para determinação dos escores (FLINT *et al.*, 2000) (ver anexo C, pag. 63).

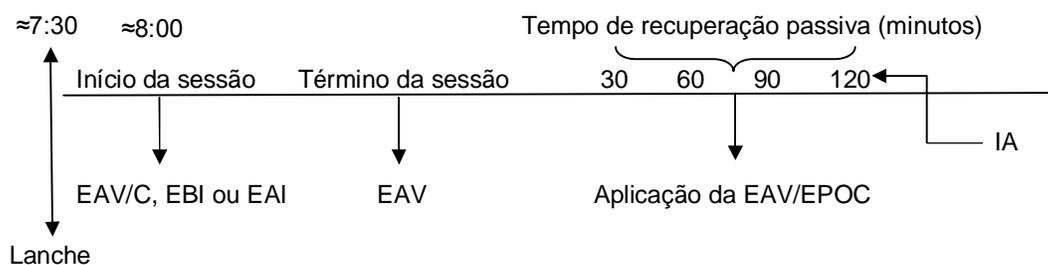
#### **4.2.6 Ingestão Alimentar pós-exercício**

Foi realizada uma análise prévia do modo de preparo dos alimentos a serem ofertados aos voluntários. Com isso foi estimado o valor energético total (VET) a fim de minimizar erros na estimativa dos macronutrientes.

Após 120 minutos de recuperação passiva, os voluntários tinham livre acesso a um *buffet* variado de alimentos, onde lhes era permitido comer a vontade. Cada alimento colocado no prato era pesado em uma balança com precisão de 20g e capacidade máxima de 2,2kg (Kwonne, Japão), para determinação da ingestão de cada alimento em gramas. Caso o indivíduo desejasse, lhe era permitido montar outro prato, respeitando-se os mesmos procedimentos. As sobras no prato também eram pesadas e subtraídas do valor inicial.

Os dados alimentares obtidos foram então tabulados e analisados por meio do software *Nutwin* 6.0 (UNIFESP, 2002), em que foi estimado o consumo energético total (Kcal) e ingestão dos macronutrientes (carboidratos, proteínas e lipídeos) em gramas.

### Desenho experimental:



C= controle; EBI= exercício de baixa intensidade; EAI= exercício de alta intensidade; EPOC= consumo de oxigênio pós-exercício; EAV= escala analógica visual; IA= ingestão alimentar.

### 4.3 Análise estatística

Todos os procedimentos estatísticos foram realizados através do Statistica versão 6.0. Foi realizado o teste de normalidade de Shapiro Wilk. ANOVA *One-Way* para medidas repetidas foi utilizada para analisar os efeitos das sessões experimentais (EBI, EAI e Controle) no gasto energético pós-exercício e na ingestão alimentar e para diferenças intra-sessão. ANOVA *Two-Way* com o *post-hoc Tuckey* para medidas repetidas foi utilizada para avaliar os efeitos das intervenções (Controle, EBI e EAI) e do tempo (antes, imediatamente após, e aos 30, 60, 90 e 120 minutos de recuperação passiva), na sensação de fome, no apetite e no QR, com o *post-hoc Tuckey*. Os valores estão apresentados em média  $\pm$  desvio padrão. O nível de significância foi fixado com  $p \leq 0,05$ .

## 5 RESULTADOS

Após a triagem inicial, 20 jovens atenderam a todos os critérios e foram submetidos à medidas antropométricas, de composição corporal e cardiorrespiratória ( $VO_{2\text{pico}}$ ). Desta forma, a amostra inicial foi composta por 20 indivíduos, entretanto 18 indivíduos completaram a sessão controle (2 voluntários apresentaram problemas de saúde), dos quais apenas 16 realizaram o EBI, e 15 o EAI (2 desistências e 1 não conseguiu cumprir todo o protocolo na sessão de alta intensidade), dessa forma, a tabela 1 apresenta as características antropométricas dos 18 voluntários que fizeram parte da amostra.

**Tabela 1-** Características antropométricas, composição corporal e consumo de oxigênio dos jovens submetidos a diferentes intensidades de exercício aeróbio.

| Variáveis                       | Média $\pm$ D.P   |
|---------------------------------|-------------------|
| Idade (anos)                    | 21 $\pm$ 2        |
| Massa corporal (kg)             | 66,50 $\pm$ 7,10  |
| Estatura (cm)                   | 174,00 $\pm$ 7,00 |
| IMC (kg/m <sup>2</sup> )        | 22,20 $\pm$ 1,72  |
| %Gordura                        | 14,50 $\pm$ 3,04  |
| $VO_{2\text{ pico}}$ (L/min)    | 3,31 $\pm$ 0,40   |
| $VO_{2\text{pico}}$ (ml/kg/min) | 50,00 $\pm$ 5,30  |

IMC= índice de massa corporal;  $VO_{2\text{ pico}}$ = consumo pico de oxigênio.

Uma vez que o gasto calórico foi predeterminado em  $\approx$ 350 kcal, não houve diferença no gasto energético nas diferentes intensidades de exercício, entretanto a duração para a realização do exercício diferiu entre o EBI e o EAI ( $p<0,004$ ), assim como as velocidades (EBI=5,6 $\pm$ 0,34 km/h e EAI=11,28 $\pm$ 0,77 km/h).

Observando a contribuição absoluta dos macronutrientes para o fornecimento de energia, os dados revelam que houve uma mobilização maior de CHO e dos Lipídeos nas sessões de exercício em relação à sessão controle ( $p<0,002$ ), e um gasto maior de CHO durante o EAI quando comparado ao EBI ( $p<0,001$ ), entretanto, houve uma maior oxidação lipídica em resposta ao

exercício de baixa intensidade com relação ao da alta intensidade ( $p < 0,004$ ) (Tabela 2).

Avaliando-se o gasto calórico no pós-exercício (GEPE), observa-se que o EAI, promoveu um maior gasto energético no pós-exercício em relação ao EBI.

Em relação à utilização dos lipídeos, observa-se que a sessão de EAI apresentou uma demanda energética de lipídeos no GEPE significativamente maior ( $p < 0,002$ ) que as demais condições experimentais (EBI) (tabela 2), nenhuma diferença foi encontrada para a utilização de CHO.

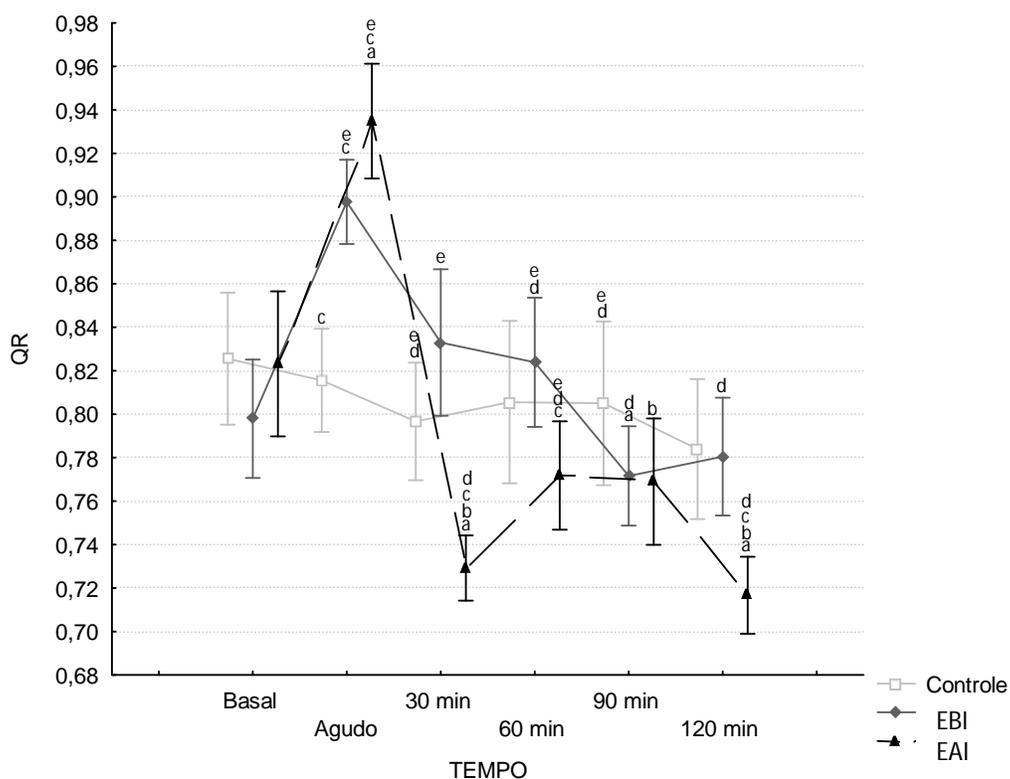
**Tabela 2.** Efeitos de diferentes intensidades de exercício aeróbio sobre o gasto energético total e sobre a mobilização de diferentes substratos energéticos durante e após o exercício

|                             | <b>Controle<br/>(n=18)</b> | <b>EBI<br/>(n=16)</b>     | <b>EAI<br/>(n=15)</b>      |
|-----------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| Tempo (minutos)             | 120                        | 59,68 ±5,02               | 29,43±2,52 <sup>ab</sup>   |
| Gasto Energético (kcal)     | 60,17±5,40                 | 339,35±20,16 <sup>a</sup> | 341,75±17,61 <sup>a</sup>  |
| Gasto de carboidrato (kcal) | 26,69 ±6,90                | 228,12±40,94 <sup>a</sup> | 281,74±58,52 <sup>ab</sup> |
| Gasto de lipídeos (kcal)    | 33,58±8,20                 | 111,22±40,77 <sup>a</sup> | 60,00±55,77 <sup>ab</sup>  |
| GEPE (kcal)                 | _____                      | 60,19±5,54                | 67,95±5,14 <sup>b</sup>    |
| GEPE Carboidrato (kcal)     | _____                      | 21,76±6,95                | 17,14±8,26                 |
| GEPE Lipídeos (kcal)        | _____                      | 38,43±10,48               | 50,81±11,74 <sup>b</sup>   |

<sup>a</sup>vs Controle; <sup>b</sup>vs EBI. EBI= Exercício de Baixa Intensidade; EAI= Exercício de Alta Intensidade; GEPE= Gasto energético pós-exercício.  $p \leq 0,05$ . ANOVA *One-Way post hoc de Tuckey*.

