TATIENNE NEDER FIGUEIRA DA COSTA

Análise do gasto energético em diferentes exercícios físicos realizados na intensidade do limiar anaeróbio

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia - Escola de Engenharia de São Carlos/ Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto/ Instituto de Química de São Carlos - da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Bioengenharia.

Área de Concentração: Bioengenharia
Orientador: Prof. Dr. Vilmar Baldissera

São Carlos
2009

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTES
TRABALHOS, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO,
PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

C837a Costa, Tatienne Neder Figueira da
Análise do gasto energético em diferentes exercícios
físicos realizados na intensidade do limiar anaeróbio /
Tatienne Neder Figueira da Costa ; orientador Vilmar
Baldissera. -- São Carlos, 2009.

Dissertação (Mestrado-Programa de Pós-Graduação e Área
de Concentração em Bioengenharia) -- Escola de Engenharia
de São Carlos/Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto e
Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São
Paulo, 2009.

1. Exercício físico. 2. Limiar anaeróbio. 3. Gasto
energético. 4. Lactato. 5. Consumo de oxigênio. 6. EPOC.
I. Título.

Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia
EESC / FMRP / IQSC

TATIENNE NEDER FIGUEIRA DA COSTA
MESTRADO EM CIÊNCIAS
ÁREA DE BIOENGENHARIA

DISSERTAÇÃO APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS
- GRADUAÇÃO INTERUNIDADES BIOENGENHARIA
EESC – FMRP - IQSC DA UNIVERSIDADE DE SÃO
PAULO PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM
CIÊNCIAS NA ÁREA DE BIOENGENHARIA.

Aprovado em: 05/10/09.

PROF. DR. VILMAR BALDISSERA
(ORIENTADOR)

Universidade Federal de São Carlos - UFSCar

Julgamento: APROVADA

Assinatura:

PROFA. DRA. VANESSA FERNANDES
COUTINHO

Universidade Gama Filho

Julgamento: APROVADA

Assinatura:

PROF. DR. HERBERT GUSTAVO
SIMÕES

Universidade Católica de Brasília

Julgamento: APROVADA

Assinatura: (por vídeo conferência)

DEDICATÓRIA

De maneira especial dedico este trabalho a Deus, por ter me dado coragem, ânimo e vontade de continuar mesmo quando tudo parecia tão difícil. À minha família, agradeço pelo amor, paciência e apoio desde sempre. A você, meu pai querido, sei que por vontade de Deus não estás mais entre nós fisicamente, mas deixo aqui registrado o meu profundo e eterno amor. Para sempre o guardarei nas minhas melhores lembranças, jamais me esquecerei dos seus conselhos, ensinamentos e da sua felicidade mais pura por cada conquista minha. Felizmente, o senhor pôde estar comigo ao longo de grande parte do meu mestrado e se hoje consegui finalizá-lo com toda certeza sua presença foi essencial.

AGRADECIMENTOS

Agradeço os meus queridos amigos, por tantos momentos bons proporcionados desde o início de nossas amizades. Talvez um dia perca o contato, mas não se esqueçam, por nenhum segundo, do quanto minha vida se tornou mais viva na presença de vocês. Muito obrigada pelo companheirismo, por estarem do meu lado nos momentos mais difíceis do meu mestrado, assim como nos momentos de alegria e de conquistas. Às minhas queridas amigas, Patrícia, Shislene e Isabel, obrigada pela ajuda incansável, pela paciência e por tantos finais de semana de testes, obrigada de coração. Ao meu amigo Mateus, um anjo que Deus concedeu em minha vida, uma pessoa que esteve ao meu lado desde o início, nem tenho palavras para dizer o quanto você foi presente e realmente amigo ao longo desta jornada. Às minhas amigas Jaqueline e Fernanda, muito obrigada pela amizade, lealdade e franqueza. Ao meu orientador, Vilmar Baldissera, uma pessoa maravilhosa que tive oportunidade de conhecer e que colaborou muito para meu crescimento profissional. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de mestrado. De maneira geral, agradeço a todas as pessoas do laboratório, foi muito bom estar com vocês, sentirei muitas saudades!

RESUMO

TATIENNE, N. F. C. **Análise do gasto energético em diferentes exercícios físicos realizados na intensidade do limiar anaeróbico**. 2009. 151f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia EESC/FMRP/IQSC, Universidade de São Paulo (USP), São Carlos, 2009.

Sabe-se que as diferentes respostas metabólicas advindas da realização de um exercício físico são influenciadas por fatores como idade, gênero, estado nutricional, assim como pelas próprias variáveis do exercício físico, em especial a intensidade e duração. Embora estas últimas variáveis sejam bastante estudadas, há uma lacuna na literatura sobre o comportamento do consumo de oxigênio (VO_2), gasto energético e lactacidemia quando diferentes exercícios são realizados na intensidade do limiar anaeróbico (AT). Além disso, não há relatos sobre uma possível fase estável do lactato em exercício resistido. Desta forma, a proposta deste estudo foi primeiramente verificar a possibilidade de identificação do AT em oito exercícios resistidos e posteriormente analisar o VO_2 , gasto energético e lactacidemia durante e após os exercícios em esteira, circuito, circuito/esteira e esteira/circuito, ambos realizados na intensidade do AT e com similar duração de execução de movimento. Para tanto, foram avaliados oito indivíduos do gênero feminino, saudáveis e fisicamente ativas, submetidas aos testes de determinação de uma repetição máxima (1RM), identificação do AT em oito exercícios resistidos, identificação do AT no exercício em esteira e realização dos protocolos de exercícios em esteira, circuito, circuito/esteira e esteira/circuito. Os resultados demonstraram a possibilidade de identificação do AT em todos os exercícios propostos. Durante o exercício, as variáveis metabólicas (VO_2 e gasto energético) no exercício em esteira foram significativamente maiores quando comparadas aos exercícios em circuito, circuito/esteira e esteira/circuito. Nenhuma diferença significativa foi constatada entre os protocolos circuito/esteira e esteira/circuito, para ambas as variáveis mencionadas. Já o exercício em circuito mostrou ser estatisticamente menor que os demais protocolos. No componente rápido do *excess postexercise oxygen consumption* (EPOC), o VO_2 e gasto energético no exercício em esteira foram significativamente diferentes dos exercícios em circuito e em esteira/circuito. O exercício em circuito mostrou ser estatisticamente diferente do circuito/esteira, assim como também foi verificada uma diferença entre os protocolos mistos, para o VO_2 e gasto energético ($p<0,05$). A duração e magnitude do VO_2 no componente lento do EPOC não foram estatisticamente diferentes entre os protocolos, porém uma diferença foi constatada ($p<0,05$) na magnitude da produção calórica entre os protocolos esteira e esteira/circuito, neste mesmo período de tempo. Nossos resultados não encontraram

nenhuma diferença na duração total do EPOC entre os protocolos estudados. Ao computar o gasto energético total da sessão, somente o exercício em circuito apresentou um dispêndio significativamente maior em relação às calorias dispendidas apenas durante a realização deste exercício. Em relação à lactacidemia, foi possível identificar uma fase estável do lactato nos exercícios em esteira e em circuito. Conclusões: A realização de diferentes tipos de exercício exerce influência sobre o VO_2 e gasto energético durante e após o exercício, ao passo que a ordem de execução dos mesmos em uma única sessão, para essas mesmas respostas metabólicas, só é influenciada no período pós-exercício. A duração total do EPOC independe da realização de diferentes tipos de exercícios, assim como da ordem de execução. Além disso, há a existência de uma fase estável do lactato em exercício resistido, quando realizado em forma de circuito.

Palavras-chave: Exercício. Limiar anaeróbio. Consumo de oxigênio. Gasto energético. Lactato. EPOC.

ABSTRACT

COSTA, T. N. F. **Analysis of energy expenditure at different exercises performed in the intensity of the anaerobic threshold.** 2009. 151f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia EESC/FMRP/IQSC, Universidade de São Paulo (USP), São Carlos, 2009.

It's known that different metabolic responses that come from the practice of physical exercises are influenced by factors, such as age, gender, nutritional condition, as well as by their own exercise variable, in especially the intensity and duration. Although the latter variables are well studied, there is a gap in the literature about the behavior of oxygen consumption (VO_2), the energy expenditure and "lactacidemia" when different exercises are performed in the intensity of the anaerobic threshold (AT). In addition, there is no account about a possible stable phase of the lactate in a resistance exercise. This way, the proposal of this study was first to verify the possibility of identification of the AT in eight resistance exercises and then to analyze the VO_2 , the energy expenditure and the "lactacidemia" during and after the exercises at a treadmill, at a circuit, at a circuit/treadmill and at a treadmill/circuit, all done in the intensity of the AT and with similar duration of the movement execution. For this, eight female participants, healthy and physically active, were evaluated, submitted to tests of determination of a maximum repetition (1RM), identification of the AT in eight resistance exercises, identification of the AT in a treadmill exercise and the development of the protocols of exercise at a treadmill, at a circuit, at a circuit/treadmill and at a treadmill/circuit. The results demonstrated the possibility of identification of AT in all exercises. During exercise, the metabolic variables (VO_2 and energy expenditure) in the exercise at the treadmill were significantly higher when compared to the exercises in circuit, circuit/treadmill and treadmill/circuit. No significant differences were found between the protocols circuit/treadmill and treadmill/circuit, for both variables mentioned. When it concerns the exercise in the circuit, it showed to be statistically lower than the other protocols. In the fast component of the *excess postexercise oxygen consumption* (EPOC), the VO_2 and the energy expenditure at the treadmill exercise were significantly different when compared to the exercises at the circuit and at the treadmill/circuit. The exercise at the circuit was statistically different from the circuit/treadmill, and it was also verified a difference between the mixed protocols for the VO_2 and the energy expenditure ($p < 0,05$). The duration and the magnitude of the VO_2 in the slow component of the EPOC were not statistically different between the protocols, but there was a difference ($p < 0,05$) in the magnitude of the calorific

production between the treadmill and the treadmill/circuit protocols. Our results didn't find any difference in the total duration of the EPOC in the protocols analyzed. When determining the total energy expenditure of the session, only the exercise at the circuit showed a significantly bigger energy expenditure in comparison with the expended calories just during the exercise. Concerning the "lactacidemia", it was possible to identify a stable phase of the lactate in the exercises at the treadmill and at the circuit. Conclusions: the performance of different types of exercise influences the VO_2 and the energy expenditure during and after the exercise, while the order of the exercise practice in a single session, concerning the same metabolic answers, is just influenced in the period after the exercise. However, the total duration of the EPOC has nothing to do with the development of the different kinds of exercise, nor with the practice order. Besides, there is existence of a stable phase of the lactate in the resistance exercise, when performed in circuit.

Key-words: Exercise. Anaerobic threshold. Oxygen consumption. Energy expenditure. Lactate. EPOC.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 5.7.1 - Voluntária no momento de repouso.....	73
Figura 5.8.1.1 - Voluntária nos quatro momentos do protocolo em esteira	75
Figura 5.11.1 – Coleta de sangue durante exercício em esteira.....	81
Figura 6.3.1.1 – Identificação do AT no exercício mesa flexora	85
Figura 6.5.1.1 – Consumo de oxigênio médio durante 32 minutos de exercício nos diferentes protocolos.....	88
Figura 6.5.1.2 – Comportamento do consumo de oxigênio no repouso e durante os diferentes protocolos.....	89
Figura 6.5.2.1 – Produção calórica em 32 minutos de exercício nos diferentes protocolos.....	92
Figura 6.5.2.2 – Média da produção calórica do exercício na forma de circuito nos protocolos em circuito, circuito/esteira e esteira/circuito.....	93
Figura 6.5.2.3 – Contribuição calórica dos exercícios circuito e esteira em relação às calorias totais gastas nos protocolos mistos.....	94
Figura 6.5.3.1 (A, B, C e D) – Comportamento da lactacidemia no repouso, durante e após os diferentes protocolos de exercício.....	96
Figura 6.5.3.2 (A, B e C) – Verificação de uma fase estável do lactato nos exercícios em esteira e em circuito, para os diferentes protocolos.....	98
Figura 6.6.2.1 – Calorias totais da sessão de exercício em esteira.....	106
Figura 6.6.2.2 – Calorias totais da sessão de exercício em circuito.....	106
Figura 6.6.2.3 – Calorias totais da sessão de exercício em circuito/esteira.....	107
Figura 6.6.2.4 – Calorias totais da sessão de exercício em esteira/circuito.....	107

LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1.1 – Dados antropométricos e de composição corporal.....	65
Tabela 6.3.1.1 – Intensidade do AT nos diferentes exercícios resistidos.....	85
Tabela 6.4.1 – Consumo de oxigênio no repouso para os diferentes protocolos de exercício.....	87
Tabela 6.6.1.1 – Magnitude do consumo de oxigênio no componente rápido do EPOC.....	100
Tabela 6.6.1.2 – Duração e magnitude do consumo de oxigênio médio no componente lento do EPOC.....	101
Tabela 6.6.2.1 – Magnitude da produção calórica média no componente rápido do EPOC.....	104
Tabela 6.6.2.2 – Magnitude da produção calórica média no componente lento do EPOC.....	104
Tabela 6.6.2.3 – Média da produção calórica durante todo o tempo de duração do EPOC.....	105
Tabela 6.6.3.1 – Concentração sanguínea de lactato nos minutos 10, 20, 30 e 40 pós- exercício.....	108

LISTA DE SIGLAS

TMR	taxa metabólica de repouso
EPOC	<i>excess postexercise oxygen consumption</i>
ATP	adenosina trifosfato
AT	limiar anaeróbio
GET	gasto energético diário total
NEAT	<i>non-exercise activity thermogenesis</i>
TMB	taxa metabólica basal
CI	calorimetria indireta
VO ₂	consumo de oxigênio
QR	quociente respiratório
VCO ₂	produção de dióxido de carbono
VO _{2pico}	consumo de oxigênio pico
VO _{2máx}	consumo máximo de oxigênio
CPT-1	carnitina palmitoil transferase
HSL	lipase hormônio sensível
AMPc	Adenosina monofosfato cíclico
AGL	Ácidos graxos livres
NADH	nicotinamida adenina de nucleotídeo
ADP	adenosina difosfato
Pi	fosfato inorgânico
MCTs	transportadores monocarboxílicos
MLSS	máxima fase estável do lactato
cAMP	monofosfato de adenosina cíclico

PKA	proteína quinase
H_2CO_3	ácido carbônico
pCO_2	pressão parcial de dióxido de carbono
Ve/VO_2	equivalente respiratório de oxigênio

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	16
2. JUSTIFICATIVA.....	20
3. OBJETIVOS DO ESTUDO.....	22
3.1 Objetivos Gerais.....	22
3.2 Objetivos Específicos.....	22
4. REVISÃO DE LITERATURA.....	23
4.1 Gasto Energético.....	23
4.2 Mensuração do Gasto Energético.....	24
4.2.1 Princípios da Calorimetria Indireta.....	28
4.3 Gasto Energético e Oxidação de Substratos durante o Exercício.....	30
4.4 Gasto Energético e Oxidação de Substratos Pós-Exercício.....	37
4.5 Conceito de Limiar Anaeróbio (AT).....	48
4.5.1 Produção e/ou acúmulo de Lactato durante o Exercício.....	50
4.5.2 Causas Associadas.....	51
4.5.2.1 Teoria da Hipóxia Muscular.....	51
4.5.2.2 Evidências Contrárias à Hipóxia Muscular.....	53
4.5.3 Transporte de Lactato Transmembrana e Remoção.....	54
4.5.4 Aplicabilidade e Métodos para Identificação do AT.....	56
4.5.4.1 Análise do Lactato Sangüíneo.....	57
4.5.4.2 Análise das Catecolaminas Plasmáticas.....	58
4.5.4.3 Análise da Glicose Sangüínea.....	59
4.5.4.4 Parâmetros Respiratórios.....	62
5. CASUÍSTICA E MÉTODOS.....	65

5.1 Voluntárias.....	65
5.2 Comitê de Ética.....	66
5.3 Anamnese.....	66
5.4 Composição Corporal e Antropometria.....	67
5.5 Teste de Determinação da Carga Máxima.....	67
5.6 Teste para Determinação do Limiar Anaeróbio (AT).....	69
5.6.1 Determinação do AT no Exercício Resistido.....	69
5.6.2 Teste de Adaptação.....	71
5.6.3 Determinação do AT em Esteira.....	71
5.7 Consumo de Oxigênio de Repouso (Pré-Exercício).....	72
5.8 Protocolo dos Exercícios.....	74
5.8.1 Protocolo em Esteira.....	74
5.8.2 Protocolo em Circuito.....	75
5.8.3 Protocolo Misto (Circuito/Esteira).....	76
5.8.4 Protocolo Misto (Esteira/Circuito).....	77
5.9 Análise do Gasto Energético durante o Exercício.....	78
5.10 Magnitude e Duração do EPOC.....	78
5.11 Cinética da Lactacidemia.....	80
5.12 Análise Estatística.....	81
RESULTADOS.....	83
6.1 Voluntárias.....	83
6.2 Carga Máxima nos Exercícios Resistidos e na Esteira.....	83
6.3 Intensidade Executada nos Protocolos de Exercício.....	84
6.3.1 Intensidade do AT no Exercício Resistido.....	84

6.3.2 Intensidade do AT no Exercício em Esteira.....	86
6.4 Consumo de Oxigênio Pré- Exercício.....	87
6.5 Variáveis Metabólicas durante o Exercício.....	87
6.5.1 Consumo de Oxigênio.....	87
6.5.2 Gasto Energético.....	91
6.5.3 Lactacidemia.....	94
6.6 Variáveis Metabólicas no Pós-Exercício.....	99
6.6.1 Consumo de Oxigênio no Pós-Exercício (EPOC).....	99
6.6.2 Gasto Energético.....	102
6.6.3 Lactacidemia.....	107
DISCUSSÃO.....	109
CONCLUSÕES.....	131
REFERÊNCIAS.....	133
ANEXOS.....	145

1. INTRODUÇÃO

O balanço energético, determinado de um lado pela ingesta alimentar e de outro pelo dispêndio de energia, representa um exemplo de regulação homeostática e resulta na manutenção da massa corpórea e dos estoques de energia corporal. Quando em desequilíbrio, pode levar ao acúmulo ou redução excessivo de energia armazenada endogenamente, e principalmente na forma de gordura corporal (GORAN, 2000; MEIRELLES ; GOMES, 2004; DÍAZ; SALAZAR; SAAVEDRA, 2005; DOKKEN; TSAO, 2007).

O gasto energético diário de um indivíduo pode ser dividido em três componentes: taxa metabólica de repouso (TMR), efeito térmico do alimento e gasto energético associado ao exercício físico (FELBER; GOLAY, 1995; DÍAZ; SALAZAR; SAAVEDRA, 2005; PRENTICE, 2007).