Observando o comportamento do quociente respiratório (QR), nota-se um significativo aumento do valor do QR imediatamente após a sessão de exercício, tanto no EBI (0,90±0,04) quanto no EAI (0,93±0,05) em relação à sessão controle (0,82±0,04). Após 30 minutos de recuperação passiva, observa-se uma redução no QR em resposta as sessões de exercício, entretanto para o EBI (0,83±0,07) o valor permaneceu acima dos valores controle (0,80±0,05), enquanto que em resposta ao EAI o QR encontra-se abaixo do valor da sessão controle (0,73±0,03). Com o passar do tempo de recuperação passiva, verifica-se uma clara tendência de redução dos valores do QR independente da intensidade de esforço, contudo, apenas após 90

minutos o QR do EBI ( $0,77\pm 0,05$ ) apresenta-se baixo dos valores controle ( $0,81\pm 0,08$ ), diferença esta que desaparece após 120 minutos. Com relação ao EAI, durante todo o tempo de recuperação os valores apresentam-se abaixo dos encontrados para a condição controle e o EBI, com os menores valores identificados após 120 minutos de recuperação passiva (Controle =  $0,78\pm 0,06$ ; EBI =  $0,78\pm 0,05$  e EAI =  $0,72\pm 0,04$ ) (Figura 4).



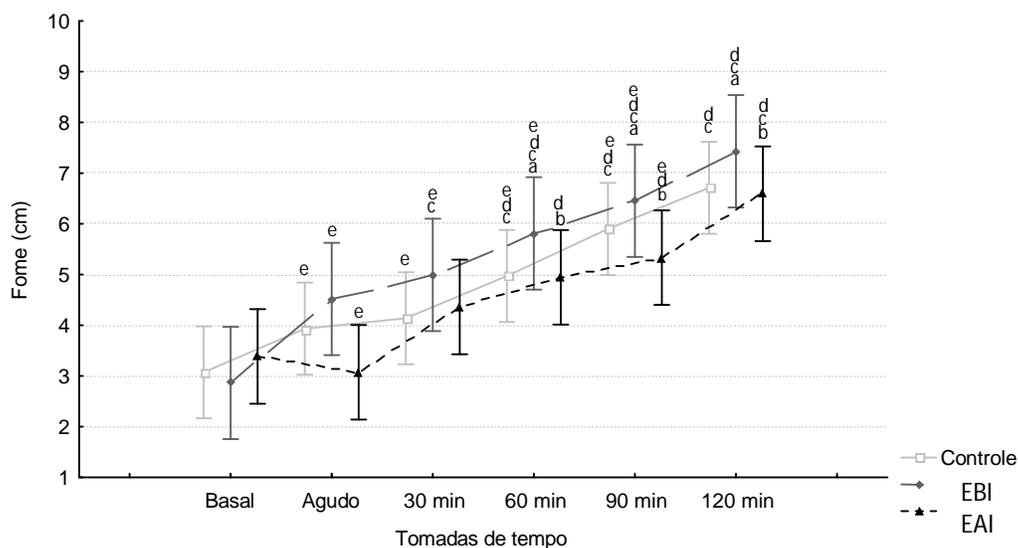
<sup>a</sup>vs Controle; <sup>b</sup>vs EBI; <sup>c</sup>vs Basal; <sup>d</sup>vs Agudo; <sup>e</sup>vs 120. EBI= Exercício de Baixa Intensidade; EAI= Exercício de Alta Intensidade.  $p\leq 0,05$ . ANOVA Two-Way *post hoc* de Tuckey.

**Figura 4.** Comportamento do quociente respiratório de indivíduos jovens, antes, durante e após diferentes condições experimentais.

Analisando-se os efeitos das sessões experimentais sobre os escores de fome (figura 5), verifica-se, não haver diferenças na sensação aguda de fome entre as condições experimentais (C =  $3,93\pm 2,00$ ; EBI =  $4,52\pm 2,77$ ;

EAI=3,07±1,71), observa-se também que durante os 120 minutos de recuperação passiva, o EBI apresentou maiores escores de fome em relação à sessão controle.

Com relação aos efeitos do exercício de alta intensidade, não existem diferenças em nenhum momento da avaliação na sensação de fome em resposta a esta sessão experimental e a sessão controle, porém, os menores escores de fome sempre são encontrados após o EAI. Quando comparada à fome após o EBI com o EAI, constatam-se menores valores de fome em resposta a sessão de alta intensidade, após 60 minutos de recuperação passiva. De acordo com os resultados apresentados na figura 5, fica claro um efeito do tempo como estimulador da fome, entretanto, vale ressaltar que os maiores valores são encontrados após o EBI e os menos valores após o EAI.



<sup>a</sup> vs Controle; <sup>b</sup> vs EBI; <sup>c</sup> vs Basal; <sup>d</sup> vs Agudo; <sup>e</sup> vs 120.  $p \leq 0,05$ . ANOVA Twoway *post hoc* de Tuckey.

**Figura 5.** Sensação de Fome antes e após diferentes intensidades de exercício.

A tabela 3 demonstra não haver diferenças na sensação de apetite, comparando-se com controle ou ao EBI, entretanto o EAI foi eficaz em promover menores valores de apetite imediatamente após e até 120 minutos

de recuperação passiva, quando comprado ao EBI, sem diferenças em relação à situação controle, mais uma vez, parece existir um efeito tempo dependente sobre o apetite, porém o exercício físico, principalmente de alta intensidade é capaz de suprimir este efeito do tempo.

**Tabela 3.** Efeitos agudos e de curto prazo de diferentes condições experimentais no apetite de jovens.

|                          | <b>Controle</b>         | <b>EBI</b>               | <b>EAI</b>               |
|--------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Apetite basal (cm)       | 3,56±1,95               | 4,38±1,62                | 3,65±1,97                |
| Apetite agudo (cm)       | 4,69±1,70               | 5,98±2,27 <sup>c</sup>   | 3,63±2,04 <sup>be</sup>  |
| Apetite 30 minutos (cm)  | 4,78±1,78               | 5,64±2,35 <sup>e</sup>   | 4,82±1,76 <sup>de</sup>  |
| Apetite 60 minutos (cm)  | 6,05±1,37               | 6,68±1,61 <sup>ce</sup>  | 5,53±1,71 <sup>b</sup>   |
| Apetite 90 minutos (cm)  | 6,54±1,23               | 7,06±1,89 <sup>cde</sup> | 5,97±1,77 <sup>bde</sup> |
| Apetite 120 minutos (cm) | 7,52±1,52 <sup>cd</sup> | 8,15±1,36 <sup>cd</sup>  | 7,03±1,80 <sup>bcd</sup> |

<sup>a</sup>vs Controle; <sup>b</sup>vs EBI; <sup>c</sup>vs Basal; <sup>d</sup>vs Aguda; <sup>e</sup>vs120. EBI= Exercício de Baixa Intensidade; EAI= Exercício de Alta Intensidade. p≤0,05. ANOVA Two-Way *post hoc de Tuckey*.

Ao analisar-se os efeitos de diferentes intensidades de exercício sobre a ingestão alimentar pós-exercício (tabela 4), observa-se que não foram encontradas diferenças significativas no valor energético total (VET) (kcal), bem como na ingestão dos macronutrientes, entre as condições experimentais (EBI, EAI e Controle).

**Tabela 4.** Efeitos de diferentes intensidades de exercício sobre a ingestão alimentar

|            | <b>Controle</b> | <b>EBI</b>    | <b>EAI</b>    |
|------------|-----------------|---------------|---------------|
| VET (kcal) | 960,14±213,15   | 938,57±239,24 | 992,55±238,66 |
| CHO (kcal) | 506,72±66,77    | 489,52±135,77 | 513,33±158,01 |
| AA (kcal)  | 206,72±66,77    | 203,45±80,09  | 225,38±67,35  |
| LIP (kcal) | 246,82±106,50   | 241,22±115,85 | 245,44±99,37  |

VET= Valor energético total; CHO= carboidrato; AA= proteína; LIP= lipídeos; EBI= Exercício de Baixa Intensidade; EAI= Exercício de Alta Intensidade. p≤0,05. ANOVA *One-Way post hoc de Tuckey*.

## DISCUSSÃO

A proposta deste estudo foi examinar os efeitos agudos e de curto prazo (120 minutos) de diferentes intensidades de exercício sobre o gasto energético pós-exercício, QR, sensação de fome, apetite e ingestão alimentar pós-exercício. Nossa hipótese era que o exercício de alta intensidade induziria a um maior GE no pós-exercício, refletindo em um maior tempo e magnitude do EPOC, um menor QR (maior utilização de lipídeos), além da supressão fome, apetite e da ingestão alimentar pós-exercício, do que o exercício de baixa intensidade, nossa hipótese foi parcialmente comprovada, uma vez que não houve redução na ingestão alimentar.

Considerando a intensidade do exercício como determinante para o aumento no gasto energético pós-exercício, Borsheim e Bahr (2003), sugerem que após atividades de alta intensidade (acima de  $70\%VO_{2max}$ ) há um aumento linear na duração e magnitude do EPOC, assim como no presente estudo, Short e Sedlock (1997) após submeterem 11 homens a 30 minutos de exercício aeróbio em cicloergômetro a  $70\%$  do  $VO_{2max}$ , encontraram elevação no gasto energético pós-exercício em relação aos níveis de repouso, desta forma, parece claro na literatura, que existe uma relação linear positiva entre a magnitude do EPOC e intensidade do exercício, tal associação foi previamente descrita por Sedlock (1991).

O gasto energético pós-exercício pode continuar elevado por um período de tempo de 4 a 5 h, dependendo da intensidade e da duração do estímulo, e de outros fatores, tais como: nível de condicionamento físico, temperatura, alimentação prévia e concentração circulante de alguns hormônios (MELANSON *et al.*, 2002).

Uma possível resposta para o consumo elevado de  $O_2$  logo após a realização de exercício de alta intensidade é a utilização deste para restaurar a creatina fosfato no músculo esquelético, restabelecer os estoques de  $O_2$  no sangue e nos tecidos, a remoção do lactato e gliconeogênese. Outros fatores que podem influenciar o EPOC são, a temperatura elevada e determinados hormônios circulantes, como adrenalina e noradrenalina (McARDLE *et al.*,

2008; MARKOFSKI; BRAUN; HAWTHORNE, 2005), tais alterações são mais pronunciadas após exercícios vigorosos ou de longa duração.

Evidências sugerem não haver grandes alterações no EPOC após estímulos de baixa intensidade (abaixo de 50%  $VO_{2max}$ ) e com gasto de 300Kcal, aproximadamente, (SEDLOCK, 1994), o que mais uma vez vem ao encontro dos nossos achados.

Em nosso estudo o comportamento do QR diminuiu em resposta as sessões de exercício ao longo de toda a recuperação passiva (2h), a redução do QR foi constante dos 30-120 minutos aproximando-se dos valores encontrados na sessão controle com o EBI; sendo menores os valores do QR na sessão de EAI, sugerindo uma maior mobilização de lipídeos no período subsequente ao esforço físico em relação às demais condições experimentais. Este padrão é mais perceptível após exercícios de alta intensidade que provocam elevados índices ventilatórios e promovem extenso stress na regulação do equilíbrio ácido-base (OHKAWARA *et al*, 2008). Isso pode em parte, ser explicado por uma condição transitória e ascendente representada por um tipo de hiperventilação relativa (McARDLE *et al.*, 2008; SHORT; SEDLOCK, 1997).

O exercício intenso possui a capacidade de desequilibrar muitas variáveis homeostáticas, o músculo esquelético produz grandes quantidades de ácido lático, que gera um aumento da acidez intra e extracelular, acarretando grandes aumentos na demanda de  $O_2$  utilizado pelos músculos e grande quantidades de  $CO_2$  produzidos, modificando substancialmente o QR (McARDLE *et al.*, 2008; BROOKS *et al.*, 2000), e a utilização dos substratos.

Entretanto, deve-se salientar que um dos aspectos que contribui para o baixo QR, principalmente na recuperação de atividades intensas, pode ser o restabelecimento das reservas de bicarbonato. Após ser utilizado de forma mais acentuada nas reações de tamponamento, em resposta a alterações na acidose do meio, o bicarbonato para ser ressintetizado necessita da incorporação de  $CO_2$  em sua estrutura molecular, resultando em um menor QR, tal mecanismo pode fornecer uma falsa idéia de aumento na oxidação de gorduras. Devido a tais dificuldades metodológicas, é muito difícil afirmarmos

que o exercício de alta intensidade promove elevação do metabolismo lipídico pós-exercício (PILLARD *et al.*, 2010; BRAUN; HAWTHORNE; MARKOFSKI, 2005; FRANSICHI *et al.*, 2001).

No entanto, uma vez que não foram avaliadas as concentrações das reservas alcalinas, bicarbonato e nem o lactato, e o gasto pós-exercício foi predito através de um método indireto, não podemos extrapolar essa idéia para o presente estudo, sendo esta uma limitação, mas vale ressaltar que, baseado nos dados do presente estudo, e demais da literatura, parece existir um declínio do QR durante períodos subseqüentes a esforços físicos, com concomitante elevação da oxidação lipídica e tais respostas são mais pronunciadas após o exercício de alta intensidade.

O efeito do exercício sobre a regulação da fome e da ingestão alimentar envolve pelo menos dois processos: um aumento no efeito anorexígeno e um concomitante aumento na eficiência saciante da refeição. A modulação desses mecanismos a partir do exercício físico pode influenciar o controle da massa corporal (KING *et al.*, 2009; STUBBS *et al.*, 2002).

Em nosso estudo a sessão de EAI não promoveu redução aguda na fome, mas, em relação às demais condições experimentais, o EAI apresentou significativamente os menores escores de fome aos 60, 90 e aos 120 minutos da recuperação passiva, sugerindo que até 2h após o EAI a fome foi reduzida em relação ao EBI e controle.

Corroborando com nossos achados, Cheng *et al.* (2009), após submeterem 12 homens moderadamente ativos a uma sessão de exercício em bicicleta ergométrica por 50 min. à 60% do  $VO_{2max}$ , eles observaram que até 2h após a realização da sessão de exercício a fome estava diminuída em relação a sessão controle, sugerindo um efeito supressor do apetite pelo exercício aeróbio de alta intensidade, anorexia induzida pelo exercício.

Este efeito também foi observado por Broom *et al.* (2009), que submeteram homens jovens a uma sessão de exercício aeróbio durante 60 minutos a 70% do  $VO_{2max}$ , havendo uma supressão na sensação de fome imediatamente após o exercício. Em outro estudo realizado pelo mesmo grupo, Broom *et al.* (2007) analisaram o efeito do exercício físico (72% do  $VO_{2max}$ )

sobre a sensação de fome em 9 homens adultos eutróficos, os autores observaram um estado de supressão da fome imediatamente após o exercício.

Um possível mecanismo envolvido na anorexia induzida pelo exercício (aeróbio) é a redução das concentrações circulantes de ghrelina acilada, um potente hormônio orexígeno (BROOM *et al.*, 2007). Esse fenômeno, conhecido como anorexia induzida pelo exercício, não é visto em exercício de intensidade moderada ou baixa e pode ser resultado da redistribuição do fluxo de sangue para fora do intestino e para os músculos (BLUNDELL *et al.*, 2003).

Outra hipótese estaria relacionada à termorregulação, onde em altas temperaturas corporais, como as observadas após exercícios de alta intensidade, promoveriam uma redução na fome/apetite (SHORTEN *et al.*, 2009; GRAAF, *et al.* 2004).

O grau de fome ou de saciedade pode ser temporariamente modulado devido à estímulos (químicos, mecânicos, metabólicos), como o enchimento gastrointestinal, quando o trato gastrointestinal torna-se distendido, sobretudo, o estômago e/ou o duodeno, o centro da alimentação é temporariamente suprimido por sinais inibitórios, reduzindo, assim a fome e o apetite (BENELAM, 2009; CHAUDRI *et al.*, 2008). Este efeito depende, em grande parte, de sinais sensoriais transmitidos pelo nervo vago (DOCRAY, 2009).

Acredita-se também, que diversos fatores orais como a mastigação, salivação, deglutição e paladar, têm a capacidade de modular a ingestão alimentar (FERGUSON; SMITH, 2008), entretanto, tais efeitos parecem ser desprezíveis em situações pós-exercício onde o indivíduo não se alimentou previamente.

Conforme discutido até o presente momento, parece claro na literatura que o exercício de alta intensidade leva a um estado anoréxico transitório, porém tal fenômeno não é muito bem evidenciado em resposta a atividade de moderada ou de baixa intensidade (BLUNDELL *et al.* 2003), resultado este também observado em nosso estudo.

Mesmo com acentuadas alterações no gasto energético pós-exercício, sensação de fome e apetite, nossos achados não foram capazes de revelar nenhuma alteração na ingestão alimentar após 2 horas de exercício, resultado

este compartilhado por diversos outros estudos da literatura (GEORGE; MORGANSTEIN, 2003; BLUNDELL; KING, 1999; LLUCH *et al.*, 1998; WESTERTERP-PLANTENGA *et al.*, 1997; KING *et al.*, 1996; KING e BLUNDELL, 1995), tal resultado pode ser parcialmente explicado, pelo baixo déficit induzido pelo exercício, vale ressaltar que no presente estudo, o gasto foi estabelecido em 350 kcal, e os voluntários recebiam uma refeição prévia, com densidade energética também de 350 kcal.