A taxa metabólica de repouso representa o gasto energético que se tem para a manutenção dos processos fisiológicos e compreende aproximadamente 60 a 70% do gasto energético total (MEIRELLES; GOMES, 2004).

O outro constituinte do gasto energético diário, o efeito térmico do alimento, representa em torno de 10% do dispêndio energético total e corresponde à energia que é dispendida nos processos metabólicos derivados da digestão, absorção, transporte e depósito dos substratos ingeridos (DÍAZ; SALAZAR; SAAVEDRA, 2005).

O gasto energético associado ao exercício físico é considerado o componente mais variável e corresponde a aproximadamente 15% do gasto energético total em indivíduos sedentários, enquanto em indivíduos ativos pode chegar a compreender 30% (HILL et al., 1995; MEIRELLES; GOMES, 2004).

Desta forma, a realização de exercício físico está associada à manutenção ou redução da massa corpórea, através de mecanismos ainda incompletamente conhecidos. Entretanto, são várias as adaptações em resposta ao exercício físico que podem facilitar a redução da massa corporal, incluindo: o aumento do gasto energético diário total, da taxa metabólica de repouso, do efeito térmico do alimento e do consumo excessivo de oxigênio pós-exercício, além de maiores taxas de mobilização e oxidação de gordura (BALLOR et al., 1996; JEUKENDRUP; ACHTEN, 2001; SPEKMAN; SELMAN, 2003).

O aumento do gasto energético diário total advindo do exercício físico ocorre tanto de forma aguda quanto de forma crônica. A primeira condição refere-se ao próprio gasto energético durante a execução do exercício aliado ao gasto energético que se tem no período pós-exercício, sendo este último comumente conhecido por consumo excessivo de oxigênio pós-exercício ou *excess postexercise oxygen consumption* (EPOC); já a segunda condição refere-se às alterações da taxa metabólica de repouso (HILL et al., 1995; BORSHEIM; BAHR, 2003; SPEAKMAN; SELMAN, 2003; MEIRELLES; GOMES, 2004; LECHEMINANT et al., 2008).

O exercício físico requer um intenso consumo de adenosina trifosfato (ATP) e o processo bioenergético responsável para a regeneração constante desta molécula que está sendo utilizada na contração muscular envolve três sistemas muito eficientes. Estes sistemas compreendem o da fosfocreatina, o da glicólise e o sistema oxidativo (CURI et al., 2003; WASSERMAN et al., 2004).

Dentre os sistemas bioenergéticos citados acima, o sistema oxidativo é o mais complexo dos três e é dependente de oxigênio. Tem como característica uma capacidade de produção energética praticamente ilimitada, sendo apto a fornecer energia para a ressíntese de ATP, principalmente em esforços de longa duração e de intensidades leve a moderada (CURI et al., 2003).

Quando há uma condição de equilíbrio entre a energia de que os músculos ativos necessitam e a ressíntese de ATP pelo metabolismo oxidativo, diz-se que o indivíduo se encontra em estado estável (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003). Neste sentido, o indivíduo consegue manter determinado esforço físico à custa do metabolismo aeróbio. Entretanto, quando este sistema bioenergético não mais consegue suprir àquela demanda metabólica, ocorre uma suplementação por meio do metabolismo anaeróbio. Esta mudança de rota metabólica é conceituada de limiar anaeróbio (AT), termo introduzido por Wasserman e Mcilroy (1964).

O conceito AT pode ser então definido como a mais alta intensidade de esforço físico que é mantida plenamente pelo metabolismo aeróbio, onde o consumo de oxigênio é suficiente para suprir toda a demanda metabólica. Esta é a intensidade de exercício acima da qual ocorre uma suplementação da via anaeróbia, com subsequente aumento na concentração sanguínea de lactato (WASSERMAN et al., 1973; MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003; SVEDAHL; MACINTOSH, 2003).

Beneke e Von Duvillard (1996), mostraram que o ponto máximo de equilíbrio do lactato sanguíneo é dependente da modalidade esportiva realizada, encontrando diferentes valores de estabilização deste metabólito para as diversas modalidades e ainda que a concentração em que ocorre a estabilização do lactato sanguíneo é dependente da quantidade de massa muscular envolvida na execução do padrão motor do movimento.

Outro aspecto relevante dentro do contexto da identificação da intensidade associada ao AT é que esta era restrita somente aos exercícios dinâmicos cíclicos. A existência de um AT em exercício resistido foi descrita pelo estudo pioneiro de Agostini (2000), que determinou ser na carga em torno de 30% de 1RM. A explicação para tal fenômeno é dita ser de caráter hemodinâmico, já que nesta intensidade, a pressão intramuscular (que aumenta de forma linear com a tensão muscular) (PETROFSKY;

HENDERSHOT, 1984) é maior que a capilar, e isto promove o colapamento dos capilares, instalando uma situação de hipóxia muscular com conseqüente solicitação do metabolismo anaeróbio (HOLLMANN; HETTINGER, 1989). O protocolo utilizado para tal identificação foi um teste crescente, no qual eram acrescentadas cargas, dadas em %1RM e a cada estágio os voluntários realizavam 20 repetições em um minuto, com um intervalo de dois minutos entre cada estágio

A capacidade de se treinar numa intensidade elevada sem acúmulo de lactato é benéfica para o indivíduo, visto que a formação deste metabólito contribui para a fadiga. Além disso, o interesse por parte dos fisiologistas do exercício em estudar o AT se deve principalmente a sua grande contribuição à predição de performance em eventos de longa duração, à avaliação dos grandes sistemas fisiológicos recrutados durante o estresse físico, assim como representa uma importante ferramenta para a prescrição da intensidade adequada de treino (WILMORE; COSTILL, 2001; MOTA; GOBBI, 2003).

Desta forma, estudar o comportamento de algumas variáveis do exercício físico nesta intensidade se torna fundamental, como por exemplo, o conhecimento do gasto energético advindo do exercício físico, que representa uma importante ferramenta para o cálculo adequado das necessidades energéticas de um indivíduo. Ainda dentro do contexto nutricional, este aumento no gasto energético com o exercício pode facilitar a geração de um balanço energético negativo, evitando que a dieta tenha que ser extremamente restritiva, uma vez que, em geral, dietas de muito baixo valor energético são inadequadas em micronutrientes e apresentam baixa adesão (MATSUURA; MEIRELLES; GOMES, 2006).

2. JUSTIFICATIVA

Dentre os inúmeros benefícios conhecidos que o exercício físico é capaz de proporcionar ao organismo, cabe ressaltar um de grande valia para a manutenção e/ou redução da massa corpórea, que diz respeito ao gasto energético advindo da realização de exercício físico tanto durante sua execução como também no período pós-exercício.

Entretanto, o gasto energético decorrente da realização de exercício físico é altamente dependente de diversas variáveis do exercício físico, como também da população estudada e por esta razão, gastos energéticos bastante distintos são encontrados na literatura.

A maioria dos estudos que tem como objetivo comparar o gasto energético entre exercícios físicos são focados na variável intensidade e desta maneira, os estudos comumente comparam exercícios de alta intensidade com exercícios de baixa intensidade. Pouco é relatado sobre o gasto energético em resposta a diferentes movimentos, quando estes são executados na mesma intensidade relativa de esforço físico e quando estes estudos são realizados, algumas das tentativas têm falhado em analisar tal efeito de maneira adequada, não equalizando a duração de execução de movimento assim como a intensidade relativa de esforço. Com isso, alguns pesquisadores comparam o gasto energético durante e após uma sessão de exercício aeróbio contínuo realizado, por exemplo, a 70% $\text{VO}_{2\text{máx}}$ com exercício resistido intermitente a 70% 1RM (JAMURTAS et al., 2004; BLOOMER, 2005), o que não reflete nas mesmas respostas fisiológicas e metabólicas.

Ainda dentro do contexto intensidade, quando o exercício resistido é estudado, comumente ele é realizado em altas intensidades (visando ganho de força e hipertrofia muscular), não havendo até o momento dados na literatura sobre o gasto energético durante e após exercício resistido aeróbio, assim como o comportamento lactacidêmico quando uma sessão de exercício resistido aeróbio na forma de circuito é executada na intensidade do AT.

Isso também reflete em última instância em uma lacuna na literatura sobre a possibilidade de uma fase estável do lactato no exercício resistido, diferente do exercício dinâmico, que já é bastante conhecido.

A ordem com que diferentes modos de exercícios são realizados dentro de uma mesma sessão também é pouco reportada na literatura, apesar de ser de grande interesse por parte dos profissionais da área.

Ademais, diversos estudos contabilizam somente o gasto energético durante o exercício, desconsiderando o gasto calórico pós-exercício, que deveria ser computado conjuntamente, bem como pouco é estudado acerca da influência da ordem em que os exercícios são realizados sobre o comportamento metabólico (KANG; SCHWEIZER; HOFFMAN, 2003).

Desta forma, o presente estudo procura responder, ao menos parcialmente, as questões abordadas, possibilitando uma melhor compreensão do comportamento metabólico frente à realização de diferentes exercícios físicos executados na intensidade do limiar anaeróbio e em auxiliar os profissionais da área em uma melhor prescrição do exercício físico.

3. OBJETIVOS DO ESTUDO

3.1 Objetivos Gerais

Comparar o gasto energético, o consumo de oxigênio e lactacidemia em indivíduos do gênero feminino nos exercícios somente em esteira, somente exercício resistido em circuito e em exercício misto (esteira/circuito; circuito/esteira) realizados na mesma intensidade relativa de esforço físico (limiar anaeróbio) e com similar duração de execução de movimento.

3.2 Objetivos Específicos

- a) Verificar a possibilidade de identificação do limiar anaeróbio nos exercícios resistidos leg press 45°, rosca bíceps, mesa extensora, supino reto, puxador costas, pulley tríceps, mexa flexora e desenvolvimento;
- b) Investigar se há diferença na produção calórica, no consumo de oxigênio e no comportamento lactacidêmico, quando exercícios mistos são efetuados em ordens diferentes;
- c) Verificar se a magnitude e duração do consumo excessivo de oxigênio pós-exercício (EPOC) e o subsequente gasto energético é influenciado pela execução dos diferentes tipos de exercício propostos, mesmo quando todos eles são realizados com intensidade relativa de esforço físico e duração de execução de movimento similar.
- d) Verificar a possibilidade de uma fase estável do lactato no exercício resistido.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Gasto Energético

O gasto energético diário ou total (GET) de um indivíduo pode ser dividido em três componentes: taxa metabólica de repouso (TMR), efeito térmico do alimento e gasto energético associado com a atividade física (SPEAKMAN; SELMAN, 2003). Esta última categoria pode ainda ser subdividida na energia utilizada especificamente para o exercício, a qual é comumente conhecida por termogênese da atividade relacionada ao exercício e na energia que é destinada a atividades que não é exercício (non-exercise activity thermogenesis – NEAT). A NEAT compreende o gasto energético associado a todas as atividades que nós executamos como seres independentes e inclui o gasto da ocupação do indivíduo, ler, sentar, dançar entre outras (LEVINE, 2004).

A taxa metabólica de repouso representa o gasto energético que se tem para a manutenção dos processos fisiológicos e compreende aproximadamente 60 a 70% do GET. Esta pode ser modificada por diversos fatores, tais como: hora do dia, temperatura ambiente, ingestão de alimentos, ingestão de cafeína, nível de atividade física do indivíduo, atividade física prévia, idade, dimensão e composição corporal e estresse (WAHRLICH; ANJOS, 2001a; MEIRELLES; GOMES, 2004; FOUREAUX; PINTO; DÂMASO, 2006).

O outro constituinte do GET, mencionado acima, está relacionado ao efeito térmico do alimento. Este representa em torno de 10% do dispêndio total de energia e refere-se ao aumento da taxa metabólica acima dos valores de repouso em resposta ao consumo de um alimento. Ou seja, é a energia gasta para todos os processos metabólicos da digestão, absorção, transporte e depósito dos substratos ingeridos (DÍAZ; SALAZAR; SAAVEDRA, 2005).

O gasto energético associado ao exercício físico é considerado o componente mais variável e corresponde a aproximadamente 15% do gasto energético total em indivíduos sedentários, enquanto em indivíduos ativos, pode chegar a compreender 30%. O exercício físico promove um aumento do gasto energético total tanto de forma aguda quanto de forma crônica. A primeira condição refere-se ao próprio gasto energético durante a execução do exercício, assim como durante a fase de recuperação; a segunda refere-se às alterações da taxa metabólica de repouso (MEIRELLES; GOMES, 2004).

É de extrema importância o conhecimento do gasto energético do exercício físico, bem como as respostas metabólicas por ele desencadeadas, para o auxílio no cálculo das necessidades energéticas de um indivíduo, assim como para determinar a eficiência do organismo durante a realização de um exercício (MATSUURA; MEIRELLES; GOMES, 2006).

Para um perfeito entendimento da regulação da massa corporal torna-se, portanto, necessário o conhecimento dos fatores que influenciam o balanço energético que é dado de um lado pela ingestão alimentar, e de outro pelo dispêndio de energia. Quando em desequilíbrio, tais fatores podem levar a um acúmulo ou redução excessiva de energia armazenada endogenamente na forma de gordura corporal. A obesidade é um exemplo deste desequilíbrio (MEIRELLES; GOMES, 2004).

4.2 Mensuração do Gasto Energético

O gasto energético pode ser estimado de forma direta (calorimetria direta) ou indireta (calorimetria indireta - CI) (FETT; FETT; MARCHINI, 2006).

A calorimetria direta consiste na medição das trocas de calor entre o organismo e o meio ambiente, havendo a necessidade de uma câmara de isolamento para a sua

realização, além de possuir um custo elevado. Outro método de mensuração calcula a quantidade de calor produzida indiretamente (FETT; FETT; MARCHIINI, 2006; LOUZADA, 2007). Maiores detalhes sobre a base teórica da CI serão abordados em itens posteriores.

Durante o século XIX, com o estabelecimento das leis da termodinâmica, diversos calorímetros diretos e câmaras respiratórias foram desenvolvidos, na tentativa de aperfeiçoar as técnicas propostas por Lavoisier. Neste período ocorreram também, importantes descobertas que possibilitaram o desenvolvimento de métodos mais precisos para medir o metabolismo através das trocas gasosas, tais como a identificação dos substratos oxidados pelo organismo, a quantidade de oxigênio necessária para oxidá-los e o valor em calorias dos componentes dos alimentos, quando estes são oxidados no organismo (WAHRLICH; ANJOS, 2001a).

A CI requer vários cuidados a serem observados antes e durante sua execução, para a obtenção de resultados acurados. Estes cuidados incluem aspectos relacionados ao ambiente (temperatura e pressão barométrica), ao próprio indivíduo e também a aspectos técnicos pertinentes ao monitor metabólico em si (LOUZADA, 2007).

Quando o objetivo é a obtenção da TMR, o ambiente deve ser silencioso, com pouca iluminação e estar em uma temperatura confortável, visto que temperaturas acima ou abaixo da zona térmica de neutralidade, fazem aumentar o gasto energético através do suor ou tremor para manter a termorregulação (WAHRLICH; ANJOS, 2001a; SCHNEIDER; MEYER, 2005).

A taxa metabólica basal (TMB) assim como a TMR representam o gasto energético que se tem para a manutenção dos processos fisiológicos. Entretanto a TMB difere da TMR por ser medida de difícil mensuração, pois requer um maior cuidado, devendo ser realizada com o indivíduo no período da manhã, após uma noite de sono e de preferência logo após acordar, seguindo condições padrão de jejum de 12 horas, em completo repouso físico e

mental e em posição supina (MATARESE, 1997; WAHRLICH; ANJOS, 2001a; LOUZADA, 2007).

Por esta razão, comumente é medida a TMR, que é de mais fácil mensuração e apresenta diferença muito pequena em relação à TMB (em torno de 3%) (RODRIGUES et al., 2008). Os cuidados básicos para a mensuração da TMR incluem um repouso prévio de pelo menos 30 minutos e jejum de duas a três horas (DIENER, 1997).

Ainda, a TMB ou TMR requerem o controle de alguns fatores como: atividade física prévia, período do ciclo menstrual, ingestão alimentar e tabagismo. Entretanto, algumas características inerentes aos indivíduos avaliados, tais como a idade, aptidão física e a dimensão e composição corporal, podem explicar as diferenças interindividuais observadas (WAHRLICH; ANJOS, 2001a).

Até o ano de 1985, as recomendações energéticas diárias populacionais eram decorrentes de informações obtidas sobre o consumo alimentar de populações, ditas saudáveis, valores que normalmente são menores (20%) que o gasto energético mensurado por água duplamente marcada, técnica esta que mede precisa e acuradamente o gasto energético total de indivíduos fora do confinamento. Somente a partir desta data, é que foi despertado pelos estudiosos de que o gasto energético deveria nortear necessariamente as recomendações energéticas e foi proposto que os componentes do gasto energético deveriam ser expressos como múltiplos da TMB, na tentativa de se controlar as características individuais como as dimensões e composição corporais, estado nutricional, além do gênero e idade. Como na época não havia grande disponibilidade de calorímetros, sugeriu-se o uso de equações de predição para estimar a TMB. O estudo de Harris e Benedict (1919 apud WAHRLICH; ANJOS, 2001a, p. 810) realizado a partir de medidas antropométricas, foi o primeiro a desenvolver equações de predição para estimativa da TMB. Vale ressaltar que diversos estudos demonstram que o uso da fórmula de Harris & Benedict, assim como de

outros autores, tende a superestimar a TMB em indivíduos obesos. Assim, tanto a nível individual como populacional, a TMB é o valor base para se estabelecer as necessidades energéticas de um indivíduo (WAHRLICH; ANJOS, 2001a; SCAGLIUSI; LANCHÁ JÚNIOR, 2005; SCHNEIDER; MEYER, 2005; RODRIGUES et al., 2008).

A importância de sua medição vai além do estabelecimento das necessidades energéticas, o que por si só, já seria motivo suficiente para sua determinação nos vários segmentos populacionais da maneira mais acurada possível, seja em avaliações clínicas ou epidemiológicas. Seu uso em estudos epidemiológicos também nos dá informações importantes sobre a ingestão alimentar e a determinação do nível de atividade física. Por exemplo, quando se quer saber o quão confiável é o relato sobre o consumo alimentar dos indivíduos, comumente divide-se o valor energético ingerido pela TMB. Em pessoas obesas, quando o valor desta razão dá menor que 1,2 pode-se dizer que estes indivíduos subestimaram seu consumo alimentar, visto que os mesmos não poderiam ser obesos ingerindo somente 1,2 vezes a TMB. Neste caso, o numerador da razão (ingestão energética) pode estar subestimado. Por outro lado, há a possibilidade de que a TMB (o denominador) esteja sendo superestimada por meio das equações de predição (WAHRLICH; ANJOS, 2001a).