No entanto, outros estudos têm demonstrado que o exercício físico agudo causa aumento na fome (MARAOKI *et al.*, 2005; POMERLEAU *et al.*, 2004; VERGER; LOUIS-SYLVESTRE, 1994; VERGER; LOUIS-SYLVESTRE, 1992), com subsequente aumento na ingestão alimentar (POMERLEAU *et al.*, 2004; VERGER; LOUIS-SYLVESTRE, 1994; VERGER; LOUIS-SYLVESTRE, 1992) ou até mesmo uma diminuição da ingestão alimentar (MOORE *et al.*, 2004; WESTERP-PLANTENGA *et al.*, 1997).

Essa divergência nos resultados se deve, provavelmente, a diferenças metodológicas, como o tipo, duração e a intensidade do exercício; o estado nutricional dos indivíduos, composição da refeição (prévia) pré teste e o tempo decorrido entre o exercício e a ingestão alimentar (MARAOKI *et al.*, 2005).

No presente estudo a IA no pós-exercício não foi significativamente diferente em nenhuma das condições experimentais, outra possível explicação para o EAI mesmo induzindo a um maior GE e não ter influenciado a compensação da IA pós-exercício, deve-se ao condicionamento dos sujeitos estudados, pois, sugere-se que indivíduos sedentários tendem a compensar a IA agudamente, o que não ocorre em relação a indivíduos fisicamente ativos (WHYBROW *et al.*, 2008; STUBBS *et al.*, 2004), como os envolvidos neste trabalho.

O aumento dos níveis de atividade física habitual em indivíduos sedentários tem impacto na regulação do apetite em curto prazo, situação esta, na qual a atividade física aumenta não apenas o gasto, mas, também reduz a IA pós-exercício (MARTINS *et al.*, 2007), raciocínio este, amplamente divulgado e utilizado em terapias para redução e controle da massa corporal.

Homens jovens, moderadamente ativos submetidos a duas sessões de exercício em esteira rolante, uma sessão a 35% do  $VO_{2max}$  e uma a 75% do  $VO_{2max}$ , com GE de 450 kcal, não apresentaram nenhuma modificação na IA total e nem na IA específica de macronutrientes (IMBEAULT *et al.*, 1997). Mesmo quando grandes déficits de energia são induzidos ( $\geq 350$  kcal), parecem não resultar em um aumento compensatório na fome e na ingestão alimentar em curtos períodos de tempo (BLUNDELL *et al.*, 2003), conforme dito anteriormente, tais alterações provavelmente são mais evidenciadas após longos períodos de treinamento, e não apenas após uma única sessão.

Outra possível explicação para a disparidade nos resultados encontrados seria a disponibilidade de glicose, onde as alterações na glicemia acarretadas pelo exercício estariam relacionadas às modificações no comportamento alimentar, ou seja, quando há uma redução nos níveis de glicose há um estímulo a ingestão alimentar (FOGEL *et al.*, 2008).

Em situação de hipoglicemia, populações de neurônios localizados no hipotálamo lateral são estimuladas, o que aumenta a sensação da fome e conseqüentemente, a ingestão alimentar em seres humanos (CHAUDRI *et al.*, 2008; HAVEL, 2001). A elevação glicêmica, por sua vez, estimularia áreas cerebrais específicas, como os núcleos ventromedias e arqueado do hipotálamo e deprimiria simultaneamente a atividade elétrica no centro da alimentação nos núcleos laterais (GRAAF *et al.*, 2004), desta forma, a ingestão de carboidratos, antes, durante ou após a sessão de exercício podem modificar tal resposta (HAVEL, 2001), bem como os níveis prévios de glicogênio muscular e hepático e o nível de aptidão física.

Embora seja evidente que alterações na taxa de glicose sanguínea regulem o comportamento alimentar (FERGUSON; SMITH, 2008), tais modificações na glicemia devem ser de grande amplitude, pequenas variações nesta taxa, como as verificadas em resposta ao exercício, não produzem acentuados efeitos fisiológicos (CHROUSOS *et al.*, 2007), desta forma, o modelo glicostático isoladamente não é suficiente explicar a complexa regulamentação do comportamento alimentar em seres humanos (SCHWARTZ *et al.*, 1998).

É sugerido que os ácidos graxos livres possam atuar do mesmo modo que a glicose e os aminoácidos, produzindo um efeito regulador por *feedback* negativo sobre a ingestão alimentar (KESSEY; POWLEY, 2008). Isso quer dizer que, quando a quantidade o tecido adiposo aumenta, a ingestão alimentar diminui. A concentração média em longo prazo de ácidos graxos livres no sangue é diretamente proporcional a quantidade de tecido adiposo corporal (KING *et al.*, 2009).

A regulação da ingestão alimentar pode ser dividida em duas vias: a regulação energética, que esta relacionada com a manutenção de quantidades normais de reserva energética no organismo (controle de longo prazo); e a regulação alimentar, que se relaciona com os efeitos imediatos da ingestão alimentar, sendo denominada de regulação periférica ou de curto prazo (HAGOBIAN; SHAROFF; BRAUN, 2008).

A importância da existência de sistemas reguladores de longo e curto prazo para a ingestão de alimentos, sobretudo o mecanismo de *feedback* lipostático, ajuda evidentemente a manter as reservas constantes de nutrientes. Por outro lado, os estímulos reguladores em curto prazo fazem ingerir alimento apenas quando o trato gastrointestinal for receptivo a alimentos (LUQUET; GUGLIELMACCI, 2009).

Por fim, em resposta ao EAI, no presente estudo foram encontradas redução nos escores de apetite quando comparado ao EBI, mais uma vez, estes dados estão de acordo com outros da literatura, uma vez que a prática de exercício físico parece ser capaz de modular o apetite, promovendo uma redução significativa no apetite em indivíduos sedentários (MARTINS *et al.*, 2007), por outro lado Bilski *et al* (2009), não encontraram nenhum impacto do exercício agudo sobre esta variável, uma possível razão para este padrão é a pequena duração ou insuficiente intensidade do exercício realizado, porém nossos dados não revelam nenhuma alteração na escolha dos alimentos em resposta as diferentes situações experimentais e até o presente momento, os efeitos agudos e crônicos do exercício sobre o apetite ainda não estão bem elucidados (MURRAY; VICKERS, 2009).

Dessa forma, fica claro que além do importante papel do exercício físico no aumento do gasto energético, é essencial que levemos em consideração também as alterações nos sistemas de controle da ingestão alimentar (fome, apetite e ingestão calórica), para que possamos exercer um controle mais eficiente sobre o balanço energético de indivíduos submetidos à prática regular de atividade física.

## 6 CONCLUSÃO

De acordo com os resultados apresentados no presente estudo, podemos concluir que o exercício físico promove uma elevação no gasto calórico pós-exercício, com concomitante diminuição do valor do quociente respiratório pós-exercício, resultando, provavelmente, em uma maior utilização de gordura, e tais resultados são mais evidentes em resposta ao exercício de alta intensidade quando comparados ao exercício de baixa intensidade.

Podemos sugerir também que, parece não existir efeito do exercício na supressão aguda da fome no pós-exercício, porém, a partir do início da recuperação passiva, o exercício de alta intensidade se mostra efetivo para reduzir os escores de fome e apetite dos voluntários, sem alteração na ingestão calórica total e específica de macronutrientes.

Finalmente, acreditamos que o exercício físico é capaz de modular o balanço energético de curto prazo, afetando tanto o gasto energético quanto o comportamento alimentar (fome e apetite), e que tais informações são essenciais para os profissionais de educação física e áreas afins (nutrição, medicina, fisioterapia, etc.), que estão envolvidos em intervenções que visem o controle da massa corporal, para que possam desenvolver programas mais eficientes para os praticantes de atividade física.

## REFERÊNCIAS

AHIMA, R. S.; ANTWI, D.A. Brain Regulation of Appetite and Satiety Endocrinology Metabology Clinical Nutrition American, 2008; 37:811-823.

AHIMA, R.S. *et al.* Role of leptin in the neuroendocrine response to fasting. **Nature**, v. 382, p. 250-252, 1996.

ALONSO-ALONSO, M.; PASCUAL-LEONE, A. The right brain hypothesis for obesity, **The Journal of the American Medical Association**, v. 297, p. 1819-22, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT Digital**. Disponível em: <http://www.abntdigital.com.br> Acesso em: 21-12-09.

BAHR, R. Effects of supramaximal exercise on excess postexercise oxygen consumption. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 24, p. 66, 1992.

BENELAM, B. Satiation, satiety and their effects on eating behavior. British Nutrition Foundation **Nutrition Bulletin**, v. 34, p.126-173, 2009.

BENOIT, S.C.; TRACY, A.L. Behavioral controls of food intake. **Peptides**, v. 29, p. 139-147, 2008.

BERGMAN, B.C.; BROOKS, G.A. Respiratory gas-exchange ratios during graded exercise in fed and fasted trained and untrained men. **Journal of Applied Physiology**, v. 86, p. 479, 1999.

BERTHOUD, H.R. Interactions between the “cognitive” and “metabolic” brain in the control of food intake. **Physiology behavior**. v. 91, p. 486-498, 2007.

BERTHOUD, H.R. SHIN, A.C.; ZHENG, A. An expanded view of energy homeostasis: neural integration of metabolic, cognitive and emotional drives to eat. **Physiology e Behavior**, v. 97, p. 572-80, 2009.

BILSKI, J. *et al.* Effects of exercise on appetite and food intake regulation. **Medicina Sportiva**, v. 13, n. 2, p. 82-94, 2009.

BLOOM, S. Hormonal regulation of appetite. **Obesity Research**, v. 8, p. 63-65, 2007.

BLOOM, S.; SMALL, C.; CHAUDHRI, O. Gastrointestinal hormones regulating appetite. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, v. 361, p. 1187-1209, 2006.

BLUNDELL, J.E.; KING, N.A. Physical activity and regulation of food intake: current evidence. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 31, p. 573-583, 1999.

BLUNDELL, J.E. *et al.* Cross talk between physical activity and appetite control: does physical activity stimulate appetite? **British Nutrition Society**, v. 62, p. 651-61, 2003.

BORSHEIM, E.; BAHR, R. Effect of exercise intensity, duration and mode on post-exercise oxygen consumption. **Sports Medicine**, v. 33, p. 1037-60, 2003.

BORSHEIM, E. *et al.* Adrenergic control of post-exercise metabolism. **Formerly Acta Physiologica Scandinavica**, v. 162, p. 313-23, 1998.

BRANSON, R.D. The measurement of energy expenditure: instrumentation, practical considerations and clinical application. **The Science Journal of the American Association for Respiratory Care**, v. 35, p. 640-59, 1990.

BROOM, D. *et al.* Influence of resistance and aerobic exercise on hunger, circulating levels of acylated ghrelin, and peptide YY in healthy males. **American Journal of Physiology – Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v.96, p. 29-35, 2009.

BROOM, D.R. *et al.* Exercise-induced suppression of acylated ghrelin in humans. **Journal of Applied Physiology**, v. 102, p. 2165-2171, 2007.

BROOKS G.A.; FAHEY, T.D.; WHITE T.P.; BALDWIN, K.M. **Exercise Physiology: Human Bioenergetics and its applications**. 3rd edition. Macmillan Publishing Company: New York, 2000.

CANCELLO, R. *et al.* Adiposity signals, genetic and body weight regulation in humans. **Diabetes & Metabolism**, v. 30, p. 215-227, 2004.

CASTRO, J.M. Inheritance of hunger relationships with foods intake in free living-humans. **Physiology & Behavior**, v, 67, p. 249-258, 1999.

CHAUDRI, O.B. *et al.* Gastrointestinal Satiety Signals. **Annual Review of Physiology**, v. 70, p. 239-55, 2008.

CHENG, M.H. *et al.* Appetite regulation via exercise prior or subsequent to high-fat meal consumption. **Appetite**, v. 52, p. 193-8, 2009.

CHROUSOS, G.P., *et al.* Organization and Integration of the Endocrine System. **Journal of Clinical Sleep Medicine**, v.2, p. 125-145, 2007.

COGGAN, A.R., *et al.* Glucose kinetics during high-intensity exercise in endurance-trained and untrained humans. **Journal of Applied Physiology**, v. 78, p. 1203, 1995.

COLL, A.P.; FAROOQI, I.S.; O' RAHILLY, S. The hormonal control of food intake. **Cell Press**, v.129, p. 251-262, 2007.

COYLE, E.F., *et al.* Fatty acid oxidation is directly regulated by carbohydrate metabolism during exercise. **American Journal of Physiology**, v. 36, p.273, 1997.

COYLE, E.F. Substrate utilization during exercise in active people. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 61, p.968S, 1995.

CUMMINGS, D.E. *et al.* Plasma ghrelin levels after diet-induced weight loss or gastric bypass surgery. **The New England Journal of Medicine**, v. 346, p. 1623-30, 2002.

DE GLISEZINSKI, I. *et al.* Effects of carbohydrate ingestion on adipose tissue lipolysis during long-lasting exercise in trained men. **Journal of Applied Physiology**, v. 84, p. 1627, 1998.

DOCRAJ, G.J. The versatility of the vagus. **Physiology e Behaviour**, v.97, p. 531-536, 2009.

DOLEZAL, B.A. *et al.* Muscle damage and resting metabolic rate after acute resistance exercise with an eccentric overload. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 32, p. 1202-7, 2000.

DRAPEA, V. *et al.* Appetite sensations and satiety quotient: Predictors of energy intake and weight loss. **Appetite**, v. 48, p. 159-166, 2007.

ERDMANN, J. *et al.* Plasma ghrelin levels during exercise - effects of intensity and duration. **Regulatory Peptides**, v. 143, p. 127-35, 2007.

FERREIRA, A.B.H. **Dicionário Aurélio**. 2009. Disponível em: <http://www.dicionariodoaurelio.com> Acesso em: 01-02-09.

FERGUSON, V.A.; SMITH, P.M. Neurophysiology of hunger and satiety. **Developmental disabilities research reviews**, v.14, p. 96-104, 2008.

FERRANNINI, E. The theoretical bases of indirect calorimetry: a review. **Metabolism**, v. 37, p. 287-301, 1988.

FLINT, A. *et al.* A. reproducibility, power and validity of visual analogue scales in assessment of appetite sensations in single test meal studies. **International Journal of Obesity and Related Disorders**, v. 24, p-38-48, 2000.

FOGEL, W.A. *et al.* Satiety Signalling histaminergic system and brain-gut peptides in regulation of food intake. **Journal of Physiology and Pharmacology**, v. 59, p. 135-144, 2008.

FRANSICHI *et al.* Exercício, comportamento alimentar e obesidade: revisão dos efeitos sobre a composição corporal e parâmetros metabólicos. *Revista Paulista de Educação Física*, v. 15, p.117-40, 2001.

FUJIMOTO, T. *et al.* Skeletal muscle glucose uptake response to exercise in trained and untrained men. ***Medicine & Science in Sports & Exercise***, v. 35, p. 777, 2003.

GAESSER, G.A.; BROOKS, G.A. Metabolic basis of excess post-exercise oxygen consumption: a review. ***Medicine & Science in Sports & Exercise***, v. 16, p. 29-43, 1984.

GALE, S.M.; CASTRACANE, V.D.; MANTZOROS, C.S. Energy Homeostasis, Obesity and Eating Disorders: Recent Advances in Endocrinology. ***The journal of nutrition***, v. 134, p. 295-298, 2004.

GEORGE, V. A.; MORGANSTEIN, A. Effect of moderate intensity on acute energy intake in normal and overweight females. ***Appetite***, v. 40, p.43-46, 2003.

GORE, C.J.; WITHERS, R.I. Effects of exercise intensity and duration on postexercise metabolism. ***Journal of Applied Physiology***, v. 68, p.2362, 1990.

GRAAF, C.D. *et al.* Biomarkers of satiation and satiety. ***American Journal of Clinical Nutrition***, v. 79, p. 946-61, 2004.

GUYTON, A.C.; HALL, J.E. ***Fisiologia Humana e Mecanismos das Doenças***. 6ª Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998.

HAGOBIAN, T.; SHAROFF, C.G.; BRAUN, B. Effects of short-term and energy surplus on hormones related to regulation of energy balance. ***Metabolism Clinical and Experimental***, v. 57, p. 393-398, 2008.

HAVEL, P.J. Peripheral signals conveying metabolic information to the brain: short-term and long-term regulation of food intake and energy homeostasis. ***Experimental Biology and Medicine***, v. 226, p. 963-977, 2001.

HENDERSON, J. A. Lipolysis and fatty acid metabolism in men and women during the postexercise recovery period. ***The Journal of Physiology***, v. 584, p. 963–981, 2007.

HOWLETT, K. *et al.* Effect of increased blood glucose availability on glucose kinetics during exercise. ***Journal of Applied Physiology***, v. 84, p. 1423, 1998.

IMBEAULT, P. *et al.* A. Acute effects of exercise on energy intake and feeding behavior. ***British Journal of Nutrition***, v.77, p. 511-21, 1997.

JACKSON, A. S.; POLLOCK, M.L. Practical assessment of body composition. **Physiology and Sports Medicine**, v. 13, p. 76-82, 1984.

KESSEY, R.E.; POWLEY, T.L. Body energy Homeostasis. **Appetite**, v. 51, p. 442-445, 2008.

KING, N.A.; BLUNDELL, J.E. High-fat foods overcome the energy expenditure induced by high-intensity cycling or running. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 49, p. 114-123, 1995.

KING, N.A.; BURLEY, V.J.; BLUNDELL, J.E. Exercise-induced suppression of appetite: effects on food intake and implications for energy balance. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 48, p. 715-724, 1994.

KING, N.A. *et al.* High dose exercise does not increase hunger or energy intake in free living males. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 51, p. 478-83, 1997.

KING, N.A. *et al.* Dual-process action of exercise on appetite control: increase in orexigenic drive but improvement in meal-induced satiety. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 90, p. 921-7, 2009.

KONTUREK, S.J. *et al.* Brain-gut axis in pancreatic secretion and appetite control. **Journal of Physiology and Pharmacology**, v. 54, p. 293-317, 2005.

KRAUSE, M. V. MAHAN, L. K. Alimentos, nutrição e dietoterapia: um livro texto do cuidado nutricional. 2ª Ed. Editora ROCCA LTDA.: São Paulo, 1991.

LAFORGIA, J.; WITHERS, R. T.; GORE, C. J. Effects of exercise intensity and duration on the excess post-exercise oxygen consumption. **Journal of Sports Sciences**, v. 24, p. 1247-1264, 2006.