O estudo de Rodrigues et al. (2008), avaliou se mulheres obesas com baixa ingestão calórica, por meio de questionário alimentar, realmente apresentava um valor diminuído da TMR. Foram estudadas 77 mulheres, as quais foram divididas em grupos, de acordo com a avaliação da ingestão calórica referida ajustada ao peso corporal por dia (Cal/Kg/dia), sendo que mulheres com um aporte nutricional inferior a 25 Cal/Kg/dia foram classificadas no grupo de baixa ingestão calórica (Grupo 1), de 25 a 35 Cal/Kg/dia se enquadravam no grupo de média ingestão calórica (Grupo 2) e finalmente as que apresentavam valores acima de 35 Cal/Kg/dia constituía o grupo de elevada ingestão calórica. Os autores utilizaram-se da razão ingesta alimentar/TMB a fim de obterem maior

confiabilidade nos dados sobre a ingestão calórica. Foi observado que apenas o Grupo 1 apresentou valores abaixo de 1,2 corroborando com diversos estudos que relatam uma tendência de pessoas obesas subestimarem a ingestão energética.

Assim, conclusões precisas a respeito do estado nutricional dos indivíduos padecem de credibilidade, o que em parte, pode ser atribuída a não mensuração da TMB (WAHRLICH; ANJOS, 2001a).

4.2.1 Princípios da Calorimetria Indireta

A CI é o método onde o gasto energético é estimado por meio da medição das trocas respiratórias, ou seja, do volume de oxigênio consumido e do volume de gás carbônico produzido, mensurado através do ar inspirado e expirado pelos pulmões. Este método baseia-se no princípio de que não há uma reserva apreciável de oxigênio no organismo; e que o consumo de oxigênio (VO_2) reflete a oxidação dos nutrientes, onde toda energia química no organismo é proveniente da oxidação de carboidratos, gorduras e proteínas. A quantidade de oxigênio utilizada para a oxidação, bem como a produção de dióxido de carbônico (VCO_2), irá depender do substrato que está sendo oxidado (MATARESE, 1997; WAHRLICH; ANJOS, 2001a).

A denominação indireta indica que a produção de energia, diferentemente da calorimetria direta (que mede a transferência de calor do organismo para o meio ambiente), é calculada a partir dos equivalentes energéticos do oxigênio consumido e do gás carbônico produzido. Assim, a partir do oxigênio consumido na oxidação dos substratos energéticos e o gás carbônico que é eliminado pela respiração, calcula-se a quantidade total de energia que foi produzida (SCHNEIDER; MEYER, 2005; LOUZADA, 2007).

É um método prático, seguro e não invasivo, que também possibilita identificar o quociente respiratório (QR), o qual reflete a relação entre o VCO_2 produzido e o VO_2 consumido, identificando assim a natureza e a quantidade dos substratos energéticos que estão sendo metabolizados pelo organismo. O QR pode ser dividido em quociente respiratório não protéico (QR_{np}), que traduz a participação dos carboidratos e lipídeos no VO_2 e VCO_2 e o quociente respiratório protéico (QR_p) que representa a participação protéica (DIENER, 1997). O QR varia entre 0,7 durante a oxidação total de gordura, e 1,0 quando houver apenas oxidação de carboidratos. Para a conversão dos valores de VO_2 e VCO_2 em energia, pode ser utilizada a tabela de Zuntz, a qual fornece os equivalentes energéticos por litro de oxigênio consumido, para cada valor de QR não protéico. Em situações em que somente o VO_2 é mensurado, assume-se um valor energético de 5 Kcal a cada litro de oxigênio consumido (WARLICH, ANJOS, 2001a; SCHNEIDER; MEYER, 2005; RODRIGUES et al., 2008).

Como mencionado anteriormente, os aparelhos de CI medem o VO_2 e o VCO_2 analisando o ar inspirado e expirado pelo indivíduo em um dado período de tempo. De acordo com o princípio de funcionamento dos calorímetros, estes podem ser classificados em equipamentos de circuito fechado e equipamentos de circuito aberto. Os de circuito fechado são considerados o padrão-ouro da calorimetria e nele o VO_2 e o VCO_2 são medidos por alterações no volume dentro de um reservatório fechado contendo oxigênio a 100%; e então o indivíduo respira continuamente o gás contido no espirômetro por meio do sistema de válvulas direcionais. A partir da redução no volume de gás contido no espirômetro, no período do exame, se tem o consumo de oxigênio. Poucos equipamentos de uso humano empregam esse tipo de princípio (DIENER, 1997; MATARESE, 1997).

Nos equipamentos de circuito aberto, ambos os extremos do sistema se comunicam com o ambiente, na qual o ar inspirado é mantido separado do ar expirado por meio de um sistema de válvulas unidirecionais. Atualmente, os monitores metabólicos

utilizados são instrumentos microprocessados que empregam analisadores rápidos de oxigênio e gás carbônico aptos a medir instantaneamente as alterações nas concentrações dos gases analisados. O analisador de oxigênio pode ser do tipo eletroquímico (utiliza células de óxido zircônio ou paládio) ou do tipo paramagnético. O analisador de CO₂ é do tipo sensor infravermelho, ressaltando a sua não total especificidade para o CO₂, podendo assim sofrer influência de outros gases, como o óxido nitroso (DIENER, 1997). Ainda nos equipamentos de circuito aberto, vários sistemas de coleta podem ser empregados, como: uma tenda, uma máscara, ou uma peça bucal com um clipe nasal (MATARESE, 1997).

4.3 Gasto Energético e Oxidação de Substratos Durante o Exercício

Carboidratos e lipídeos são as fontes de combustíveis predominantes para a produção aeróbia de ATP durante o exercício e as vias que metabolizam estes substratos devem ser estritamente reguladas para atender a aumentada demanda energética. No início do exercício, sinais intra e extracelulares do músculo esquelético ativam etapas chave da via metabólica induzindo a um aumento na disponibilidade e no metabolismo de carboidratos e lipídeos (SPRIET; WATT, 2003). Entretanto, a contribuição da oxidação desses substratos durante o exercício é dependente de diversos fatores, tais como intensidade do exercício (ROMIJN et al., 1993), disponibilidade de oxigênio e substrato (STELLINGWERFF et al., 2003; WALLIS et al., 2006), estado de treinamento (COGGAN et al., 2000) e gênero (HORTON et al., 1998).

Arkinstall et al. (2004), estudaram o efeito de um baixo e alto conteúdo prévio de glicogênio e da intensidade do exercício nas taxas de oxidação de carboidrato e lipídeo durante o exercício. Sete indivíduos moderadamente treinados em ciclismo foram submetidos a sessões de exercício contínuo em cicloergômetro a 45% (baixa intensidade) e 70%

(moderada intensidade) do consumo de oxigênio pico ($\text{VO}_{2\text{ pico}}$) por 60 minutos. Para ambos os grupos de baixo conteúdo de glicogênio muscular nas diferentes intensidades foi observado uma contribuição percentual em relação ao gasto energético total muito maior de lipídeos do que de carboidrato. No grupo de alto conteúdo de glicogênio muscular, também nas diferentes intensidades, foi observado um aumento na contribuição da oxidação de carboidrato quando comparado aos grupos de baixo conteúdo de glicogênio muscular, e este aumento da contribuição de carboidrato foi bem mais pronunciado no exercício a 70% do $\text{VO}_{2\text{ pico}}$. Um achado interessante foi uma maior taxa de oxidação de carboidrato quando comparado à oxidação lipídica no exercício de baixa intensidade e alto conteúdo de glicogênio muscular quando comparado ao protocolo de mesma intensidade, porém com baixo conteúdo de glicogênio. A partir destes achados, sugere-se que não só a intensidade do exercício tem o potencial de influenciar a oxidação de substratos durante a realização do mesmo, mas também o estado nutricional em que o indivíduo se encontra.

Alguns hormônios atuam como reguladores primários da lipólise no tecido adiposo, tais como catecolaminas, hormônio do crescimento, entre outros. Durante o exercício físico, a combinação de uma diminuição na concentração de insulina e elevação nos níveis de catecolaminas, glucagon e hormônio do crescimento podem aumentar as taxas de liberação de ácidos graxos livres por até quatro a cinco vezes (JENSEN, 2003).

A ingestão alimentar também é um importante fator que pode influenciar a oxidação de substratos durante uma sessão de exercício físico.

Coyle et al. (1997), observaram uma redução da ordem de 34% na oxidação total de lipídeos durante exercício físico a 50% do consumo máximo de oxigênio ($\text{VO}_{2\text{ máx}}$) após ingestão prévia de glicose, demonstrando que a disponibilidade de carboidrato pode regular diretamente a oxidação lipídica durante o exercício.

Wallis et al. (2006), observaram que a oxidação de carboidrato mostrou ser maior quando há ingestão de carboidrato durante o exercício, quando comparado à ingestão de água, nas mesmas condições experimentais. A ingestão de carboidrato também promoveu uma supressão na oxidação de lipídeos. Além disso, a magnitude de alteração desses parâmetros em resposta à ingestão de carboidrato não diferiu de forma significativa entre ambos os gêneros, sugerindo que indivíduos do gênero masculino e feminino apresentam respostas metabólicas similares. Contrário ao trabalho de Wallis, Horton et al. (1998), observaram diferenças significantes na oxidação de substratos em resposta ao gênero durante duas horas de exercício em cicloergômetro a 40% do $\text{VO}_{2\text{máx}}$. No gênero feminino, $50,9 \pm 1,8\%$ do dispêndio energético durante o exercício foi derivado da oxidação lipídica, ao passo que para o gênero masculino essa contribuição foi menor ($43,7 \pm 2,1\%$). Uma das explicações para a diferença entre os gêneros é que as mulheres parecem ser mais sensíveis à ação lipolítica das catecolaminas do que os homens, visto que os níveis plasmáticos destes hormônios foram significativamente maiores nos homens do que em mulheres, entretanto sem nenhuma diferença nos níveis circulantes de glicerol, o qual reflete a lipólise. Estes achados corroboram com diversos estudos os quais também suportam uma maior oxidação lipídica entre o gênero feminino, quando ambos realizam exercício na mesma intensidade relativa de esforço físico (KANG et al., 2007).

Uma redução na oxidação lipídica durante o exercício em resposta a ingestão alimentar pré-exercício com grande quantidade de carboidrato pode ser explicada bioquimicamente pelo fato de que esta aumenta a concentração de glicose no sangue estimulando a liberação de insulina, a qual é considerada um potente inibidor da lipólise. Na reação seguinte, a proteína fosfatase dependente de insulina promove a defosforilação da Acetil-CoA carboxilase (que é a primeira enzima na síntese dos ácidos graxos) e isso a ativa. A Acetil-CoA carboxilase então ativada catalisa a formação de malonil-CoA, considerado o

primeiro intermediário na síntese de ácidos graxos, pois ele inibe a enzima carnitina palmitoil transferase I (CPT-1), impedindo desta forma a entrada de ácidos graxos na matrix mitocondrial e sua oxidação (LEHNINGER; NELSON; COX, 2000).

Um aumento na oxidação de carboidrato durante o exercício também se dá pelo aumento na intensidade, ou seja, exercícios de intensidades mais elevadas apresentam uma maior oxidação de carboidrato quando comparado aos de intensidade moderada (ROMIJN et al., 1993).

O estudo de Willis, Ganley e Herman (2005), analisou a oxidação de substratos durante a caminhada em 12 adultos, com idade de $30,0 \pm 2,6$ anos, sob condições de jejum de 12 horas. Os indivíduos caminhavam na esteira a uma velocidade de 3,2 Km/h durante 10 minutos, e então a velocidade era aumentada a cada 10 minutos com incremento de 0,8 Km/h a cada estágio, até que fosse atingida a velocidade de 7,2Km/h, totalizando 60 minutos de caminhada. Por meio da calorimetria indireta, foi observado que em velocidades inferiores a 4,8 Km/h, embora tenha havido um aumento gradual e linear na taxa de oxidação de carboidrato de 3,2 a 4,8 Km/h, a oxidação deste substrato permaneceu muito baixa, sendo a maior contribuição energética advinda da oxidação lipídica. Já a velocidades acima de 4,8 Km/h, a oxidação de carboidrato aumenta de forma abrupta, tornando-se a fonte primária de energia.

Uma diminuição no pH observada em exercícios intensos pode fornecer uma importante relação entre um aumentado fluxo glicolítico e uma redução da oxidação lipídica (SPRIET; WATT, 2003). Starrit et al. (2000) analisaram a sensibilidade da atividade da enzima CPT-1 em condições metabólicas de repouso e exercício físico. A atividade máxima desta enzima foi mensurada em mitocôndria isolada de músculo esquelético humano em repouso, e foi demonstrado que uma pequena diminuição no pH induz grandes reduções na sua atividade, podendo assim contribuir para uma diminuição do metabolismo lipídico, que é

observado durante exercícios de moderada e alta intensidade. Entretanto, parece que a atividade da CPT -1 não é afetada pelo gênero e maiores atividades desta enzima são encontradas em indivíduos treinados aerobicamente quando comparado a destreinados, em ambos os sexos, e isto parece ser o resultado de um aumentado conteúdo mitocondrial. Esta adaptação bioquímica explica em parte uma maior oxidação lipídica encontrada em indivíduos treinados em relação aos destreinados quando ambos se exercitam na mesma intensidade relativa de esforço físico (BERTHON et al., 1998).

Roepstorff et al. (2005), avaliaram a oxidação lipídica em cicloergômetro com duração de 60 minutos à intensidade de 65% do VO_{2pico} , quando o mesmo era realizado com diferentes conteúdos de glicogênio muscular (baixo e alto conteúdo de carboidrato). Foi demonstrado que a oxidação lipídica aumentou durante o exercício para as duas condições quando comparado ao repouso, mas uma diferença estatística na oxidação lipídica durante o exercício foi observada quando o mesmo foi realizado com diferentes conteúdos de glicogênio muscular, sendo encontrada uma maior taxa de oxidação de lipídeos quando o exercício foi realizado com baixo conteúdo de glicogênio muscular. Houve também uma diminuição na concentração de malonil-CoA nas duas condições durante o exercício. Embora tenha sido observada tendência de uma maior diminuição na concentração de malonil-CoA na condição de baixo conteúdo de glicogênio muscular em relação ao de alto conteúdo, esta diferença não foi significativa. Nesse sentido, sugere-se que a oxidação lipídica durante exercício prolongado em intensidade moderada, com diferentes conteúdos de glicogênio muscular possa ser regulada por outros fatores de maior importância do que somente a concentração de malonil-CoA, como por exemplo, as concentrações musculares de carnitina livre. O embasamento dessa regulação se dá pelo fato da diferença estatística encontrada na oxidação de lipídeos entre as duas condições durante o exercício, sem uma concomitante diferença estatística na concentração de malonil-CoA.

Assim, alterações nas quantidades e nos tipos de substrato disponível durante o exercício apresentam alguns efeitos no metabolismo lipídico (JENSEN, 2003).

É também sugerido que o aumento na concentração plasmática de adrenalina e noradrenalina em resposta ao exercício é capaz de estimular a atividade da lipase hormônio sensível (HSL) no adipócito. Esses hormônios se ligam aos seus respectivos receptores, na membrana do adipócito, e estimula a adenilato ciclase, via proteína G, para produzir monofosfato de adenosina cíclico (cAMP) que, como segundo mensageiro, ativa a proteína cinase A. Esta por sua vez promove a fosforilação da HSL, enzima responsável pela lipólise no tecido adiposo (LEHNINGER; NELSON; COX, 2000). Contudo, parece que a atividade da HSL durante o exercício aeróbico é regulada por outros fatores além da adrenalina, especialmente nos minutos iniciais (O'NEILL et al., 2004) e desta forma fatores associados a contração muscular podem exercer um papel fundamental. A ativação induzida pela contração parece estar relacionada a um aumento na proteína cinase C associada com Ca^{2+} e/ou outros ativadores desconhecidos (WATT; SPRIET, 2004).

A ativação da HSL resulta na mobilização do triacilglicerol em ácidos graxos livres (AGL) e glicerol, sendo esses ácidos graxos posteriormente liberados na corrente sanguínea (SPRIET, 2002).

A utilização pelo músculo em atividade dos AGL irá depender de sua concentração plasmática e do fluxo de sangue ao músculo (SPRIET, 2002).

Uma reduzida disponibilidade exógena de AGL causa um aumento na ativação da piruvato desidrogenase (STELLINGWERFF et al., 2003) e na oxidação de carboidrato durante exercício aeróbico de intensidade moderada, com concomitante redução da oxidação de lipídeos (STELLINGWERFF et al., 2003; O'NEILL et al., 2004).

É importante destacar que embora as mensurações pelo QR forneçam uma estimativa do total de oxidação de carboidratos e lipídeos, não é possível determinar por este

método qual o sítio de utilização deste substrato, pois durante o exercício, carboidratos e lipídeos são derivados de ambas as localizações extras e intramusculares (WATT; HEIGENHAUSER; SPRIET, 2002).

O estudo de Bloomer (2005), comparou o gasto energético de um exercício aeróbico contínuo (em ciclo ergômetro a 70% do $VO_{2máx}$) e o resistido (exercício intermitente em agachamento, a 70% de 1RM), ambos realizados em uma sessão de 30 minutos, em homens treinados com idade de $24,3 \pm 3,8$ anos. Devido ao fato de o exercício resistido ter sido intermitente, com um intervalo de repouso entre as séries de 90-120 segundos, o tempo total gasto se exercitando neste exercício foi menor ($6,21 \pm 1,34$ minutos) quando comparado ao exercício aeróbico (30 minutos). Em relação ao gasto calórico total da sessão, o exercício aeróbico apresentou um maior custo energético ($441,92 \pm 16,98$ Cal) em relação ao exercício resistido ($269,21 \pm 13,09$ Cal). Essa discrepância do dispêndio energético pode então ser explicada pelo fato de os autores não terem equalizado o tempo de execução de exercício.

Peterson, Palmer e Laubach (2004), compararam o gasto energético de indivíduos do gênero masculino, com idade de $44,3 \pm 2,7$ anos, durante uma sessão de caminhada contínua em esteira por 30 minutos com três sessões de dez minutos de caminhada em esteira (intermitente), ambos na intensidade de 70% do $VO_{2máx}$. O exercício intermitente consistiu de três sessões de dez minutos, com um período de repouso entre as mesmas de quatro horas, durante a qual não se poderia ingerir cafeína, álcool ou nicotina. Em ambos os protocolos, os indivíduos permaneciam em jejum por no mínimo uma hora antes do teste, evitando-se a ingestão de qualquer bebida cafeinada. Os resultados mostraram que não houve diferença significativa no gasto energético total entre o exercício contínuo ($273,6 \pm 45,7$ Cal) e o intermitente ($278,5 \pm 46,6$ Cal).

É interessante ressaltar a grande discrepância do gasto energético entre os resultados de Bloomer e Peterson, quando os indivíduos foram submetidos a 30 minutos de exercício contínuo, ambos a 70% do $VO_{2\text{máx}}$.

O gênero pode ser considerado um fator capaz de promover diferentes gastos energéticos durante a realização de exercício físico, mostrando ser maior em indivíduos do gênero masculino quando comparado ao gênero feminino, quando ambos se exercitam na mesma intensidade relativa (WALLIS et al., 2006; KANG et al., 2007).

Um estudo interessante mostrou que a ordem em que exercícios mistos (alta/baixa intensidade versus baixa/alta intensidade) foram realizados não altera de forma significativa o gasto calórico e a oxidação de carboidrato, ao passo que a oxidação lipídica é mais favorecida quando o exercício é iniciado em alta intensidade seguido de baixa intensidade quando comparado à ordem inversa (KANG; SCHWEITZER; HOFFMAN, 2003).

4.4 Gasto Energético e Oxidação de Substratos Pós-Exercício

Após a realização de um exercício físico, os processos corporais, tais como frequência cardíaca, temperatura corporal, entre outros não retornam imediatamente aos níveis de repouso. A variação ocorrida no período de recuperação após um exercício leve, moderado e extenuante, resulta de processos fisiológicos e metabólicos específicos durante a recuperação após cada forma de esforço físico (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003). Assim, após a execução de uma sessão de exercício, seja ele aeróbio ou anaeróbio, a taxa metabólica permanece elevada em relação aos valores de repouso e acarreta em um aumento no VO_2 , até que o organismo retorne ao seu estado de equilíbrio (MATSUURA; MEIRELLES; GOMES, 2006).

O aumentado VO_2 encontrado após o exercício foi originalmente explicado pela hipótese do “déficit” de oxigênio. A base teórica para esta hipótese foi dada por Archibald Vivian Hill e Lupton's, no ano de 1923, os quais acreditavam que a maior parte do lactato formado durante o exercício era transformada em glicose, imediatamente após a interrupção do exercício; e que o restante era oxidado em dióxido de carbono e água. As proporções alocadas a esses processos eram de 80% do lactato sendo transformado em glicogênio, e os 20% restantes destinados à oxidação. Porém, em 1933 este conceito foi modificado graças ao estudo de Margaria, Edwards e Dill, ao estudarem o VO_2 e a cinética do lactato sanguíneo em humanos, durante e após o exercício em esteira, de curta duração e alta intensidade. Eles observaram neste estudo que a fase inicial do VO_2 da recuperação terminava antes de começar a cair a lactacidemia, ou seja, havia um declínio rápido inicial que não estava associado ao acúmulo de lactato. Portanto, estes pesquisadores introduziram o conceito dos componentes alático e láctico da dívida de oxigênio. Foi demonstrado que o declínio no lactato sanguíneo não ocorria imediatamente após o exercício, mas parecia acompanhar duas curvas que tinham ritmos separados. Eles concluíram também que o declínio rápido inicial no ritmo de VO_2 era de origem alática, e sugeriram que essa fase representava o resultado da reposição dos fosfagênios (ATP e fosfocreatina) no músculo. Já a parte láctica caracterizava-se por lento declínio do VO_2 no decorrer do tempo após o exercício. Por muitos anos soube-se que o elevado VO_2 durante a recuperação refletia bem mais do que a simples reposição do oxigênio que foi “pedido emprestado” durante o exercício, da transformação do lactato em piruvato, ou do reabastecimento das reservas de glicogênio imediatamente após o exercício. Por essa razão diversos autores sugeriram nomes que poderiam descrever de forma correta os eventos que ocorrem durante a recuperação. Foram propostos termos como: oxigênio da recuperação e consumo de oxigênio pós-exercício. Apesar de não haver concordância universal acerca da terminologia, consumo excessivo de oxigênio após o exercício ou excess

post-exercise oxygen consumption (EPOC) foi sugerido como termo contemporâneo para a dívida clássica de oxigênio (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003).

O EPOC pode ser definido então como a quantidade global de oxigênio consumida durante a recuperação após um exercício, ou então como a quantidade de oxigênio consumida durante a recuperação acima daquela que teria sido consumida normalmente em repouso durante o mesmo período de tempo (FOSS; KETEVIAN, 2000; BORSHEIM; BAHR, 2003; LAFORGIA; WITHERS; GORE, 2006).

Este excesso de VO_2 pós-exercício consiste em um componente rápido e um componente lento. O componente rápido tem uma duração de 10 segundos a alguns minutos (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003; já o lento pode durar de alguns minutos a várias horas, dependendo do grau de distúrbio à homeostase causado pela atividade física. Os maiores valores de EPOC observados são na fase rápida, ou seja, nos minutos iniciais de recuperação. Durante o componente lento, os valores são bem menos pronunciados, embora nesta fase ainda existam processos visando à restauração da homeostasia, que, no entanto, requer uma menor captação de oxigênio quando comparado aos minutos iniciais de recuperação. Em essência, todos os sistemas fisiológicos ativados durante o exercício aumentam suas próprias necessidades particulares em termos de oxigênio durante a fase de recuperação em relação à condição pré-exercício (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003).

Portanto, o EPOC parece depender da extensão com que estes distúrbios metabólicos ocorrem como consequência do exercício físico, contribuindo assim para o excesso do consumo de oxigênio pós-exercício (MATSUURA; MEIRELLES; GOMES, 2006).

É importante ressaltar que o VO_2 apresenta uma relação direta com o gasto energético, pois se considera que a cada litro de oxigênio consumido, aproximadamente 5 Cal são geradas (MATSUURA; MEIRELLES; GOMES, 2006).

Alguns fatores, como: estado nutricional, nível de condicionamento físico, idade, gênero e composição corporal devem ser considerados de grande importância, pois representam características individuais potencialmente capazes de interferir no EPOC (MEIRELLES; GOMES, 2004). Igualmente importantes são as diversas variáveis associadas ao exercício físico, as quais também são capazes de influenciar no EPOC.

Com isso, os resultados encontrados na literatura que diz respeito à duração e magnitude do EPOC são muitos discrepantes. Enquanto alguns autores evidenciam que o EPOC pode permanecer por várias horas após o término de um exercício (BAHR et al., 1987), como demonstrado pelo interessante trabalho de Schuenke, Mikat e McBride (2002), os quais encontraram um VO_2 aumentado em relação aos níveis basais por até 38 horas após realização de uma sessão de 31 minutos de exercício resistido intenso, na forma de circuito, há também o relato de um EPOC com duração menor que 1 hora (SEDLOCK, 1994; SHORT; SEDLOCK, 1997).

Uma variável do exercício físico muito estudada é a duração, e alguns estudos demonstram que esta é capaz de influenciar na magnitude e duração do EPOC.

A fim de verificar o efeito da duração do exercício sobre o EPOC, Bahr et al. (1987), estudaram seis indivíduos do gênero masculino, que se exercitaram em dias separados por 20, 40 e 80 minutos a 70% do $VO_{2máx}$, em cicloergômetro. O VO_2 foi monitorado 24 horas pós-exercício e foi observado um aumento deste por um período de 12 horas para todas as durações de exercício quando comparadas à experimentação controle, entretanto nenhum aumento no EPOC foi visto após 24 horas do término das atividades. A magnitude do EPOC mostrou ser proporcional à duração do exercício, havendo desta forma um maior consumo de oxigênio pós-exercício para o exercício de maior duração.

Corroborando o estudo de Bahr et al. (1987), Quinn, Vroman e Kertzer (1994), também observaram um EPOC significativamente maior após exercício a 70% do $VO_{2máx}$ com

duração de 60 minutos quando comparado a durações inferiores (20 e 40 minutos) também realizadas a 70% do $VO_{2m\acute{a}x}$.

No estudo de Imamura et al. (2004), a duração do EPOC após exercício de intensidade moderada em ciclo ergômetro (60% do $VO_{2m\acute{a}x}$), porém com diferentes durações (30 e 60 minutos) mostrou ter um comportamento mais duradouro e de maior magnitude para o exercício realizado com maior duração ($116,1 \pm 79,8$ minutos e $5,0 \pm 2,0$ litros de O_2) do que para o de menor duração ($46,1 \pm 25,4$ minutos e $3,0 \pm 1,0$ litros de O_2). Estes achados sugerem que o exercício de maior duração é capaz de promover um maior e mais prolongado EPOC quando comparado ao de menor duração.

Já a intensidade do exercício tem sido sugerida ser a variável de maior impacto sobre o EPOC e desta forma exercícios de maior intensidade produzem uma maior magnitude e duração do EPOC do que exercícios de intensidades mais baixas (SMITH; NAUGHTON, 1993; THORNTON; POTTEIGER, 2002).

Phelain et al. (1997), mensuraram o EPOC por um período de três horas após exercício em cicloergômetro em alta (75% do $VO_{2m\acute{a}x}$) e baixa intensidade (50% do $VO_{2m\acute{a}x}$), ambos com similar dispêndio energético (500 Cal). Para o exercício de baixa intensidade, foi necessário $77,8 \pm 3,7$ minutos para o dispêndio de $490,4 \pm 2,3$ Cal. Já para o exercício de alta intensidade, a duração requerida para tal dispêndio foi menor, sendo necessários $50,9 \pm 2,3$ minutos para um gasto energético de $482,3 \pm 7,6$ Cal. O VO_2 seguindo o exercício de alta intensidade, mas não o de baixa intensidade (o qual teve uma duração de aproximadamente uma hora e meia) permaneceu elevado pelas três horas pós-exercício. A magnitude do EPOC no período de três horas foi significativamente maior após exercício de alta intensidade ($9,0 \pm 1,7$ litros; 41,0 Cal) quando comparado ao de baixa intensidade ($4,8 \pm 1,6$ litros; 22,0 Cal).

Contrário aos achados anteriores, os quais suportam a intensidade do exercício como sendo uma variável de grande potencial para a magnitude do EPOC, Chad e Quigley

(1991), examinaram o VO_2 pós-exercício seguindo uma sessão com duração de 30 minutos, em ciclo ergômetro, a níveis de intensidade variados (50 e 70% do $\text{VO}_{2\text{máx}}$), em cinco mulheres treinadas (ciclistas) e cinco destreinadas. O VO_2 pós-exercício foi mensurado por três horas e analisado nos minutos 15, 60, 105, 150 e 180. Independente da intensidade, o VO_2 em cada período pós-exercício analisado foi significativamente maior em relação aos valores pré-exercício para ambos os grupos. Entretanto ao final das três horas de recuperação, a média do VO_2 foi elevada por 105% (destreinados) e 135% (treinados) após 50% $\text{VO}_{2\text{máx}}$, ao passo que para o exercício a 70% $\text{VO}_{2\text{máx}}$ este aumento foi de 53% (destreinados) e 82% (treinados). Os autores atribuem este maior aumento após exercício a 50% $\text{VO}_{2\text{máx}}$ ao metabolismo lipídico mais pronunciado nesta intensidade.

Como observado, os exercícios utilizados nos estudos citados são de caráter dinâmico, mas sabe-se que o modo de exercício também representa uma variável capaz de influenciar no EPOC, e desta forma muitos estudos também vêm sendo realizados em exercícios resistidos para analisar o EPOC e o subsequente gasto energético durante o período de recuperação, e os resultados são os mais diversos possíveis.

Binzen, Swan e Manore (2001), verificaram um gasto energético de $33,4 \pm 5,1$ Cal no período pós-exercício após a execução de exercício resistido, onde eram realizadas três séries de nove exercícios a uma intensidade de 70% de 1RM, mais três séries de abdominais, com um intervalo de repouso entre cada série de um minuto e uma duração total da sessão de 45 minutos. Durante o período de recuperação (onde houve a mensuração por duas horas), um adicional de 6 litros de oxigênio (EPOC) foi consumido após o exercício em comparação à experimentação controle, com os indivíduos em repouso. Este VO_2 foi significativamente maior imediatamente após o exercício resistido, assim como nos tempos de 5, 30 e 60 minutos quando comparados com a experimentação controle. Entretanto não houve diferença significativa nos tempos 90 e 120 minutos pós-exercício. Portanto, este estudo sugere que 45

minutos de exercício resistido de alto volume é capaz de elevar o VO_2 pós-exercício por pelo menos 1 hora.

O estudo de Thornton e Potteiger (2002), por outro lado, encontrou um menor gasto energético de recuperação quando comparou dois exercícios resistidos, de diferentes intensidades, mas com um volume de trabalho equivalente. Uma sessão era tida como controle, em outra o indivíduo realizava duas séries de 15 repetições a 45% de 8RM, e em uma terceira sessão se fazia duas séries de 8 repetições a 85% de 8RM, sendo os protocolos constituídos por nove exercícios. Os autores observaram que o EPOC foi significativamente maior no exercício de alta intensidade quando comparado ao de baixa intensidade, em todos os momentos de mensuração e representou um gasto energético também maior para o exercício de maior intensidade.

Um gasto energético bem mais expressivo foi encontrado no estudo de Haltom et al. (1999), quando os indivíduos executaram dois circuitos de oito estações, envolvendo exercícios de membros superiores e inferiores, com um intervalo de repouso entre as estações de 20 segundos a uma intensidade de 75% de 20RM (o que equivaleu a 41,4% de 1RM). O gasto energético pós-exercício encontrado para o período de uma hora de mensuração foi de $52,0 \pm 3,0$ Cal.

Esta grande discrepância encontrada na literatura parece ser decorrente das inúmeras possibilidades de combinação entre as variáveis do exercício resistido e também das características individuais da amostra (MATSUURA; MEIRELLES; GOMES, 2006). Com isso, há uma dificuldade para a comparação e interpretação dos diversos resultados.

Quando o exercício resistido é executado na forma de circuito, o intervalo de recuperação entre cada estação também deve ser considerado. Haltom et al. (1999), examinaram o efeito de diferentes durações de intervalo de repouso entre as estações (20 segundos *versus* 60 segundos) sobre a resposta do EPOC, o qual foi mensurado por um

período de uma hora. Ambos os protocolos compreendiam dois circuitos de oito estações cada um, a uma intensidade de 75% de 20RM, compreendendo exercícios de membros superiores e inferiores. O VO_2 pós-exercício permaneceu significativamente elevado em relação aos valores pré-exercício para ambos os protocolos por uma hora, porém mostrou ser significativamente maior quando o exercício foi executado com um menor intervalo de repouso ($10,30 \pm 0,57$ litros/min) quando comparado ao maior intervalo de repouso ($7,40 \pm 0,39$ litros/min). Este achado também demonstra o efeito da intensidade sobre o EPOC, uma vez que o intervalo de recuperação entre as séries é uma das variáveis que determina a intensidade no exercício resistido (MEIRELLES; GOMES, 2004).

Interessantemente, neste mesmo estudo de Haltom et al. (1999), embora o gasto energético de recuperação tenha mostrado ser maior no protocolo de exercício de menor intervalo de repouso (20 segundos), quando o gasto energético total (exercício + recuperação) foi computado, o exercício executado com um intervalo de repouso de 60 segundos apresentou um gasto energético significativamente maior (277,23 Cal) em relação ao protocolo de 20 segundos (242,21 Cal). Desta forma, é importante que estudos incluam a análise do gasto energético durante a execução do exercício físico, assim como no período de recuperação.

Alguns pesquisadores também têm comparado o impacto do exercício resistido com o dinâmico, quando ambos têm uma duração similar. Os resultados têm apontado para um maior gasto energético durante o período de recuperação após realização de exercício resistido (BURLESON et al., 1998).

Especialmente dois fatores vêm sendo atribuídos ao fato de o exercício resistido produzir um maior EPOC quando comparado ao exercício dinâmico. O primeiro fator refere-se às respostas hormonais, que podem alterar o metabolismo, especificamente as catecolaminas, cortisol e hormônio do crescimento. O segundo refere-se ao dano tecidual

acompanhado do estímulo para a hipertrofia muscular, pois durante o exercício físico, especialmente o resistido, a síntese protéica é diminuída, porém pós-exercício acontece um mecanismo compensatório, em que o turnover proteico parece ser estimulado. Esse processo de síntese protéica requer uma alta demanda energética (6 ATPs por mol de peptídeo formado). Portanto, esse mecanismo pode contribuir para uma longa estimulação do gasto energético após o exercício (HALTOM et al., 1999).

Outro fator que também parece interferir no EPOC é o nível de treinamento do indivíduo. Indivíduos treinados apresentam um ritmo mais rápido do VO_2 da recuperação até a linha basal quando se exercitam na mesma intensidade absoluta ou relativa do exercício, quando comparados com seus congêneres destreinados. É muito provável que as adaptações induzidas pelo treinamento e que facilitam uma chegada rápida ao ritmo estável possam contribuir também para uma recuperação facilitada (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003).

Seguindo esta linha de raciocínio, alguns estudos foram conduzidos a fim de comparar o EPOC em indivíduos treinados e destreinados. Tem-se observado que a recuperação pós-exercício é mais rápida em indivíduos treinados, e desta forma, este tipo de população apresenta um EPOC menos duradouro quando comparado a indivíduos destreinados, quando exercitados na mesma intensidade relativa de esforço físico (SHORT; SEDLOCK, 1997).

Um fator de relevância que também deve ser considerado, pois é importante no controle ponderal da massa corpórea, diz respeito à oxidação de substratos que ocorre em resposta ao exercício resistido. (MEIRELLES; GOMES, 2004). Estudos têm demonstrado uma oxidação lipídica aumentada após uma sessão aguda de exercício quando comparada ao momento pré-exercício e/ou ao grupo controle (BINZEN; SWAN; MANORE, 2001; HENDERSON et al., 2007).

JAMURTAS et al. (2004), compararam a taxa de oxidação de substratos e o gasto energético de repouso após exercício em esteira a 70-75% do $VO_{2\text{máx}}$ e exercício com peso a 70-75% de 1RM, ambos com similar duração (60 minutos). O exercício com peso compreendeu a realização de quatro séries de 10 exercícios, onde os indivíduos realizavam o maior número de repetições possível em cada série. A mensuração das variáveis estudadas foi feita nos tempos pré-exercício, 10, 24, 48 e 72 horas pós-exercício. Em ambas as condições foram observados um aumento significativo no gasto energético de repouso quando comparado ao pré-exercício, sendo este aumento encontrado nos tempos 10 e 24 horas após o exercício a 70-75% de 1RM, ao passo que no exercício realizado a 70-75% $VO_{2\text{máx}}$ este aumento ocorreu em 10 e 48 horas após o término do mesmo. Além disso, em ambos os protocolos, houve uma redução no QR em 10 e 24 horas pós-exercício quando comparado às mensurações basais, sugerindo um aumento no gasto energético de repouso e na oxidação de lipídeos por no mínimo 24 horas pós-exercício. Vale ressaltar que os autores reportam que no presente estudo os indivíduos se exercitaram na mesma intensidade relativa de esforço, mas sabe-se que se exercitar a 70% do $VO_{2\text{máx}}$ não representa as mesmas respostas fisiológicas e metabólicas do que a 70% 1RM. Além disso, os autores não relatam uma variável de grande impacto no EPOC, que diz respeito ao tempo de intervalo dado entre cada série.