LEIDY, H.J. *et al.* Circulating Ghrelin Is Sensitive to Changes in Body Weight during a Diet and Exercise Program in Normal- Weight Young Women. **Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism**, v. 89, p. 2659-2664, 2004.

LLUCH, A.; KING, N.A.; BLUNDELL, J.E. Exercise in dietary restrained women: no effect on energy intake but change in hedonic ratings. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 52, p. 300-307, 1998

LUCKASKI, H.C. *et al.* Validation of tetrapolar bioelectrical impedance method to assess human body composition. **Journal of Applied Physiology**, v. 60, p. 1327-32, 1986.

LUQUET, S. ; GUGLIELMACCI, C.C. Le contrôle central de la balance énergétique. **Cahiers denutrition et dietetique**, v. 44, p. 17-25, 2009.

MACKELVIE, K.J. *et al.* Regulation of Appetite in Lean and Obese Adolescents after Exercise: Role of Acylated and Desacyl Ghrelin. **The Journal of Clinical Endocrinology e Metabolism**, v. 92, p. 648-654, 2006.

MANCINI, M.C.; HALPERN, A. Aspectos Fisiológicos do Balanço Energético. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 46, p. 230-248, 2002.

MARAKI, M. *et al.* Acute effects of a single exercise class on appetite, energy intake and mood. Is there a time of day effect? **Appetite**, v. 45, p. 272-278, 2005.

MARKOFSKI, M.M; BRAUN, W.A.; HAWTHORNE, W.E. Acute EPOC response in women to circuit training and treadmill exercise of matched oxygen consumption. **European Journal of Applied Physiology**, v. 94, p. 500-504, 2005.

MARTIN, W.H. Effect of endurance training on fatty acid metabolism during whole body exercise. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 29, p. 635, 1997.

MARTINS, C.; ROBERTSON, D.; MORGAN, L. M. Effects of Exercise and restrained eating behavior on appetite control. **Nutrition Society**, v. 67, p.28-41, 2008.

MARTINS, C. *et al.* Effects of exercise on gut peptides, energy intake and appetite. **Journal of Endocrinology**, v. 193, n. 2, p. 251-8, 2007.

MARTINS, C.; TRUBY, H.; MORGAN, L.M. Short-term appetite control in response to a 6-week exercise programme in sedentary volunteers. **British Journal of Nutrition**, v. 98, p. 834-842, 2007.

McARDLE *et al.*, W.D.; KATCH, F.I.; KATCH, V. I. **Fisiologia do Exercício: energia, nutrição e desempenho humano**. 5ª Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

McCONNELL, T.R. Practical Considerations in the testing of O<sub>2</sub>max in runners. **Sports Medicine**, v. 5, p. 57-68, 1988.

McMINN, J.E.; BASKIN, D.G.; SCHAWARTZ, M.W. Neuroendocrine mechanisms regulating food intake and body weight. **Obesity Reviews**, v. 1, p. 37-46, 2000.

MELANSON, E.L. *et al.* Effect of exercise intensity on 24-h energy expenditure and nutrient oxidation. **Journal of Applied Physiology**, v. 92, p. 1045-1-52, 2002.

MELZER, K. *et al.* Effects of physical activity on food intake. **Clinical Nutrition**, v. 24, p. 885-895, 2005.

MOLINA, P.; BURSZTEIN, S.; ABUMRAD, N. Theories and assumptions on energy expenditure. **Critical Care Clinics**, v. 11, p. 587-601, 1995.

MOORE, M. S. *et al.* Short-term appetite and energy intake following imposed exercise in 9- to 10-year old girls. **Appetite**, v. 43, p.127-134, 2004.

MOTA, G.R.; ZANESCO, A. Leptina, grelina e exercício. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 51, p. 25-33, 2007.

MURRAY, M.; VICKERS, Z. Consumer views of hunger and fullness. A qualitative approach. **Appetite**, v. 53, p.174-182, 2009.

NEARY, N.M.; PETER, A.G.; BLOOM, S.R. Daily intake of food is highly variable and correlates poorly with energy expenditure, whereas over longer periods body weight is stable in most adults. **Clinical Endocrinology**, v. 60, p. 153-160, 2004.

OHKAWARA, K. *et al.* Twenty-four-hour analysis of elevated energy expenditure after physical activity in a metabolic chamber: models of daily total energy expenditure. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 87, p. 1268-76, 2008.

OWEN, O.E. Resting metabolic requirements of men and women. **Mayo Clinic Proceedings**, v. 63, p. 503-10, 1988.

PARDINI, R. *et al.* Validação do questionário internacional de nível de atividade física (IPAQ - versão 6): estudo piloto em adultos jovens brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 9, p. 45-51, 2001.

PILLARD, F. *et al.* Lipid oxidation in overweight men after exercise and food intake. **Metabolism**, v. 59, p.267-274, 2010.

POMERLEAU, M, *et al.* Effects of exercise intensity on food intake and appetite in women. **America Journal of Clinical Nutrition**, v. 80, p. 1230-6, 2004.

RANDOMIZER. **Ferramenta eletrônica para aleatorização**. Disponível em: <http://www.randomizer.org> Acesso em: 01-09-09.

RATAMESS, N.A. *et al.* The effect of rest interval length on metabolic responses to the bench press exercise. **European Journal of Applied Physiology**, v. 100, p. 1-17, 2007.

RODRIGUEZ-RODRIGUEZ, H. *et al.* Changes in the sensation of hunger and well-being before and after meals in overweight/obese women following two types of hypoenergetic diet. **Public Health Nutrition**, v. 12, p. 44-50, 2008.

SCHUTZ, Y.; DEURENBERG, P. Energy metabolism: overview of recent methods used in human studies. **Annals of Nutrition and Metabolism**, v. 40, p.183, 1996.

SCHUTZ, Y. The basis of direct and indirect calorimetry and their potentials. **Diabetes Metabolism Reviews**, v. 11, p. 383-408, 1995.

SCHWARTZ, M.W. *et al.*, Is the homeostasis system inherently biased toward weight gain? **Diabetes**, v. 52, p. 232-8, 2003.

SCHWARTZ, M.W. *et al.* Central Nervous control of food intake. **Nature**, v. 404, p.661-71, 2000.

SCHWARTZ, M.W. *et al.* Specificity of leptin action on elevated blood glucose levels and hypothalamic NPY gene expression in ob/ob mice. **Diabetes**, v. 45, p. 531-535, 1996.

SEDLOCK, D.A. Effect of exercise intensity on post-exercise energy expenditure in women. **British Journal of Sports Medicine**, v. 25, p. 38-40, 1991.

SHORT, K.R.; SEDLOCK, D.A. Excess postexercise oxygen consumption and recovery rate in trained and untrained subjects. **Journal of Applied Physiology**, v. 83, p.153, 1997.

SEDLOCK, D.A. Fitness Level and postexercise energy expenditure. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v.34, p. 336-42, 1994.

SHORTEN, A.L. *et al.* Acute effect of environmental temperature during exercise on subsequent energy intake in active men. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 90, p. 1215-21, 2009.

SIMONSON, D.C.; De FRONZO, R. Indirect calorimetry: methodological and interpretative problems. **American Journal of Physiology**, v. 258, p. E399-E412, 1990.

STANLEY, S. *et al.* Hormonal Regulation of food intake. **Physiological Reviews**, v. 85, p. 1131-1158, 2005.

STUBBS, R.J. *et al.* A decrease in physical activity affects appetite, energy, and nutrient balance in lean men feeding ad libitum. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 79, p. 62-9, 2004.

STUBBS, R.J. *et al.* The effect of graded levels of exercise on energy intake and balance in free-living men, consuming their normal diet. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 56, p. 129-140, 2002.

THOMPSON, D.A.; WOLFE, L.A.; EIKELBOOM, R. Acute effects of exercise intensity on appetite in young men. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 20, p. 222-7, 1988.

THORNTON, M.K.; POTTEIGER, J.A. Effects of resistance exercise bouts of different intensities but equal work on EPOC. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 34, p. 715-22, 2002.

TSCHÖP, M.; HORVATH, T.L.; DIANO, S. Brain Circuits Regulating Energy Homeostasis. **The Neuroscientist**, v. 10, p. 235, 2004.

TURCOTTE, L.P. Muscle fatty acid uptake during exercise: possible mechanisms. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, v.1, p. 4, 2000.

VERGER, P.; LANTEAUME, M.T.; LOUIS-SYLVESTRE, J. Human intake and choice of foods at intervals after exercise. **Appetite**, v. 18, p. 93-99, 1992.

VERGER, P.; LANTEAUME, T.; LOUIS-SYLVESTRE, J. Free food choices after acute exercise in men. **Appetite**, v. 22, p.159-164, 1994.

WELCH, G.R. Thermodynamics and living systems: problems and paradigms. **Journal of Nutrition**, v. 121, p. 1902-6, 1991.

WESTERTERP-PLANTENGA, M.S. *et al.* Acute effects of exercise or sauna on appetite in obese and non obese men. **Physiology & Behavior**, p. 1345-1354, 1997.

WESTSTRATE, J.A. Resting energy expenditure in women: impact of obesity and body-fat distribution. **Metabolism**, v. 39, p.11-17, 1990.