Corroborando com as observações acima, Orsmbec et al. (2007) verificaram um aumento significativo na lipólise, na taxa de oxidação lipídica e no gasto energético após uma sessão de exercício resistido quando comparado com o mesmo período de tempo no dia controle, em que não era realizado nenhum exercício.

Durante a recuperação, comumente ocorre uma substituição da utilização de substrato, onde os lipídeos se tornam o combustível predominante e tal comportamento metabólico tem como principal finalidade poupar o uso do carboidrato visto a necessidade de reabastecimento dos estoques de glicogênio (JAMURTAS et al., 2004).

Bosher et al. (2004), analisaram em indivíduos treinados, a oxidação dos substratos após realização de oito exercícios resistidos de três séries de 10 repetições a 70-75% de 1RM com intervalo de 60 segundos entre cada série, seguindo refeições de diferentes conteúdos de macronutrientes, que compreendiam: alta ingestão de gordura (HF), alta ingestão de carboidrato (HC) ou água (CON) para a condição controle. O consumo alimentar era efetuado 45 minutos após o término da sessão de exercício e a taxa de oxidação de substratos pós-exercício mensurada após 15 minutos do consumo alimentar, por um período de 165 minutos. Os autores não encontraram diferença significativa entre os diferentes consumos de macronutrientes após exercício em relação a oxidação total de carboidrato e gordura, embora as concentrações de insulina, glicose e triacilglicerol tenham mostrado ser influenciadas pelos diferentes conteúdos de macronutrientes.

Melanson et al. (2002), estudaram o efeito de diferentes intensidades de exercício no gasto energético de 24 horas e na oxidação de substratos, sob diferentes condições: um dia controle; um dia com exercício de baixa intensidade ($\sim 40\%$ do $VO_{2\text{máx}}$) e um dia com exercício de alta intensidade ($\sim 70\%$ do $VO_{2\text{máx}}$), ambos realizados em cicloergômetro e com um dispêndio energético de 400 Cal. durante as sessões. O tempo para tal dispêndio energético foi maior para o exercício de baixa intensidade ($111,9 \pm 2,5$ min) em relação ao de alta intensidade ($66,3 \pm 4,0$ min). O gasto energético de 24 horas foi significativamente elevado em ambos os exercícios quando comparado ao dia controle, entretanto quando a comparação foi feita entre os exercícios não foi observada diferença. Ainda, a oxidação de nutrientes de 24 horas não foi afetada pela intensidade do exercício.

Desta forma, apesar de alguns autores observarem uma maior oxidação lipídica após exercícios de alta intensidade quando comparados com exercícios de baixa intensidade por algumas horas pós-exercício (PHELAIN et al., 1997; SARIS; SCHRAUWEN, 2004),

parece que em 24 horas, a oxidação de substratos não é influenciada por diferentes intensidades de exercício físico (SARIS; SCHRAUWEN, 2004).

A magnitude e duração do EPOC têm sido identificadas como importantes componentes de um programa de perda de peso bem sucedido (SCHUENKE; MIKAT; MCBRIDE, 2002). Com isso, alguns estudos têm mencionado o efeito do EPOC auxiliando no emagrecimento. Porém vale ressaltar que embora as palavras obesidade e emagrecimento tenham aparecido com muita frequência na literatura, poucos são os estudos que realmente analisaram essas populações (FOUREAUX; PINTO; DÂMASO, 2006).

4.5 Conceito de Limiar Anaeróbio (AT)

Poucos conceitos no campo da ciência do exercício têm gerado tantos debates como do limiar anaeróbio (AT). As discordâncias entre os pesquisadores se dão não só pela inexistência de uma padronização semântica e metodológica, mas também pela falta de um consenso da base teórica do conceito de AT (SVEDAHL; MACINTOSH, 2003).

É importante reconhecer que a definição de AT é tida como conceitual e que os diversos meios existentes para detectar a intensidade de exercício associada ao AT tem resultado em uma gama de terminologias que são mais apropriadamente definições operacionais (SVEDAHL; MACINTOSH, 2003).

O AT foi proposto por Wasserman e Mcilory (1964), em um estudo onde eles queriam identificar uma intensidade de exercício que fornecesse uma substancial, porém ainda segura, quantidade de estresse físico para pacientes cardiopatas. O raciocínio deles foi que se um teste submáximo pudesse expor estes pacientes a determinado nível de estresse e de forma confiável, não haveria então necessidade de submetê-los a um teste máximo. Eles analisaram os valores obtidos para identificar a intensidade de exercício na qual parecia haver

uma limitação na habilidade do sistema cardiovascular em carrear oxigênio para o trabalho muscular. Frente a este momento de mudança de rota metabólica, Wasserman e Mcilory acreditavam que quando esta intensidade de exercício era atingida, havia um aumento substancial na concentração sanguínea de lactato. Além disso, foi observada diminuição plasmática de bicarbonato, visto que nestas condições, este é utilizado para tamponar o excesso de íons H^+ que como consequência acarreta em diminuição do pH. Ainda, observou-se um QR aumentado, devido a grande produção de dióxido de carbono resultante do tamponamento do ácido láctico pelo bicarbonato.

A definição conceitual de AT relaciona-se a mais alta intensidade de esforço físico que é mantida plenamente pelo metabolismo aeróbio, onde o consumo de oxigênio é suficiente para suprir toda a demanda metabólica. Sendo assim, esta é a intensidade de exercício acima da qual ocorre uma suplementação da via anaeróbia, com subsequente aumento na concentração sanguínea de lactato (WASSERMAN et al., 1973).

Outra definição conceitual para o AT refere-se a uma intensidade de trabalho físico acima da qual a concentração sanguínea de lactato aumenta de forma progressiva e desproporcional e em resposta a esta alteração, há um aumento não linear na ventilação, na produção de dióxido de carbono e no equivalente respiratório de oxigênio (WASSERMAN, 1987).

Em outras palavras, o AT corresponde a intensidade de esforço físico que representa a transição aeróbia-anaeróbia dos processos de produção de energia (STAINSBY 1986).

Nesta condição, acumula-se pouco ou nenhum lactato no sangue, pois a produção deste metabólito é equivalente à sua remoção (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003).

Beneke e Von Duvillard (1996), demonstraram que o ponto máximo de equilíbrio do lactato sanguíneo é dependente da modalidade esportiva realizada, encontrando desta forma diferentes valores de estabilização deste metabólito em atividades esportivas variadas. Eles também relataram neste estudo que a concentração em que ocorre a estabilização do lactato sanguíneo é dependente da quantidade de massa muscular envolvida na execução do padrão motor do movimento.

Os valores correspondente ao AT podem ser expressos pela intensidade de trabalho físico, dada em velocidade (BALIKIAN et al., 2002; SOUZA et al., 2003) ou carga de trabalho (OLIVEIRA et al., 2006) ou ainda em relação ao $VO_{2\text{máx}}$ (SCHNEIDER; MCGUIGGIN; KAMIMORI, 1992), os quais correspondem ao momento em que ocorre o AT durante um teste incremental.

4.5.1 Produção e/ou Acúmulo de Lactato durante o Exercício

A discussão acerca dos mecanismos celulares associados com a formação do lactato e o seu acúmulo no sangue provavelmente deverá continuar a ser debatido por muitos anos. Entretanto, há uma concordância no meio científico de que existe uma intensidade de exercício acima da qual o lactato irá se acumular no sangue (SVEDAHL; MACINTOSH, 2003).

É também de importância notar que embora o aparecimento do lactato no sangue seja o resultado de uma aumentada glicólise muscular, a concentração de lactato é sempre determinada pelo balanço entre produção e remoção. Conseqüentemente, um aumentado turnover do lactato muscular pode também ocorrer a menores intensidades de

exercício antes que haja um aumento na concentração sanguínea de lactato (CARSTEN, 1997).

4.5.2 Causas Associadas

Tal como a terminologia utilizada para caracterizar o AT, muita controvérsia também existe acerca das reais causas do acúmulo de lactato durante o exercício físico, e de um modo geral, elas podem ser classificadas como hipóxicas e não hipóxicas.

4.5.2.1 Teoria da Hipóxia Muscular

O aumento na concentração do lactato durante um exercício de intensidade crescente tem recebido grande atenção no contexto do AT e como exposto anteriormente, ele pode ser definido como a intensidade de exercício que está associada a um aumento substancial no lactato sanguíneo durante um teste de exercício crescente (SVEDAHL; MACINTOSH, 2003). Segundo Wasserman et al. (2004), este limiar é causado devido a um desequilíbrio entre o suprimento e o requerimento de oxigênio para o músculo exercitado, ou seja, uma hipóxia muscular. A hipótese para tal evento é que quando a intensidade de exercício aumenta, mais unidades motoras são recrutadas e conseqüentemente a demanda de oxigênio para o músculo ativo também aumenta. Em uma dada intensidade submáxima de esforço físico, a qual varia de indivíduo para indivíduo, o requerimento de oxigênio excede a capacidade da célula ofertar o oxigênio às mitocôndrias, se instalando neste momento uma hipóxia mitocondrial. Nesta condição de desbalanço, a glicólise anaeróbia aumenta para geração de energia, convertendo piruvato em lactato (WASSERMAN, 1987). O insuficiente aporte de oxigênio promove a inibição da cadeia transportadora de elétrons, comprometendo

assim a formação aeróbia de ATP e acarretando em um acúmulo de nicotinamida adenina de nucleotídeo (NADH). Este acúmulo inibe a lançadeira citoplasmática de NADH, aumentando sua concentração no citoplasma e diminuindo a concentração de NAD. O aumento na relação [NADH/NAD] reduz a atividade do ciclo de Krebs, refletindo em uma menor utilização do piruvato, que por sua vez se acumula na mitocôndria e posteriormente no citoplasma (LEHNINGER; NELSON; COX, 2000).

No citoplasma, o piruvato torna-se aceitador de H^+ da coenzima NADH, e desta forma se oxida, ao passo que ocorre uma reação de redução de piruvato a lactato (WASSERMAN et al., 2004). Visto que a produção aeróbia de ATP se encontra reduzida, ocorre um grande acúmulo de adenosina difosfato (ADP) e fosfato inorgânico (P_i). O acúmulo de P_i intramuscular resulta das condições celulares caracterizadas por uma taxa de demanda de ATP que excede a taxa com que o ATP é fornecido pela respiração mitocondrial (ROBERGS; GHIASVAND; PARKER, 2004). Vale ressaltar que estes metabólitos são potentes estimuladores da via glicolítica, que por sua vez terá sua atividade aumentada e conseqüentemente uma maior produção de lactato irá ocorrer, a qual se acumulará tanto na célula como no sangue (LEHNINGER; NELSON; COX, 2000).

A redução de piruvato a lactato pela enzima lactato desidrogenase é essencial para regenerar NAD^+ para que a glicólise possa continuar no músculo esquelético ativo e também nas hemácias, visto que a incapacidade de regenerar o NADH em NAD^+ deixaria a célula sem receptor de elétrons para a oxidação do gliceraldeído-3-fosfato e as reações liberadoras de energia da glicose cessariam. Ainda, a produção de lactato também consome dois prótons, e por definição retarda a acidose (ROBERGS; GHIASVAND; PARKER, 2004; WASSERMAN et al., 2004).

4.5.2.2 Evidências contrárias à Hipóxia Muscular

Não há dúvida que quando a disponibilidade de oxigênio é limitada, o ácido láctico deverá ser formado no músculo, contribuindo assim para o fornecimento de energia. Entretanto, é importante considerar se o ácido láctico pode ser formado no músculo mesmo em condições de adequada disponibilidade de oxigênio (SVEDAHL; MACINTOSH, 2003).

Assim, as evidências contrárias à teoria da hipóxia muscular afirmam que diversos fatores podem promover a formação de ácido láctico no músculo durante a realização de um exercício submáximo, tais como uma acelerada glicólise e glicogenólise, as quais são resultantes de elevações nos níveis plasmáticos de adrenalina (FEBBRAIO et al., 1998).

Partindo deste pressuposto, Mazzeo e Marshall (1989), investigaram a relação entre as catecolaminas plasmáticas e o limiar de lactato em corredores e ciclistas, durante exercício incremental e nenhuma diferença significativa foi encontrada entre o ponto de inflexão da concentração plasmática de adrenalina e de lactato plasmático, quando expressas como porcentagem do $VO_{2máx}$.

Outra possível razão para a aumentada formação de ácido láctico no músculo é a inadequada transferência dos equivalentes redutores à mitocôndria. Sob essa circunstância, a formação de ácido láctico pode ajudar a manter a relação $NAD^+/NADH$ no citoplasma, evitando desta forma o acúmulo de NADH citoplasmático (ROBERGS; GHASVAND; PARKER, 2004).

4.5.3 Transporte de Lactato Transmembrana e Remoção

O músculo esquelético é o principal produtor e consumidor de lactato no corpo. Ao mesmo tempo em que ele produz, ele remove. Durante o exercício físico, o lactato produzido por este tecido entra em uma via metabólica denominada neoglicogênese, especialmente em fibras de contração rápida, as quais são capazes de converter o lactato em glicogênio 3 a 4 vezes mais rápido do que as fibras de contração lenta. Em adição, pequenas quantidades de lactato podem ser convertidas a malato ou alanina, ou então o lactato pode ainda ser oxidado. A mais alta capacidade para a oxidação, a qual representa quantitativamente a medida mais importante de remoção do lactato em humanos, é encontrada em fibras de contração lenta, onde a oxidação máxima do lactato é 2 a 4 vezes maior do que nas fibras de contração rápida (CARSTEN, 1997). A via metabólica denominada neoglicogênese pode ser definida como a produção de glicose a partir de precursores que não são carboidratos, tais como lactato, piruvato, glicerol e a maioria dos aminoácidos. Nos mamíferos, a neoglicogênese ocorre predominantemente no fígado e em menor extensão no córtex renal e coração, e a conversão dos precursores não-glicídicos em glicose, vai para a circulação servir como fonte de energia para outros órgãos (LEHNINGER; NELSON; COX, 2000).

O lactato produzido difunde-se para fora do músculo esquelético ativo, sendo transportado pela circulação até diferentes tecidos, tais como coração e fígado, onde este metabólito é oxidado. Uma vez dentro destas células bem oxigenadas, o lactato pode voltar a piruvato e ser metabolizado pelo Ciclo de Krebs e fosforilação oxidativa para geração de ATP. A utilização de lactato ao invés de glicose por estas células torna a glicose circulante disponível para as células musculares ativas. Este excesso de lactato produzido também pode ter como destino o fígado, onde é primeiramente convertido a piruvato e então em glicose

pela neoglicogênese. Assim, o fígado reestabelece os níveis de glicose no sangue necessários para as células musculares ativas captarem esta glicose e então utilizar como fonte energética. Estas reações de síntese de lactato e sua conversão em glicose pelo fígado constituem o Ciclo de Cori (BERG; TYMOCZKO; STRYER, 2008).

A transferência do lactato de um músculo para outro, ou o transporte deste metabólito do músculo para o sangue depende teoricamente de uma barreira denominada sarcolema, a qual desempenha o fator determinante para o transporte do lactato entre os compartimentos corpóreos (CARSTEN, 1997). O fluxo de lactato pelo sarcolema das células ocorre por meio de difusão facilitada, envolvendo proteínas transportadoras específicas de lactato, as quais pertencem à família dos transportadores de monocarboxilatos ligados à prótons. Esse sistema de transportadores desempenham papel importante na regulação do pH do músculo esquelético e são bidirecionais, capazes de transportar lactato para fora ou para o interior das células musculares, dependendo do gradiente de íons hidrogênio (H^+) (ASTRAND et al., 2006).

Além disso, o músculo possui diversas isoformas desse sistema de cotransportadores de próton-lactato, os quais são comumente conhecidos como transportadores monocarboxílicos (MCTs) e compreendem aproximadamente 14 isoformas. Entretanto, o transporte de lactato/ H^+ no músculo esquelético é altamente atribuído as isoformas MCT1 e MCT4 (BISHOP et al., 2007). A expressão do MCT1 é altamente correlacionada com a capacidade oxidativa do músculo esquelético (AREND, 2000) e com a proporção de fibras de contração lenta, sendo altamente regulada pelo treinamento de endurance. Já a expressão do MCT4 é aumentada seguindo um treinamento intenso, sendo altamente relacionada à proporção de fibras de contração rápida e índices do metabolismo glicolítico (METZ et al., 2008).

4.5.4 Aplicabilidade e Métodos para a Identificação do AT

Atualmente, o AT é um parâmetro que tem sido aceito como referência de aptidão aeróbia (WASSERMAN; MCILORY, 1964), além de ter grande importância para prescrição e controle de intensidades do treinamento físico, sendo desta forma alvo de diversas investigações dentro da área de Fisiologia do Exercício, superando inclusive o $VO_{2\text{máx}}$ (OKANO et al., 2006).

Dada a sua relevante importância, diferentes protocolos de avaliação têm sido propostos para identificar a intensidade de exercício associada ao AT, tais como: limiar de lactato (LL) (FARREL et al., 1979), limiar anaeróbio individual (IAT) (STEGMANN; KINDERMANN; SCHNABEL, 1981), lactato mínimo (Lacmín) (TEGTBUR; BUSSE; BRAUMANN, 1993), máxima fase estável de lactato (MLSS) (STEGMANN; KINDERMANN, 1982), VOBLA (onset of blood lactate accumulation velocity) (SJODIN; JACOBS, 1981), entre outros. Pelo fato dessa intensidade constituir uma demarcação funcional, a partir da qual várias alterações fisiológicas e metabólicas ocorrem, muitas são as variáveis sugeridas na literatura e que possibilitam a determinação do AT. Conseqüentemente, além da resposta do lactato sanguíneo ao exercício físico, estudos têm mostrado que o AT também pode ser identificado por meio de dosagens hormonais (MAZZEO; MARSHALL, 1989), glicêmicas (SIMÕES et al., 1998) e por parâmetros respiratórios (WASSERMAN et al., 1973). Os métodos para a sua identificação são aplicados tanto a exercícios dinâmicos (SJODIN; JACOBS, 1981; OKANO et al., 2006) como a exercícios resistidos incrementais (AGOSTINI, 2000; OLIVEIRA et al., 2006; MOREIRA et al., 2008).

4.5.4.1 Análise do Lactato Sangüíneo

Há uma grande variedade de protocolos existentes na literatura para determinar a intensidade em que ocorre o AT a partir do lactato sangüíneo (STEGMANN; KINDERMAN, 1982; MCLELLAN; JACOBS, 1993), os quais diferem entre si no que diz respeito às técnicas utilizadas tanto na aplicação da bateria de testes (SIMÕES, 2002), como nas coletas sangüíneas (CAIOZZO et al., 1982; BERRY et al., 1991; AUNOLA; RUSKO, 1992; AHMAIDI et al., 1993).

A mensuração do lactato plasmático é sem dúvida a forma mais comumente utilizada para tal fim e a grande variação entre os inúmeros estudos vai além dos aspectos citados acima, englobando também os critérios adotados como valores médios de referência da lactacidemia. Assim, enquanto alguns autores identificam seu valor ao redor de 1mM/l (CAIOZZO et al., 1982; POOLE; GAESSER, 1985) outros consideram um valor bem superior, da ordem de 4mM/l (SJODIN; JACOBS, 1981; HECK et al., 1985; AHMAIDI et al., 1993)

A MLSS é tida como padrão de referência para determinação do AT e o critério comumente aceito para predizê-la é definido como a mais alta intensidade de esforço físico na qual há uma alteração na concentração do lactato sangüíneo de não maior que 1mM entre o vigésimo e o trigésimo minuto de exercício com intensidade constante (SVEDAHL; MACINTOSH, 2003).

Entretanto, critérios mais rigorosos têm sido utilizados em alguns estudos, tais como alterações na concentração de lactato sangüíneo que não ultrapassem 0,2 a 0,5 mM (HAVERTY; KENNEY; HODGSON, 1988; ALMARWAEY; JONES; TOLFREY, 2004). Além disso, o incremento na intensidade de exercício que é necessária para refletir de forma acurada a MSSL não tem sido estabelecido (SVEDAHL; MACINTOSH, 2003).

Não obstante, embora a máxima fase estável do lactato seja considerada uma metodologia de alta confiabilidade, a mesma apresenta uma desvantagem por ser um procedimento que requer alguns dias para sua determinação. Por esta razão, grande atenção tem sido dada a protocolos de exercício incremental, que permitem através de uma única sessão, a identificação do AT (RIBEIRO, 2002).

Partindo do pressuposto de que uma alteração na utilização de substratos e nos parâmetros ventilatórios decorrentes de algum fator causal podem influenciar a determinação dos limiares de lactato e ventilatório, BERRY et al. (1991), analisaram o efeito de uma ingestão prévia de cafeína na identificação dos respectivos limiares. Foi demonstrado neste estudo que o uso do limiar ventilatório como um indicador do limiar de lactato pode ser inapropriado se seguido de uma ingestão prévia de dosagens moderadas de cafeína.

Yoshida (1984), analisou o efeito de modificações dietéticas (dieta mista e dietas com alto e baixo conteúdo de carboidrato) sobre a identificação do limiar de lactato e do OBLA (com valor fixo de 4mM/l). Ele encontrou que as alterações dietéticas não influenciaram na determinação do limiar de lactato, ao passo que o OBLA foi afetado. Assim, as condições alimentares deveriam ser consideradas quando o OBLA é determinado por meio do valor fixo de 4mM.

4.5.4.2 Análise das Catecolaminas Plasmáticas

As catecolaminas (adrenalina e noradrenalina) são potentes estimuladoras do metabolismo energético. Durante o exercício físico, o sistema simpático adrenal é ativado, resultando em elevações em suas concentrações (BORSHEIM et al., 1998; O'NEILL et al., 2004; ROEPSTORFF et al., 2005).

A adrenalina desempenha importante papel no controle da glicogenólise muscular. Inicialmente há um aumento nas concentrações de monofosfato de adenosina cíclico (cAMP) em resposta ao estímulo pela adrenalina. Esta elevada concentração de cAMP ativa a proteína quinase dependente de cAMP, também chamada de proteína quinase A (PKA). A seguir, a PKA fosforila e ativa a fosforilase *b* quinase que catalisa a fosforilação do resíduo de serina presente em cada uma das subunidades idênticas da fosforilase do glicogênio, ativando-a e, assim, estimulando a quebra do glicogênio. De forma resumida, este hormônio converte a fosforilase *b* do glicogênio (forma menos ativa) em fosforilase *a* (forma mais ativa). Como consequência, há um aumento da oferta de glicose para a via glicolítica, aumentando assim a produção muscular e concentração sanguínea de lactato (LEHNINGER; NELSON; COX, 2000). Partindo desse pressuposto, Mazzeo e Marshall (1989), encontraram em seu estudo uma relação causal entre a inflexão das concentrações de adrenalina plasmática e o limiar de lactato sanguíneo durante um teste progressivo, sugerindo desta forma a existência de uma inter-relação entre o limiar de lactato e o limiar de catecolaminas.

Por outro lado, Schneider, McGuiggin e Kamimori (1992), não encontraram similaridade entre os limiares de catecolaminas (adrenalina e noradrenalina) e de lactato em indivíduos destreinados. Foi demonstrado neste estudo que o limiar de lactato ocorreu em cargas menores que o limiar de catecolaminas, sugerindo que estes resultados não são consistentes com a hipótese de que o aumento nos níveis de catecolaminas durante um exercício incremental é um dos determinantes do limiar de lactato.

4.5.4.3 Análise da Glicose Sanguínea

Durante a realização de um exercício físico, o organismo sofre diversas alterações, tais como o aumento da atividade de alguns hormônios, dentre eles as

catecolaminas (adrenalina e noradrenalina), glucagon e hormônio do crescimento, os quais contribuem para os ajustes fisiológicos necessários para que haja a continuidade do exercício físico (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003).

Tanto as catecolaminas como os hormônios citados acima apresentam respostas mais exacerbadas em exercícios realizados em intensidades acima do limiar anaeróbio e possuem papel hiperglicemiante. Assim, se durante o exercício a intensidade do mesmo for alta, os estoques de glicogênio são solicitados, em resposta aos estímulos hormonais como a secreção de glucagon, catecolaminas e hormônio do crescimento, promovendo glicogenólise e gliconeogênese hepática e desta forma aumentando a concentração sanguínea de glicose (GOMES; GUERRA; TIRAPEGUI, 2005).

Além dos ajustes endócrinos citados acima, há também um aumento da atividade do sistema nervoso simpático durante o exercício físico, que resulta tanto em glicogenólise quanto em aumento na produção de ácido láctico (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003).

Em exercícios de intensidades baixa e moderada, ou seja, sub-limiare, a atividade glicogenolítica não está tão elevada, e neste momento, a captação de glicose pelas células sobrepõe à produção de glicose pelo fígado, promovendo uma lenta redução da glicemia. Já quando o exercício é executado em intensidades supra-limiare, ocorre um aumento pronunciado da liberação dos hormônios hiperglicemiantes, assim como de uma atividade neural simpática para o fígado, resultando assim no aumento acentuado na produção de glicose hepática. A partir deste momento, a glicemia apresenta uma elevação semelhante à da lactacidemia na medida em que a intensidade do exercício aumenta (SIMÕES 2002).

Estas sustentações teóricas têm sido utilizadas para explicar a possibilidade de se determinar o AT a partir da glicemia. O estudo de Northuis, Hahvorsen e Leon (1995),

realizado com corredores em esteira, foi o pioneiro em demonstrar uma possível relação de causa-efeito no comportamento glicêmico durante um exercício incremental.

Entretanto, a identificação do AT por este parâmetro só veio a ser estudada primeiramente pelo estudo de Simões (1997), o qual corresponde à menor taxa da glicose sanguínea (menor valor glicêmico) antes do aumento abrupto que ocorre após este ponto.

Souza et al. (2003), compararam a velocidade associada à 4mmol.l⁻¹ de lactato sanguíneo com as velocidades do lactato mínimo e da glicemia mínima, em teste de pista com indivíduos não atletas. Para a determinação do lactato mínimo e glicemia mínima, os mesmos realizaram inicialmente um sprint de 150 metros e após um descanso de 10 minutos efetuaram 8 séries progressivas de 800 m a velocidades entre 84% e 98% da velocidade média de 3 Km, com intervalo de um minuto entre as séries. Já a identificação da velocidade correspondente à concentração fixa de 4mmol.l⁻¹ de lactato sanguíneo foi obtida por meio de duas séries de corrida de 1200 metros em pista, a intensidades de 85% e 100%, respectivamente, da velocidade média de 3km, com um intervalo de 10 minutos entre as mesmas. Foi observada uma alta correlação entre a velocidade de corrida com concentração fixa de 4mmol.l⁻¹ de lactato sanguíneo e as velocidades do lactato mínimo e glicemia mínima, bem como entre a velocidade de lactato mínimo e glicemia mínima, pelo protocolo proposto.

Há também a possibilidade de identificação do limiar glicêmico em exercício resistido, o qual parece apresentar uma alta correlação com o limiar lactacidêmico. Igualmente ao exercício dinâmico, o limiar glicêmico no exercício resistido corresponde ao menor valor da glicemia. Esta identificação foi demonstrada pela primeira vez no estudo de Oliveira et al. (2006), os quais estudaram os exercício supino reto e leg press 45°. Os indivíduos eram submetidos primeiramente ao teste para determinação de uma repetição máxima (1RM) e posteriormente realizavam um teste incremental, onde o fracionamento das

cargas era dado de forma percentual em relação à carga máxima. A duração total de cada estágio foi de 1 minuto, com um total de 20 repetições por estágio e um intervalo entre os mesmos de 2 minutos para o acréscimo das cargas, sendo as coletas sanguíneas (para dosagem da concentração de lactato e glicose) feitas durante o primeiro minuto de recuperação após o final de cada estágio. O término do teste foi dado pela incapacidade de realização do movimento dentro da biomecânica correta ou incapacidade de realizar o número de repetições completas no tempo pré-estabelecido. Foi demonstrado que as intensidades relativas aos limiares glicêmicos e lactacidêmicos para ambos os exercícios não diferiram e foram altamente correlacionadas.

4.5.4.4. Parâmetros Respiratórios

Com o objetivo de identificar o início da acidose metabólica (metabolismo anaeróbio) por meio de indicadores não invasivos, Wasserman et al. (1973) estudaram as alterações das variáveis respiratórias em 85 indivíduos, de 17 a 91 anos de idade, durante um teste incremental, com o uso de um analisador de gases. Eles demonstraram que o AT pôde ser identificado pelo ponto de: um aumento não linear no VCO_2 e na ventilação, assim como um aumento no quociente respiratório (QR). Destas mensurações, o QR foi encontrado ser o menos sensível, portanto não deve ser utilizado para tal fim isoladamente.

O ácido láctico formado no músculo esquelético em exercício, como consequência da atividade da glicólise anaeróbia, é rapidamente difundido e transportado para a corrente sanguínea, onde os íons H^+ , provenientes da dissociação do ácido láctico irão ser tamponados pelo bicarbonato de sódio (WASSERMAN et al., 1973). O resultado desta reação é a formação do ácido carbônico (H_2CO_3). Dada sua alta volatilidade, este ácido, na presença

da enzima anidrase carbônica, logo se dissocia em gás carbônico e água. O resultado desta reação é uma elevação da pressão parcial de dióxido de carbono ($p\text{CO}_2$), instalando-se uma situação de hipercapnia. Como o controle da $p\text{CO}_2$ é realizado eficientemente pelo sistema respiratório, graças à existência dos quimiorreceptores centrais e periféricos sensíveis ao dióxido de carbono e ao íon H^+ , esse aumento na $p\text{CO}_2$ reflete em uma alteração do padrão ventilatório. Com isso ocorre um aumento na ventilação para eliminar a aumentada produção de dióxido de carbono (GUYTON; HALL, 2006). A produção de dióxido de carbono, que antes do AT aumentava de maneira linear, é dita ser “puramente” respiratória, pois é produzida pelo ciclo de Krebs e quando passa a aumentar de forma exponencial, ou seja, após o AT, é um resultado da soma do dióxido de carbono respiratório com o dióxido de carbono metabólico, sendo este último produzido pelo tamponamento do ácido láctico (WASSERMAN, 2004).

Desta forma, durante a realização de exercícios de intensidades progressivas, como nos testes incrementais, a mudança de um comportamento linear para um comportamento exponencial no aumento da ventilação em relação à intensidade de esforço físico, tem sido utilizada para determinar a intensidade de exercício que está associada ao AT (WASSERMAN; MCILORY, 1964).

Outra forma de se detectar a intensidade de exercício correspondente ao AT por parâmetros respiratórios é através do equivalente respiratório de O_2 (Ve/VO_2), que representa a razão entre a ventilação e o VO_2 .

Caiozzo et al. (1982), demonstraram que dentre as variáveis respiratórias (QR, ventilação, VCO_2 e Ve/VO_2), o Ve/VO_2 fornece o mais sensível e confiável parâmetro para detecção do AT.

Um estudo realizado por Gaesser e Poole (1986), mostrou que um treinamento de endurance efetuado à 70-80% do $\text{VO}_{2\text{máx}}$, o qual foi determinado previamente em conjunto

com a identificação do limiar de lactato e limiar ventilatório (sendo que estes limiares não mostraram ser significativamente diferentes), após um período de três semanas foi capaz de aumentar a intensidade no momento do limiar de lactato, ao passo que a intensidade associada ao limiar ventilatório não sofreu nenhuma alteração, embora tenha ocorrido reduções significantes nas respostas ventilatórias.

Ainda dentro da contextualização do limiar ventilatório como um indicador do limiar de lactato, alguns estudos, como de Berry et al. (1991), demonstraram que uma ingestão prévia de dosagens moderadas de caféina pode ser potencialmente capaz de influenciar na intensidade do limiar ventilatório, mas não do limiar de lactato.

5. CASUÍSTICA E MÉTODOS

5.1 Amostra

Participaram do estudo 8 indivíduos, do gênero feminino, saudáveis e fisicamente ativas em diferentes modalidades esportivas. As características antropométricas e de composição corporal das voluntárias estão apresentadas na tabela 5.1.1, sendo os dados expressos em média e desvio padrão, assim como em valor mínimo e máximo, para cada variável.

Tabela 5.1.1 - Dados Antropométricos e de Composição Corporal

	Idade	Estatura	Massa Corpórea	IMC	MLG	MG	%GC
Média	24,67±1,15	166,33±8,5	55,13±5,14	19,97±1,19	43,2±2,09	11,93±3,45	21,47±4,55
Mín.	24,00	160,00	50,40	19,97	41,80	8,20	16,30
Máx.	26,00	176,00	60,60	21,30	45,60	15,00	24,90

Valores expressos em média ± DP, com seus respectivos valores mínimo (mín.) e máximo (máx.). A estatura está expressa em centímetros (cm); Massa Corpórea (Kg); Índice de Massa Corporal - IMC (Kg/m^2); Massa Livre de Gordura - MLG (Kg); Massa Gorda – MG (Kg) e Porcentagem de Gordura Corporal % GC (%).

Alguns critérios de inclusão e exclusão foram estabelecidos para selecionar o perfil da amostra.

Crítérios de Inclusão

- Gênero Feminino;
- Idade de 19 a 28 anos;
- Índice de Massa Corpórea (IMC) de 18,5 a 24,9 Kg/m^2 , ou seja, eutróficas;
- Praticantes de algum tipo de exercício físico há pelo menos seis meses e com frequência de no mínimo três vezes na semana.

Crterios de Excluso

- Tabagistas
- Uso de qualquer medicamento (exceto anticoncepcional) ou suplemento alimentar, principalmente os destinados perda de apetite ou reduo da massa corporal;
- Presena de patologias que possam interferir no metabolismo, tais como diabetes, dislipidemias e anemia;
- Presena de problemas articulares que impossibilite a realizao de exerccio fsico;
- Adeptas a algum tipo de dieta especfica (ex: dieta do tipo sangneo, dieta vegetariana, entre outras).

5.2 Comit de tica

Todas as participantes assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (anexo A) e o projeto de pesquisa foi apreciado pelo Comit de tica em Seres Humanos, da Universidade Federal de So Carlos (parecer N 337/2008), sendo todo o procedimento experimental realizado no Laboratrio de Fisiologia do Exerccio desta Instituio.

5.3 Anamnese

Inicialmente foi aplicada uma anamnese (anexo B), na qual foram coletados dados referentes identificao, escolaridade, prtica de exerccios fsicos, hbitos sociais, uso de medicamento e histrico clnico. As voluntrias que responderam a todos os critrios

de maneira satisfatória retornaram ao laboratório, em outro dia, em estado de jejum de 10-12 horas, para a realização dos exames de hemograma, lipidograma e glicemia, a fim de confirmar a ausência de patologias que pudessem vir a interferir no estudo (Anemia, Dislipidemia e Diabetes Mellitus).

5.4 Composição Corporal e Antropometria

As medidas de composição corporal foram realizadas pela técnica de Bioimpedância Elétrica (BIA) (*Tanita*, modelo TBF-310) ao início do estudo, para a caracterização da amostra quanto à massa livre de gordura, massa gorda, porcentagem de gordura corporal e massa corpórea. O período da fase menstrual foi estabelecido para a não realização da BIA, para se ter uma maior confiabilidade dos resultados.

Ainda em relação ao procedimento da BIA, alguns cuidados adicionais foram adotados para a realização do teste com o intuito de evitar eventuais fontes de erros, tais como:

- a) não realizar exercícios físicos a menos de doze horas do teste;
- b) urinar pelo menos 30 minutos antes do início do teste;
- c) não ingerir bebida alcoólica nas últimas 48 horas.

Para a mensuração da estatura foi utilizado um estadiômetro (*Seca*), com precisão de um milímetro. A partir da massa corpórea e estatura, foi calculado o IMC de cada voluntária, visto este ser um dos parâmetros para inclusão no estudo.

5.5 Teste de Determinação da Carga Máxima

Todas as voluntárias passaram por um dia de adaptação nos oito exercícios resistidos estudados: mesa extensora, puxador costas, pulley tríceps, mesa flexora, supino reto, rosca bíceps, leg press 45° e desenvolvimento (todos da marca *Reforce*), a fim de aprenderem a biomecânica correta de execução do movimento, que foi realizado no dia anterior ao início do teste de determinação da carga máxima ou 1 repetição máxima (1RM).

Previamente ao início das tentativas de determinação da carga máxima, as voluntárias realizaram uma série de 20 repetições de aquecimento específico, com carga bastante baixa.

Após um intervalo de repouso de cinco minutos, era adicionada uma carga supostamente próxima da capacidade máxima do indivíduo, em que o mesmo deveria ser capaz de executar pelo menos uma repetição completa.

Caso a primeira carga fosse inferior à máxima, e desta forma a voluntária realizasse mais de um repetição, era adicionada uma carga superior à anterior e um intervalo de recuperação de cinco minutos era adotado para a próxima tentativa. Por outro lado, se a voluntária não conseguisse realizar uma repetição completa, sendo esta carga, portanto, supraestimada, uma nova tentativa era dada com uma carga inferior à anterior, após um intervalo de recuperação também de cinco minutos.

Este teste era realizado até o momento em que a voluntária conseguisse executar somente uma repetição completa, na qual esta carga testada foi então considerada a carga máxima. Foi adotado um total de seis tentativas para cada exercício, e caso na última tentativa ainda não tivesse sido alcançada a carga máxima, este teste era realizado em outro dia.