WEYNE, G.R.S. Determinação do tamanho da amostra em pesquisas experimentais na área de saúde. **Arquivos Médicos ABC**, v. 29, p.87-90, 2004

WHYBROW, S. *et al.* The effect of an incremental increase in exercise on appetite, eating behaviour and energy balance in lean men and women feeding ad libitum. **British Journal of Nutrition**, v. 1, p.1-7, 2008.

WHYBROW, S. *et al.* Snacking, Energy Intake, and Energy Balance. **Obesity**, vol. 15, p. 673-685, 2007.

WILMORE, J.H.; COSTTILL, D.I. Adequacy of the Haldane transformation in the computation  $VO_2$  in man. **Journal of Applied Physiology**, v. 35, p. 85, 1973.

WINDER, W.W. Malonyl-CoA-Regulator of fatty acid oxidation in muscle during exercise. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, v. 26, p. 117, 1998.

WOODS, S.C. *et al.* Food intake and the regulation of body weight. **Annual Reviews of Psychology**, v. 51, p. 255-277, 2000.

XU, A.W. *et al.* PI3K integrates the action of insulin and leptin on hypothalamic neurons. **The Journal of Clinical Investigation**, v. 115, p. 951-8, 2005.

**ANEXO A****TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Eu, \_\_\_\_\_, R.G: \_\_\_\_\_, declaro, por meio deste termo, que concordo em participar da pesquisa intitulada Efeitos de Diferentes Intensidades de Exercício sobre o Controle Central do Balanço Energético em adultos jovens, desenvolvida pela Escola Superior de Educação Física da Universidade do Estado de Pernambuco (UPE). Fui informado, ainda, de que a pesquisa é [coordenada / orientada] pelo Prof. Dr. Wagner Luiz do Prado, a quem poderei contatar / consultar a qualquer momento que julgar necessário através do telefone nº 31833378 ou e-mail tatiana.acioli@esef.upe.br

Afirmo que aceito participar por minha própria vontade, sem receber qualquer incentivo financeiro e com a finalidade exclusiva de colaborar para o sucesso da pesquisa. Fui informado dos objetivos estritamente acadêmicos do estudo, que, em linhas gerais é verificar os efeitos de diferentes intensidades (40 e 80% VO<sub>2max</sub>) de exercício físico sobre o controle central do balanço energético em indivíduos adultos jovens.

Na primeira visita ao laboratório será realizada a avaliação da aptidão cardiorrespiratória. A partir da segunda até a quarta visita, serão realizadas: a sessão controle e as sessões de exercício em suas respectivas intensidades, coletas de sangue, composição corporal, gasto energético e ingestão alimentar.

Fui também esclarecido de que o uso das informações por mim oferecidas está submetido às normas éticas destinadas à pesquisa envolvendo seres humanos, da Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP) do Conselho Nacional de Saúde, do Ministério da Saúde.

Minha colaboração se fará de forma anônima, por meio de [entrevista semi-estruturada / teste de esforço / coleta sanguínea/ avaliação da composição corporal]. O acesso e a análise dos dados coletados se farão apenas pelo (a) pesquisador (a) e/ou seu(s) orientador (es) / coordenador(es).

**Classificação de riscos e/ ou desconfortos aos sujeitos da pesquisa:****Análise de riscos**

Não há riscos de saúde para os sujeitos no presente estudo, apresenta apenas leve desconforto devido à coleta de sangue, e a realização de teste de esforço físico.

**Desconforto:**

Apresenta um desconforto Mínimo relativo à (entrevistas, exame físico, exames Cardiológicos); o teste de esforço será realizado dentro dos padrões de referência de segurança, com pessoal habilitado, podendo apresentar desconforto físico devido à realização de esforço máximo, mas, sem nenhum dano à saúde dos sujeitos da pesquisa.

Apresentando também um desconforto Leve relativo ao procedimento de coleta de sangue. Todo procedimento será realizado por pessoa habilitada e capacitada para tal, após a coleta de sangue poderá haver um pequeno desconforto no local da punção. Será colocado um curativo adesivo que poderá ser retirado após algumas horas. Tudo dentro dos padrões de exigência de higiene e segurança.

**Análises bioquímicas do Plasma**

As amostras serão coletadas imediatamente antes do exercício, ao término e 2 horas após o final da sessão de exercício.

**Protocolo de Esforço Físico**

Os voluntários serão submetidos a 2 sessões de exercícios físicos em diferentes domínios de intensidades em esteira rolante. As sessões ocorrerão com um intervalo de 72 horas entre elas e sempre na mesma hora do dia, para evitarmos quaisquer variações circadianas nas variáveis analisadas. O exercício será interrompido quando os voluntários alcançarem um gasto calórico total de 350 kcal, dessa forma, o tempo de realização de cada sessão de exercício variará entre as diferentes intensidades.

**Garantia de sigilo e confidencialidade:**

Não haverá qualquer identificação dos sujeitos da pesquisa, durante a coleta ou após o término do estudo. Os dados ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de cinco anos, sendo posteriormente incinerados.

Estou ciente de que, caso eu tenha dúvida ou me sinta prejudicado (a), poderei contatar o (a) pesquisador (a) responsável [ou seus orientadores], ou ainda o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade de Pernambuco (CEP), situado na Av. Agamenon Magalhães, s/n, Santo Amaro, Recife-PE; CEP 50100-010, telefone 3183-3775

O (a) pesquisador (a) principal do estudo / pesquisa / programa me ofertou uma cópia deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, conforme recomendações da Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP).

Fui ainda informado (a) de que posso me retirar desse (a) estudo / pesquisa / programa a qualquer momento, sem prejuízo para meu acompanhamento ou sofrer quaisquer sanções ou constrangimentos.

Li as informações acima e entendi o propósito deste estudo assim como os benefícios e riscos potenciais da participação no mesmo. Tive a oportunidade de fazer perguntas e todas foram respondidas. Eu, por intermédio deste, dou livremente meu consentimento para participar neste estudo.

Recife, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

Assinatura do (a) participante: \_\_\_\_\_

Assinatura do(a) pesquisador(a): \_\_\_\_\_

Assinatura da testemunha: \_\_\_\_\_

## ANEXO B

## QUESTIONÁRIO INTERNACIONAL DE ATIVIDADE FÍSICA –VERSÃO CURTA -

Nome: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_ Idade : \_\_\_\_ Sexo: F ( ) M ( )

Nós estamos interessados em saber que tipos de atividade física as pessoas fazem como parte do seu dia a dia. Este projeto faz parte de um grande estudo que está sendo feito em diferentes países ao redor do mundo. Suas respostas nos ajudarão a entender que tão ativos nós somos em relação à pessoas de outros países. As perguntas estão relacionadas ao tempo que você gasta fazendo atividade física na **ÚLTIMA** semana. As perguntas incluem as atividades que você faz no trabalho, para ir de um lugar a outro, por lazer, por esporte, por exercício ou como parte das suas atividades em casa ou no jardim. Suas respostas são MUITO importantes. Por favor, responda cada questão mesmo que considere que não seja ativo. Obrigado pela sua participação!

Para responder as questões lembre que:

- Atividades físicas **VIGOROSAS** são aquelas que precisam de um grande esforço físico e que fazem respirar MUITO mais forte que o normal
- Atividades físicas **MODERADAS** são aquelas que precisam de algum esforço físico e que fazem respirar UM POUCO mais forte que o normal

Para responder as perguntas pense somente nas atividades que você realiza **por pelo menos 10 minutos contínuos** de cada vez.

**1a** Em quantos dias da última semana você **CAMINHOU** por pelo menos 10 minutos contínuos em casa ou no trabalho, como forma de transporte para ir de um lugar para outro, por lazer, por prazer ou como forma de exercício?

dias \_\_\_\_ por **SEMANA** ( ) Nenhum

**1b** Nos dias em que você caminhou por pelo menos 10 minutos contínuos quanto tempo no total você gastou caminhando **por dia**?

horas: \_\_\_\_\_ Minutos: \_\_\_\_\_

**2a.** Em quantos dias da última semana, você realizou atividades **MODERADAS** por pelo menos 10 minutos contínuos, como por exemplo pedalar leve na bicicleta, nadar, dançar, fazer ginástica aeróbica leve, jogar vôlei recreativo, carregar pesos leves, fazer serviços domésticos na casa, no quintal ou no jardim como varrer, aspirar, cuidar do jardim, ou qualquer atividade que fez aumentar **moderadamente** sua respiração ou batimentos do coração (**POR FAVOR NÃO INCLUA CAMINHADA**)

dias \_\_\_\_\_ por **SEMANA** ( ) Nenhum

**2b.** Nos dias em que você fez essas atividades moderadas por pelo menos 10 minutos contínuos, quanto tempo no total você gastou fazendo essas atividades **por dia**?

horas: \_\_\_\_\_ Minutos: \_\_\_\_\_

**3a** Em quantos dias da última semana, você realizou atividades **VIGOROSAS** por pelo menos 10 minutos contínuos, como por exemplo correr, fazer ginástica aeróbica, jogar futebol, pedalar rápido na bicicleta, jogar basquete, fazer serviços domésticos pesados em casa, no quintal ou cavoucar no jardim, carregar pesos elevados ou qualquer atividade que fez aumentar **MUITO** sua respiração o batimentos do coração.

dias \_\_\_\_\_ por **SEMANA** ( ) Nenhum

**3b** Nos dias em que você fez essas atividades vigorosas por pelo menos 10 minutos contínuos quanto tempo no total você gastou fazendo essas atividades **por dia**?

horas: \_\_\_\_\_ Minutos: \_\_\_\_\_

Estas últimas questões são sobre o tempo que você permanece sentado todo dia, no trabalho, na escola ou faculdade, em casa e durante seu tempo livre. Isto inclui o tempo sentado estudando, sentado enquanto descansa, fazendo lição de casa visitando um amigo, lendo, sentado ou deitado assistindo TV. Não inclua o tempo gasto sentando durante o transporte em ônibus, trem, metrô ou carro.