Para cada voluntária foi feito o teste de determinação de 1RM em dois exercícios por dia e de membros alternados, havendo um intervalo de descanso entre os mesmos de trinta minutos. A ordem dos exercícios para a determinação da carga máxima foi:

1º dia (leg press 45° e rosca bíceps), 2º dia (mesa extensora e supino reto), 3º dia (mesa flexora e puxador costas) e 4º dia (pulley tríceps e desenvolvimento), alternando-se assim a musculatura dos membros superiores e inferiores nas atividades de 1RM para um determinado dia.

Como padronização, todos os exercícios foram iniciados na fase excêntrica do movimento.

5.6 Teste para Determinação do Limiar Anaeróbio (AT)

Este teste foi realizado nos oito exercícios resistidos assim como na esteira rolante. O protocolo experimental aplicado nos respectivos exercícios se encontra a seguir.

5.6.1 Determinação do AT no Exercício Resistido

No presente estudo foi adotado um protocolo modificado de Agostini (2000), para a identificação da intensidade associada ao AT nos oito exercícios resistidos estudados: após determinada a carga máxima individual para cada exercício, atribuindo-se à mesma o valor de 100% ou 1RM, foi realizado, após um período de 48 horas, o teste crescente de exercício resistido, fazendo-se o fracionamento da carga máxima em 10, 20, 25, 30, 35, 40, 50, 60, 70%, 80% e 90% de 1RM. A razão de se ter um maior fracionamento nas cargas que vão de 25 a 35% de 1 RM é que o limiar anaeróbio (AT) em exercício resistido comumente ocorre nesta faixa de intensidade (AZEVEDO et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2006); e então este protocolo é capaz de nos dar uma informação mais precisa da real carga associada ao AT.

Em cada estágio foi executada uma série de 20 repetições com duração de um minuto e intervalo passivo entre as séries de dois minutos. A cada estágio foram acrescentadas

cargas, dadas em porcentagens correspondentes à 1RM, na ordem citada anteriormente, e o critério adotado para o término do teste foi dado pela incapacidade de realização do movimento dentro da biomecânica correta, ou então pela incapacidade de realizar o número de repetições completas no tempo pré-estabelecido.

A coleta sangüínea foi feita através da punção de 25 microlitros de sangue, no lóbulo da orelha, com o uso de um capilar previamente calibrado. Esta coleta foi realizada inicialmente no repouso e 30 segundos após o final de cada estágio para determinação da concentração de lactato sangüíneo, sendo a primeira gota de sangue desprezada. Para determinação da lactacidemia foi utilizado o analisador de lactato, método eletro-enzimático, YSI 1500 Sport (Yellow Springs Inc.-USA), sendo os valores expressos em mmol/l.

A identificação do AT nos oito exercícios resistidos foi através da curva da lactacidemia, no momento onde ocorreu o ponto de inflexão da mesma, analisada por meio de inspeção visual, por avaliadores experientes. Esta foi a intensidade de trabalho executada por todas as voluntárias, nos oito exercícios resistidos em circuito, ou seja, a carga de trabalho no AT.

Para cada indivíduo foi identificado o AT de um exercício a cada dia, com um intervalo de 48 horas entre cada determinação.

A seqüência em que foram executados os exercícios para a determinação do AT foi: Leg Press 45°, Rosca Bíceps, Mesa Extensora, Supino Reto, Mesa Flexora, Puxador Costas, Pulley Tríceps e Desenvolvimento. Foi adotada esta ordem na tentativa de minimizar o possível efeito que o último exercício realizado teria sobre o próximo.

A intensidade do AT de cada exercício resistido foi expressa de forma relativa (%1RM) e também em termos absolutos (Kg). A concentração sangüínea de lactato no momento correspondente ao AT também foi analisada.

5.6.2 Teste de Adaptação

Como a determinação da intensidade associada ao AT no exercício em esteira foi realizada pela ergoespirometria, as voluntárias passaram por um dia de adaptação ao uso da peça bucal e clipe nasal. Neste dia elas realizaram uma sessão de exercício em esteira rolante (*Proaction BH Fitness*) e após o término neste exercício e ainda com o analisador de gases VO-2000 (*Medgraphics*), elas completaram uma volta no circuito, na mesma sequência em que ele seria realizado no dia dos testes, para simular os protocolos de exercício propostos.

5.6.3 Determinação do AT em Esteira

O protocolo de exercício utilizado para este objetivo consistiu de um teste crescente e máximo, a uma velocidade inicial de 3km/h e um acréscimo de 1km/h a cada dois minutos, até a exaustão voluntária do indivíduo, mantendo-se a inclinação da esteira constante em 0%.

A identificação da intensidade associada ao AT em esteira foi realizada pela ergoespirometria, ou seja, por parâmetros respiratórios (ventilação, VCO_2 e Ve/VO_2). O ponto de inflexão da curva destas variáveis respiratórias foi identificado por avaliadores experientes e adotado como a intensidade do AT, por meio da inspeção visual.

Para este teste foi utilizado o pneumotacógrafo de fluxo médio, visto ser um teste máximo, no qual a ventilação tem um aumento bem mais pronunciado em comparação com a mensuração feita em repouso.

Salienta-se que a identificação do AT em esteira foi realizada por parâmetros ergoespirométricos e não pela lactacidemia, devido à impossibilidade de coletar amostras de sangue sem a interrupção momentânea do exercício, em especial em velocidades elevadas.

As voluntárias foram instruídas a não ingerirem qualquer bebida cafeinada por no mínimo 1 hora antes do teste, visto que esta é capaz de influenciar na intensidade em que ocorre o AT quando se utiliza parâmetros respiratórios (BERRY et al., 1991). Além disso, houve a orientação para a abstinência de exercício físico extenuante no dia antecedente ao teste.

5.7 Consumo de Oxigênio de Repouso (Pré-Exercício)

Para a análise do EPOC, o qual reflete o aumento do VO_2 pós-exercício em relação aos valores de repouso, foi necessária a mensuração do VO_2 de repouso no período pré-exercício, por meio do analisador de gases VO-2000 (*Medgraphics*). Este equipamento foi conectado a um sistema computacional, que registrava em um software (*Aerografic*) em um tempo pré-estabelecido os parâmetros respiratórios para posterior análise. Neste teste foi utilizado o pneumotacógrafo de baixo fluxo e o analisador de gases foi calibrado previamente e ao término de cada teste pelo menos duas vezes.

Esta mensuração foi realizada no mesmo dia em que as voluntárias foram submetidas aos diferentes protocolos de exercício, no momento precedente a realização dos mesmos.

Quanto ao procedimento propriamente dito, alguns critérios foram adotados para a mensuração, tais como:

- a) jejum de pelo menos três horas antecedentes aos exercícios;
- b) abstinência de exercício físico nas últimas 24 horas;
- c) não ingestão de bebida alcoólica nas últimas 24 horas antecedentes ao teste;
- d) mínimo de esforço possível até o laboratório.

Assim que as voluntárias chegaram ao laboratório, as mesmas ficaram em repouso, por vinte minutos e foram orientadas a permanecerem com o mínimo de movimentação. Esse repouso prévio foi realizado, pois as voluntárias poderiam chegar ao laboratório por diferentes meios de locomoção. Logo em seguida, foi iniciada a coleta dos gases, por um período de trinta minutos, com as voluntárias em posição supina, como ilustrado pela figura 5.7.1. Foi medida a temperatura e umidade relativa do ar e o ambiente era silencioso e com pouca iluminação. Ao término dos trinta minutos, a coleta dos gases continuou a ser mensurada ao longo do exercício e pós-exercício.

Figura 5.7.1 – Voluntária no momento de repouso

O valor médio do VO_2 no repouso, expresso em litros por minuto (l/min.) foi obtido a partir dos minutos 10 aos 25, desprezando desta forma os minutos iniciais e finais da mensuração, visto que as voluntárias poderiam apresentar um maior estresse inicial pelo uso da peça bucal e clipe nasal e nos minutos finais devido ao fato de uma possível ansiedade ao saberem que em poucos minutos iniciariam o exercício. Com o intuito de obter um período de estabilização dos valores de repouso, foi adotado, dentro desta faixa de análise (dos 10 aos 25

minutos de mensuração), um intervalo de cinco minutos onde o QR não variasse mais do que 5% (DIENER, 1997; MATARESE, 1997).

5.8 Protocolo dos Exercícios

A sequência que os protocolos de exercício em esteira, circuito, circuito/esteira e esteira/circuito foram realizados aconteceu de forma randomizada e um intervalo de no mínimo 48 horas foi adotado entre cada sessão.

As variáveis ergoespirométricas analisadas durante todos os protocolos de exercício, por meio do analisador de gases, partiram da contabilização somente do tempo de execução de exercício (que foi de 32 minutos, independente do protocolo), excluindo desta maneira, todos os intervalos de repouso. Assim, embora a duração total da sessão tenha sido distinta entre os protocolos (esteira: 103 minutos; circuito: 134 minutos; circuito + esteira: 119 minutos; esteira + circuito: 119 minutos), a duração de execução de movimento foi a mesma para todos. Além disso, todos os protocolos de exercício foram sempre realizados no período da tarde.

5.8.1 Protocolo em Esteira

Neste protocolo, a voluntária chegou ao laboratório e como descrito no item 5.7, foi mensurado o VO_2 de repouso (momento pré-exercício). Após o término desta mensuração, foi dado um intervalo de um minuto destinado à locomoção da voluntária até a esteira e então foi iniciado o exercício, o qual compreendeu um teste contínuo de 32 minutos em esteira rolante com inclinação constante de 0%. A duração total da sessão foi de 103

minutos, sendo 30 minutos destinados à mensuração do consumo de oxigênio de repouso, 1 minuto para a transição até a esteira, 32 minutos de exercício físico e 40 minutos para mensuração do EPOC, como demonstrado pela figura 5.8.1.1, que ilustra os quatro momentos distintos desta sessão.

Figura 5.8.1.1- Voluntária nos quatro momentos do protocolo em esteira.

As voluntárias realizaram o exercício em esteira por todo o período na intensidade de esforço físico correspondente ao seu AT, já pré-determinado.

5.8.2 Protocolo em Circuito

Da mesma forma que no protocolo de exercício em esteira, as voluntárias chegaram ao laboratório e foram submetidas à mensuração do VO_2 de repouso (item 5.7). Ao término desta etapa, a coleta dos gases expirados continuou a ser mensurada por todo o

período do exercício, assim como no período pós-exercício. Um intervalo de um minuto foi dado entre o término da mensuração de repouso e o início da primeira estação do circuito (exercício mesa extensora), objetivando a locomoção da voluntária até o aparelho e seu posicionamento.

Os exercícios utilizados nesta sessão e a ordem dos mesmos foram: mesa extensora, puxador costas, pulley tríceps, mesa flexora, supino reto, rosca bíceps, leg press 45° e desenvolvimento. A escolha dos exercícios foi no intuito de trabalhar os diferentes grupamentos musculares. Esta sessão teve duração total de 134 minutos, dos quais 30 minutos foram destinados para a mensuração do VO_2 de repouso, 1 minuto para a locomoção até a primeira estação, 32 minutos de execução de movimento em circuito, 31 minutos computados para os intervalos de repouso entre as estações do circuito e 40 minutos para mensuração do EPOC. As voluntárias completaram quatro voltas passando por todas as estações do circuito, sendo que a cada volta elas fizeram os oito exercícios na seqüência mencionada acima. Cada exercício foi de série única, realizando-se 20 repetições em um minuto (3 segundos por repetição). Foi estabelecido um intervalo de um minuto entre as estações, sendo este tempo destinado para a locomoção entre as mesmas, assim como para o transporte do analisador de gases acoplado ao sistema computacional.

O tempo para a execução de cada série, assim como para cada volta foi estritamente controlado e a ordem com que os exercícios foram realizados foi a mesma para todas as voluntárias.

Todos os oito exercícios que compreenderam o circuito foram executados na intensidade do AT, determinado individualmente e para cada exercício resistido, como descrito no item 5.6.1.

5.8.3 Protocolo Misto (Circuito/Esteira)

Este protocolo consistiu da realização de dois diferentes tipos de exercício (circuito e esteira) em uma mesma sessão. Da mesma forma que nos outros protocolos, as voluntárias foram submetidas à mensuração do VO_2 de repouso no momento pré-exercício e após um período de um minuto de transição, foi iniciada primeiramente a sessão de exercício na forma de circuito, na qual as voluntárias completaram duas voltas, passando a cada volta pelas oito estações do circuito. Cada estação foi de série única, sendo realizadas 20 repetições em um minuto e com um intervalo de repouso entre as estações também de um minuto. Ao término deste exercício, houve uma transição de um minuto para o início do exercício na esteira.

A duração total da sessão foi de 119 minutos, sendo 30 minutos destinados à mensuração do VO_2 de repouso, um minuto para a transição da voluntária até a primeira estação do circuito (mesa extensora), 16 minutos gastos para a execução de movimento no circuito, 15 minutos destinados aos intervalos de repouso entre as estações, um minuto de transição para a locomoção da voluntária até a esteira, 16 minutos de exercício em esteira e 40 minutos de mensuração do EPOC. Como pôde ser observado, a duração de execução de movimento no circuito e na esteira foi similar (16 minutos para cada tipo de exercício).

5.8.4 Protocolo Misto (Esteira/Circuito)

Esta sessão foi realizada da mesma forma que o outro protocolo de exercício misto (circuito/esteira), com a única diferença na ordem em que os exercícios circuito e esteira foram realizados. Assim, neste protocolo, as voluntárias iniciaram o exercício na esteira e ao término deste, elas foram submetidas ao exercício resistido aeróbico na forma de circuito após um período de transição de um minuto. Igualmente ao protocolo circuito/esteira,

as voluntárias completaram duas voltas no circuito, passando a cada volta pelas oito estações. Cada estação foi de série única, sendo realizadas 20 repetições em um minuto e com um intervalo de repouso entre as estações também de um minuto

A duração total da sessão também foi de 119 minutos, sendo 30 minutos destinados a mensuração do VO_2 pré-exercício, um minuto para a transição da voluntária até a esteira, 16 minutos de exercício contínuo em esteira, um minuto de locomoção para o início do exercício em circuito, 16 minutos para a execução de movimento no circuito, 15 minutos destinados aos intervalos de repouso entre as estações e finalmente 40 minutos de mensuração do EPOC.

5.9 Análise do Gasto Energético durante o Exercício

Independente do protocolo de exercício, o gasto energético foi analisado somente durante os momentos de execução de movimento (que foi de 32 minutos para todos os protocolos), excluindo os gastos calóricos decorrentes de todos os momentos de transição, com os resultados expressos em Cal/min.

Para os protocolos de exercícios mistos (circuito/esteira e esteira/circuito), foi feita uma análise da contribuição calórica percentual do circuito e da esteira em relação ao gasto calórico total de cada sessão mista.

Em relação a todos os protocolos de exercício que envolveu a realização do circuito (circuito, circuito/esteira e esteira/circuito), o gasto energético deste tipo de exercício foi obtido excluindo os momentos de transição entre as estações.

5.10 Magnitude e Duração do EPOC

Após o término dos exercícios (esteira, circuito e mistos), as voluntárias continuaram com o analisador de gases por um período de 40 minutos, que objetivou analisar a duração e magnitude do EPOC, assim como o subsequente gasto energético.

Esta mensuração foi realizada com as voluntárias em posição supina, em ambiente silencioso, com mínimo de movimentação possível e temperatura e umidade relativa do ar controlada.

O VO_2 pós-exercício foi plotado como uma função do tempo e então a área sobre a curva correspondente a cada componente do EPOC foi calculada separadamente. O componente rápido do EPOC foi estabelecido ter uma duração de dois minutos para todos os protocolos e então a área referente a este período de tempo foi calculada, por meio da integral, para a obtenção da magnitude do consumo de oxigênio (l/min). Para o componente lento do EPOC, o critério adotado para o seu término foi dado pelo primeiro minuto onde o VO_2 pós-exercício retornasse ao valor pré-exercício ou então apresentasse um desvio padrão para mais ou menos em relação a este valor basal. Posteriormente foi calculada a integral da área formada neste intervalo de tempo a fim de obter a magnitude do VO_2 (l/min) no componente lento do EPOC. A duração do componente lento, em minutos, foi dada pela diferença entre o tempo de duração total do EPOC e os dois primeiros minutos do componente rápido.

A duração total do EPOC correspondeu à soma dos dois primeiros minutos de recuperação com o tempo de duração do componente lento do EPOC.

A magnitude do gasto energético no período do EPOC, em Cal/min, correspondeu à média da magnitude dos dois componentes. Para computar o gasto calórico total de cada protocolo estudado, foram somadas as calorias dispendidas durante os 32 minutos de exercício com as calorias dispendidas durante todo o tempo de duração do EPOC, sendo estes valores agora expressos em Calorias totais (Cal). Esta última análise objetivou

verificar se o dispêndio energético do período pós-exercício é suficiente para promover uma diferença em relação ao que foi gasto durante o exercício.

5.11 Cinética da Lactacidemia

O comportamento da lactacidemia durante o exercício físico foi analisado nos quatro protocolos de exercício estudados, com a finalidade de assegurar que as voluntárias estavam realmente se exercitando na intensidade associada ao AT.

Nos protocolos de exercício físico que envolveram a execução do circuito, a possível verificação de uma fase estável do lactato neste tipo de exercício foi analisada realizando coleta sanguínea através da punção de 25 microlitros de sangue no lóbulo da orelha. Afim de uma melhor compreensão do comportamento lactacidêmico ao longo da realização do circuito, foram feitas coletas de sangue em todas as voltas, sendo estas punções realizadas imediatamente após o término do exercício. Para reduzir o número de coletas de sangue e ao mesmo tempo obter o comportamento da lactacidemia de todos os oito exercícios e não somente de um específico, os momentos de coleta foram alternados. Esta alternância de exercícios onde houve a coleta foi padronizada para todas as voltas e voluntárias. O circuito somente foi considerado apresentar uma fase estável do lactato se a variação da lactacidemia, em cada volta, não fosse maior que 1 mmol/l. Para o cálculo deste delta foi utilizado sempre o primeiro e o último exercício onde foi realizada a coleta sanguínea.

No protocolo de exercício em esteira, foi feita coleta sanguínea no vigésimo e trigésimo minuto de exercício (figura 5.11.1), para posterior dosagem da lactacidemia e assim determinar a fase estável do lactato, condição onde o delta deste metabólito não é maior que 1mmol entre os minutos 20 e 30. Nos momentos de coleta, a voluntária saía

momentaneamente da esteira para realização da punção de 25 microlitros de sangue, no lóbulo da orelha, sendo sempre desprezada a primeira gota de sangue.