**4a.** Quanto tempo no total você gasta sentado durante um **dia de semana**?

\_\_\_\_\_ horas \_\_\_\_ minutos

**4b.** Quanto tempo no total você gasta sentado durante em um **dia de final de semana**?

\_\_\_\_\_ horas \_\_\_\_ minutos

**ANEXO C**

**ESCALA ANALÓGICA VISUAL**

QUANTO VOCÊ ESTA SENTINDO DE FOME?

NENHUMA

MUITA

QUANTO VOCÊ ACHA QUE PODE COMER?

NADA

MUITO

**ANEXO D**

UPE – UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO

ESEF – ESCOLA SUPERIOR DE EDUCAÇÃO FÍSICA

**GENE – GRUPO DE ESTUDOS EM NUTRIÇÃO E EXERCÍCIO****FICHA DE COLETA DE DADOS DA AVALIAÇÃO**

DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO SUJEITO - Nº :

|                        |    |           |                    |               |     |  |
|------------------------|----|-----------|--------------------|---------------|-----|--|
| Nome:                  |    |           |                    | Data de Nasc. |     |  |
| Massa Corporal:        | kg | Estatura: | cm                 | FC repouso:   | Bpm |  |
| PA repouso:            | /  | mmHg      |                    |               |     |  |
| Atividade que pratica: |    |           | Freqüência (dias): | Duração:      |     |  |
| min                    |    |           |                    |               |     |  |

## MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS

## PERÍMETRIA

| Perímetros (cm) | Direito | Esquerdo | Perímetros (cm) |
|-----------------|---------|----------|-----------------|
| Antebraço       |         |          | Tórax           |
| Braço           |         |          | Cintura         |
| Coxa Média      |         |          | Abdômen         |
| Panturrilha     |         |          | Quadril         |

## DOBRAS CUTÂNEAS

| Dobra (mm)   | M1 | M2 | M3 |
|--------------|----|----|----|
| Peitoral     |    |    |    |
| Axilar       |    |    |    |
| Abdominal    |    |    |    |
| Subescapular |    |    |    |
| Supra ilíaca |    |    |    |

|                    |  |  |  |
|--------------------|--|--|--|
| <b>Bíceps</b>      |  |  |  |
| <b>Tríceps</b>     |  |  |  |
| <b>Coxa média</b>  |  |  |  |
| <b>Panturrilha</b> |  |  |  |

## BIOIMPEDÂNCIA

|                         |  |  |
|-------------------------|--|--|
| <b>Gordura Relativa</b> |  |  |
|-------------------------|--|--|

## AVALIAÇÃO CARDIORRESPIRATÓRIA

| <b>Variável</b>              | <b>ml/kg/min</b> | <b>L/min</b> |
|------------------------------|------------------|--------------|
| <b>FC máxima (bpm)</b>       |                  |              |
| <b>VO<sub>2</sub> Máximo</b> |                  |              |
| <b>VO<sub>2</sub> Limiar</b> |                  |              |

Avaliador Responsável:

**ANEXO E**

UPE – UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO

ESEF – ESCOLA SUPERIOR DE EDUCAÇÃO FÍSICA

**GENE – GRUPO DE ESTUDOS EM NUTRIÇÃO E EXERCÍCIO****FICHA DE COLETA DE DADOS DAS SESSÕES DE EXERCÍCIO**

DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO SUJEITO - Nº :

|                                       |    |                         |                    |                   |     |   |
|---------------------------------------|----|-------------------------|--------------------|-------------------|-----|---|
| Nome:                                 |    |                         |                    | Data de Nasc.     | /   | / |
| Massa Corporal:                       | kg | Estatura:               | cm                 | FC repouso:       | Bpm |   |
| PA repouso:                           | /  | mmHg                    |                    |                   |     |   |
| <b>CONDIÇÕES DO AMBIENTE</b>          |    |                         |                    |                   |     |   |
| Temperatura:                          | °C | Umidade Relativa do ar: | %                  |                   |     |   |
| Início da sessão:                     | h  | min                     | Término da sessão: | h                 | min |   |
| Quantidade de pessoas no laboratório: |    |                         |                    | Código da sessão: |     |   |

## PARÂMETROS DA SESSÃO DE EXERCÍCIOS

|                          |  |
|--------------------------|--|
| <b>Velocidade (km/h)</b> |  |
| <b>Inclinação (%)</b>    |  |
| <b>Duração (min)</b>     |  |

Avaliador Responsável:



## ANEXO G

### CARTA À IMPRENSA

#### **O exercício aeróbio de alta intensidade em esteira ergométrica não estimula a fome e a ingestão alimentar pós-exercício**

Esse foi o resultado de um estudo feito pelos pesquisadores Tatiana Acioli e professor Dr. Wagner Luiz do Prado, do Programa Associado de Mestrado em Educação Física da Universidade de Pernambuco/ Universidade Federal da Paraíba, e que contou com a colaboração do pesquisador Dr. Manoel Costa, da Universidade de Pernambuco. A pesquisa apresenta como objetivo principal analisar os efeitos agudos de diferentes intensidades de exercício (baixa e alta), sobre o gasto calórico total, fome, apetite e ingestão alimentar em indivíduos adultos jovens. Participaram do estudo 18 homens jovens, eutróficos e praticantes de atividade física regular. Todos foram submetidos aleatoriamente a três condições experimentais: controle (sem exercício); exercício de baixa intensidade (40% do  $VO_{2\max}$ ) e, exercício de alta intensidade (80% do  $VO_{2\max}$ ). O gasto calórico total e o gasto específico de macronutrientes (carboidratos e gorduras) foram determinados através de calorimetria indireta, durante e após 120 minutos de exercício. A ingestão alimentar foi determinada através da pesagem e da análise dos alimentos ingeridos após 120 minutos de recuperação passiva. A escala visual analógica foi utilizada para avaliar a sensação de fome e apetite antes, imediatamente após o esforço e 120 minutos de recuperação.

As pesquisas que abordam os efeitos do exercício físico sobre a fome e a ingestão alimentar pós-exercício ainda não estão bem elucidadas. Alguns autores sugerem que o exercício físico pode inibir, outros que estimula e alguns que não promove nenhuma modificação.

Os resultados obtidos pelos pesquisadores da UPE apontam um aumento no gasto energético pós-exercício e de utilização de lipídeos, com supressão da sensação de fome e apetite em resposta à sessão de exercício,

especialmente quando realizado em alta intensidade. Vale ressaltar que os resultados não encontraram nenhuma alteração na ingestão alimentar, após 2 horas de recuperação.

Como parte de um projeto maior, que visa melhor elucidar as vias envolvidas na regulação do balanço energético em resposta ao exercício físico, este projeto é pioneiro no Brasil nesta área de investigação.

Esta pesquisa foi viabilizada a partir de auxílios financeiros da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) através da concessão de bolsa; Universidade de Pernambuco (UPE) (Programa de Fortalecimento Acadêmico da Universidade de Pernambuco); Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Pernambuco (FACEPE) (APQ-0908-4.09/08) e Escola Superior de Educação Física ESEF/UPE.

A pesquisa mostra dados essenciais para profissionais da área de saúde, professores e pesquisadores. Os resultados completos desta pesquisa serão publicados em breve, em revistas especializadas, sob a forma de artigos científicos.

24 de Fevereiro de 2010.

## ANEXO H

### PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA



*Comitê de Ética em Pesquisa*

#### UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO - UPE COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA – CEP

Registro CEP/UPE: 154/08

Registro CAEE: 0145.0.097.000-08

Título: Efeitos de diferentes intensidades de exercícios sobre o controle central do balanço energético em adultos e jovens.

Pesquisador(a) Responsável: Wagner Luiz Prado

O Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade de Pernambuco CEP/UPE, no exercício de suas atribuições legais e em consonância com as Resoluções do Conselho Nacional da Saúde, resolve considerar **"APROVADO"** o projeto referenciado no caput deste documento .

O CEP informa ao pesquisador que tem por obrigação:

- Comunicar toda e qualquer alteração do projeto e/ou do TCLE..
- Comunicar imediatamente qualquer evento adverso ocorrido durante o desenvolvimento do estudo;
- Apresentar relatório parcial e o final até 60 dias após o término da pesquisa.

O CEP/UPE agradece a oportunidade de poder contribuir na apreciação do referido projeto e encontra-se à disposição para quaisquer esclarecimentos que se fizerem necessários.

Certo de oportunamente poder contar com nova apreciação, reitero votos de sucesso.

Recife, 26 de setembro de 2008.

  
Prof. Dra. Rosa Fireman Dutra  
Coordenadora do Comitê de Ética da UPE

COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA UPE  
Av. Agamenon Magalhães, s/n Santo Amaro Recife - PE  
CEP - 50100-010 - FONE: 3183.3775  
E-mail: comitê.ética@upe.pe.gov.br