Figura 5.11.1 – Coleta de sangue durante exercício em esteira

Para os protocolos mistos (circuito/esteira e esteira/circuito), a coleta de sangue no exercício em esteira ocorreu em 8 e 16 minutos de exercício, tempo que representou o meio e o final deste exercício, ao passo que as coletas sangüíneas durante o circuito aconteceram de maneira similar ao protocolo somente em circuito.

O comportamento da lactacidemia no período pós-exercício foi avaliado nos minutos 10, 20, 30 e 40, em todos os protocolos de exercício. A justificativa para tal análise está relacionada ao componente lento do EPOC, considerado ser um componente altamente dependente da lactacidemia. Desta forma, a lactacidemia representa um parâmetro importante para auxiliar na interpretação do componente lento do EPOC.

5.12 Análise Estatística

A análise estatística foi feita inicialmente através da aplicação do teste de normalidade Shapiro-Wilk. Todas as variáveis apresentaram distribuição normal e foram expressas em média $\pm$ desvio padrão. Para a comparação da intensidade correspondente ao AT entre os exercícios resistidos, assim como para a comparação das variáveis metabólicas entre os diferentes protocolos de exercício foi utilizada análise de variância (ANOVA one-way) com post hoc de Tukey. Foi aceito como nível de significância $p < 0,05$. Os dados foram analisados pelo pacote estatístico OriginPro 8.0.

6. RESULTADOS

6.1 Voluntárias

Inicialmente participaram deste estudo treze indivíduos, entretanto por motivos diversos apenas oito completaram todos os testes.

O valor médio do consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$), o qual reflete o nível de aptidão física dos indivíduos, foi expresso relativo a massa corporal e foi de $41,70 \pm 3,41$ ml. (Kg.min)⁻¹ (valor mínimo de 37,90 e máximo de 46,70 ml. (Kg.min)⁻¹).

6.2 Carga Máxima nos Exercícios Resistidos e na Esteira

Como descrito no item 5.5, a carga máxima encontrada nos exercícios resistidos representou a maior carga na qual as voluntárias realizaram somente uma repetição completa, sendo os resultados encontrados expressos em média $\pm$ desvio padrão. Os valores de 1RM para cada exercício resistido foram: mesa extensora ($75,13 \pm 11,61$ Kg), puxador costas ($41,88 \pm 6,58$ Kg), pulley tríceps ($20,88 \pm 4,64$ Kg), mesa flexora ($36,13 \pm 6,24$ Kg), supino reto ($33,13 \pm 7,97$ Kg), rosca bíceps ($19,88 \pm 3,94$ Kg), leg press 45° ($217,00 \pm 64,62$ Kg) e desenvolvimento ($29,25 \pm 6,80$ Kg). Como observado, o exercício que apresentou uma maior e uma menor carga foram o leg press 45° e o rosca bíceps, respectivamente.

A carga máxima em cada exercício e para todas as voluntárias foi determinada com um máximo de seis tentativas, não havendo necessidade de realizá-la em outro dia.

Para o exercício em esteira, a carga máxima também foi expressa em média $\pm$ desvio padrão e representou a velocidade, em Km/h, no momento da exaustão das voluntárias e foi de $12,00 \pm 0,76$ Km/h.

6.3 Intensidade Executada nos Protocolos de Exercício

6.3.1 Intensidade do AT no Exercício Resistido

A resposta do lactato sanguíneo durante todos os testes crescentes utilizados neste estudo possibilitaram a identificação do AT.

Ao analisar a intensidade de esforço físico associada ao AT em termos relativos (%1RM), pode-se notar na tabela 6.3.1.1, que a mesma variou de $20,00 \pm 0,00$ a $33,13 \pm 5,30$ %1RM. Foi observado que a intensidade relativa ao AT no exercício leg press 45° foi significativamente diferente dos exercícios supino reto, mesa extensora, mesa flexora e desenvolvimento. Diferenças também foram encontradas ($p < 0,05$) no exercício mesa extensora em relação aos exercícios rosca bíceps e puxador costas, assim como do exercício mesa flexora com o rosca bíceps, pulley tríceps e puxador costas. O exercício desenvolvimento também mostrou ser diferente do puxador costas.

Quando a intensidade do AT foi expressa em termos absolutos (Kg), foi observada uma diferença significante somente do exercício leg press 45° em relação aos demais exercícios ($p < 0,05$).

A concentração sanguínea de lactato no momento do AT se mostrou diferente entre o exercício mesa extensora quando comparado aos exercícios leg press 45°, supino reto, rosca bíceps, pulley tríceps e puxador costas.

Os valores da lactacidemia, para cada exercício resistido, no momento da intensidade do AT, assim como as formas de expressar esta intensidade estão demonstrados na tabela 6.3.1.1.

Tabela 6.3.1.1 – Intensidade do AT nos Diferentes Exercícios Resistidos

Exercícios	Carga Relativa (%1RM)	Carga Absoluta (Kg)	Lact. (mmol/l)
M. Extensora	21,88 ± 3,72a	16,50 ± 2,78a	2,78 ± 0,60a
Puxador Costas	29,38 ± 3,20b,c,d	12,00 ± 1,69a	1,60 ± 0,51b
Pulley Tríceps	28,13 ± 3,72c	6,25 ± 2,19a	1,57 ± 0,57b
M. Flexora	20,00 ± 0,00a	7,50 ± 1,61a	2,14 ± 0,59
Supino Reto	23,75 ± 3,54a	8,00 ± 2,39a	1,37 ± 0,18b
Rosca Bíceps	28,75 ± 5,82b,c	5,75 ± 1,39a	1,81 ± 0,78b
Leg Press 45°	33,13 ± 5,30	71,75 ± 22,82	1,59 ± 0,51
Desenvolvimento	22,50 ± 3,78a	6,75 ± 2,38a	2,17 ± 0,67

Valores expressos em média ±DP. a= significativamente diferente do leg press 45°; b= significativamente diferente da mesa extensora; c=significativamente diferente da mesa flexora; d=significativamente diferente do desenvolvimento. Nível de significância $p < 0,05$.

A fim de demonstrar a intensidade associada ao AT no exercício resistido, a figura 6.3.1.1 ilustra a curva da lactacidemia ao longo de um teste crescente, realizado no exercício mesa flexora por uma das voluntárias

Figura 6.3.1.1 – Identificação do AT no exercício mesa flexora (voluntária R.N.S).

Como esperado, a lactacidemia ao repouso apresentou um valor baixo e com o início do exercício houve um discreto aumento até determinado ponto, que como observado na figura 6.3.1.1, ocorreu na intensidade de 20% 1RM. A partir deste momento, a lactacidemia passou a apresentar um aumento mais abrupto. Este ponto de inflexão da curva representa a intensidade do AT, que está indicado na mesma figura por uma seta; sendo esta intensidade utilizada para a execução de todos os exercícios resistidos que constituíram o circuito. Vale ressaltar que esta intensidade foi identificada para cada exercício resistido e para cada voluntária.

Cada estação do circuito foi de série única, onde as voluntárias realizaram 20 repetições num tempo pré-estabelecido de um minuto. Entretanto, houve uma pequena variação em relação ao número de repetições realizadas em algumas estações dos protocolos que envolveram o circuito. Embora tenha sido controlada a velocidade de execução do movimento, que foi de três segundos a cada ciclo, algumas voluntárias, em certos momentos fizeram o movimento muito rápido ou muito lento, o que contribuiu para estas pequenas variações.

A intensidade de cada estação do circuito manteve-se a mesma ao longo de toda a sessão, independente do protocolo de exercício, desta forma, todas as voluntárias realizaram o exercício durante todo o tempo na intensidade do AT.

6.3.2 Intensidade do AT no Exercício em Esteira

A intensidade do AT neste exercício, foi de $53,64 \pm 11,98$ %VO_{2máx} (valor mínimo de 41,56 e máximo de 69,52), quando expressa em velocidade representou $6,88 \pm$

0,64 Km/h (valor mínimo de 6 e máximo de 8Km/h), com um consumo de oxigênio de $22,49 \pm 5,94 \text{ ml. (Kg. min)}^{-1}$.

No protocolo de exercício somente em esteira, que teve duração de 32 minutos, assim como nos protocolos mistos, onde foram realizados 16 minutos de exercício em esteira, todas as voluntárias conseguiram realizar o exercício na intensidade do AT no tempo pré-estabelecido.

Ressalta-se que todos os quatro protocolos de exercício estudados, foram realizados na mesma intensidade relativa de esforço físico.

6.4 Consumo de Oxigênio Pré-exercício

Os valores do VO_2 no repouso, obtidos a partir da média dos cinco minutos mais estáveis, foram expressos em média e desvio padrão e se encontram na tabela 6.4.1

Tabela 6.4.1 - Consumo de oxigênio no repouso para os diferentes protocolos de exercício

Variável	Esteira	Circuito	Esteira/Circuito	Circuito/Esteira
$\text{VO}_2 \text{ (l/min.)}$	$0,18 \pm 0,05$	$0,18 \pm 0,04$	$0,20 \pm 0,03$	$0,18 \pm 0,03$

Valores do consumo de oxigênio no repouso, em litros por minuto (l/min.), expressos em média $\pm$ DP, nos diferentes protocolos de exercício.

6.5 Variáveis Metabólicas durante o Exercício

6.5.1 Consumo de Oxigênio

O menor consumo médio de oxigênio durante os 32 minutos de exercício foi observado no protocolo de exercício somente em circuito ($0,53 \pm 0,08$ l/min), o qual foi significativamente diferente ($p < 0,01$) dos exercícios em esteira ($1,44 \pm 0,27$ l/min), circuito/esteira ($0,98 \pm 0,14$ l/min) e em esteira/circuito ($0,98 \pm 0,18$ l/min). O exercício em esteira foi o que obteve o maior VO_2 , sendo estatisticamente diferente ($p < 0,01$) dos protocolos em circuito, circuito/esteira e em esteira/circuito. Nas sessões mistas, o VO_2 se mostrou similar nestes protocolos, não havendo nenhuma diferença entre ambos ($p > 0,05$) (Figura 6.5.1.1).

Figura 6.5.1.1 – Consumo de oxigênio médio durante 32 minutos de exercício nos diferentes protocolos. a= significativamente diferente da esteira; b= significativamente diferente do circuito. Nível de significância $p < 0,05$. Valores dados em litros por minuto (l/min) e expressos em média $\pm$ DP.

Como exposto no item 5.7, o VO_2 foi mensurado continuamente desde o momento pré-exercício (repouso) até o pós-exercício. A Figura 6.5.1.2 ilustra o comportamento desta variável ao longo dos diferentes protocolos estudados.

Vale ressaltar que para o protocolo de exercício somente em circuito, cada valor representado na figura 6.5.1.2 corresponde à média do VO_2 a cada volta. Desta forma, o período 2, 3, 4 e 5 representam a 1ª, 2ª, 3ª e 4ª volta, respectivamente. No exercício somente

em esteira cada valor corresponde à média do VO_2 nos minutos 8, 16, 24 e 32 de exercício. Para os protocolos mistos, independente da ordem em que os diferentes tipos de exercício foram realizados, o exercício em esteira correspondeu à média do VO_2 nos minutos 8 e 16 de exercício, ao passo que no exercício em circuito representou a média do VO_2 a cada volta.

Figura 6.5.1.2 – Comportamento do consumo de oxigênio no repouso e durante os diferentes protocolos. Para cada protocolo, todos os pontos durante o exercício foram estatisticamente maiores ($p < 0,01$) em relação ao valor basal. a= diferença significativa ($p < 0,01$) de todos os momentos do modo de exercício em circuito em relação a todos os momentos do modo de exercício em esteira, entre todos os protocolos. Nível de significância $p < 0,05$. Valores dados em litros por minuto (l/min) e expressos em média $\pm$ DP.

Para cada protocolo de exercício analisado separadamente foi encontrada diferença estatística entre o VO_2 no repouso em relação a todos os valores obtidos durante o exercício ($p < 0,01$). Como observado na Figura 6.5.1.2, o aumento significativo no VO_2 da condição de repouso para o exercício foi seguido por um período de estabilização ao longo de todo o exercício, para todos os protocolos analisados. Entretanto, vale destacar um achado interessante pertinente aos protocolos mistos. Ao analisar o protocolo circuito/esteira, os valores do VO_2 durante a realização do circuito foram estatisticamente menores (1ª volta: $0,54 \pm 0,07$ e 2ª volta: $0,53 \pm 0,06$ l/min) quando comparados aos da esteira (8 minutos: $1,37 \pm$

0,22 e 16 minutos: $1,41 \pm 0,25$ l/min) ($p < 0,01$). Um comportamento similar foi observado no protocolo esteira/circuito, onde o VO_2 também foi significativamente menor ($p < 0,01$) em todos os momentos do circuito (1ª volta: $0,58 \pm 0,12$ e 2ª volta: $0,54 \pm 0,12$ l/min) em relação aos momentos da esteira (8 minutos: $1,37 \pm 0,26$ e 16 minutos: $1,43 \pm 0,30$ l/min). Apesar desta diferença encontrada entre o circuito e a esteira nos protocolos mistos, o VO_2 se estabilizou em ambos os tipos de exercício. Isto implica que embora o circuito e a esteira tenham sido realizados na mesma intensidade de esforço físico, que foi no AT, o tipo de exercício exerce potencial influência sobre o VO_2 .

Quando a comparação do VO_2 passou a ser realizada entre os protocolos, pode-se notar que todos os momentos analisados do exercício somente em circuito foram estatisticamente diferentes de todos os momentos do exercício somente em esteira ($p < 0,01$), assim como dos momentos de esteira nos protocolos esteira/circuito e circuito/esteira ($p < 0,01$), porém nenhuma diferença estatística ($p > 0,05$) foi encontrada em relação aos momentos do exercício em circuito nos protocolos circuito/esteira e esteira/circuito. Quando o exercício somente em esteira foi comparado com os demais protocolos de exercício, diferença significativa foi observada em relação ao protocolo circuito/esteira ($p < 0,01$), especificamente entre os valores obtidos durante o circuito, assim como houve diferença estatística também em relação ao exercício esteira/circuito ($p < 0,01$), sendo esta diferença encontrada nos momentos de realização do circuito. Em relação aos protocolos mistos, o primeiro e o segundo valor do protocolo circuito/esteira foram significativamente diferentes do primeiro e segundo valor do protocolo esteira/circuito ($p < 0,01$).

Os valores do VO_2 total durante os 32 minutos de exercício, expresso em litros foram: esteira ($45,91 \pm 8,70$ litros), circuito ($17,05 \pm 2,40$ litros), circuito/esteira ($31,39 \pm 4,51$ litros) e esteira/circuito ($31,36 \pm 5,66$ litros).

6.5.2 Gasto Energético

O gasto energético nos quatro protocolos de exercício estudados foi expresso em Calorias por minuto (Cal/min.), que representa a média das calorias gastas por minuto de exercício realizado.

Como observado na Figura. 6.5.2.1, a média da produção calórica em 32 minutos de exercício no protocolo somente em circuito ($2,68 \pm 0,34$ Cal/min) foi significativamente menor ($p < 0,01$) quando comparada aos exercícios em circuito/esteira ($4,86 \pm 0,73$ Cal/min), esteira/circuito ($4,86 \pm 0,87$ Cal/min) e em esteira ($7,16 \pm 1,36$). Nesse sentido, o exercício em circuito foi o que promoveu um menor dispêndio energético. Já o maior gasto foi observado no exercício em esteira, que foi estatisticamente maior ($p < 0,01$) do que nos exercícios em circuito, circuito/esteira e em esteira/circuito. Nenhuma diferença estatística ($p > 0,05$) foi encontrada para a produção calórica entre os protocolos mistos, evidenciando que independente do tipo de exercício que o indivíduo iniciar, a produção calórica ao final da sessão não será estatisticamente diferente.

Figura 6.5.2.1 – Produção calórica em 32 minutos de exercício nos diferentes protocolos. a= significativamente diferente da esteira; b= significativamente diferente do circuito. Nível de significância $p < 0,05$. Valores dados em Calorias por minuto (Cal/min) e expressos em média $\pm$ DP.

Apesar da média da produção calórica (Cal/min) em 32 minutos de exercício somente em circuito ter sido estatisticamente diferente dos protocolos circuito/esteira e esteira/circuito, quando o foco passou a ser somente a média das Cal/min do circuito e não mais a média da sessão inteira, não houve diferença significativa entre circuito e circuito/esteira ($p > 0,05$), circuito e esteira/circuito ($p > 0,05$), assim como circuito/esteira e esteira/circuito ($p > 0,05$). Estes resultados sugerem que o dispêndio calórico, dado em Cal/min, independe do volume de trabalho expresso pelo número de voltas realizadas na forma de circuito, ou seja, executar quatro voltas ou somente duas representa o mesmo estresse metabólico, do ponto de vista da média das calorias por minuto. Interessantemente, a realização do exercício em circuito previamente ao exercício em esteira e vice-versa também não foi capaz de promover uma alteração na produção calórica do circuito (Cal/min) ($p > 0,05$), ou seja, a ordem de realização de diferentes tipos de exercício (circuito versus esteira) em

uma mesma sessão, não exerce influência sobre o dispêndio energético do circuito (Cal/min) (Figura 6.5.2.2).

Figura 6.5.2.2 – Média da produção calórica do exercício na forma de circuito nos protocolos em circuito, circuito/esteira e esteira/circuito. Nível de significância $p < 0,05$. Valores dados em Calorias por minuto (Cal/min) e expressos em média $\pm$ DP.

Ao considerar as calorias dispendidas em cada tipo de exercício (esteira e circuito), em ambas as sessões mistas, pôde-se observar que a contribuição calórica percentual do exercício em esteira, em relação às calorias totais (Cal), foi significativamente maior que o exercício em circuito, como demonstrado na figura 6.5.2.3. Independente da ordem que os exercícios circuito e esteira foram realizados nas sessões mistas, a esteira contribuiu com mais de 70% em relação ao gasto calórico total.

Figura 6.5.2.3 – Contribuição calórica dos exercícios circuito e esteira em relação às calorias totais nos protocolos mistos. Valores expressos em porcentagem, representativos das 8 voluntárias

Os valores das calorias totais (Cal) dispendidas em 32 minutos de exercício foram: esteira ($228,99 \pm 43,45$ Cal), circuito ($85,18 \pm 11,44$ Cal), circuito/esteira ($155,39 \pm 23,32$ Cal) e esteira/circuito ($155,66 \pm 27,73$ Cal).

A produção calórica média (Cal/min) de cada exercício resistido, nos protocolos em circuito, circuito/esteira e esteira/circuito se encontra respectivamente nas figuras 6.5.2.5, 6.5.2.6 e 6.5.2.7 (Anexo C).

6.5.3 Lactacidemia

Uma fase estável para o VO_2 e lactacidemia foi encontrada durante a realização de todos os protocolos estudados. Entretanto, algumas diferenças em relação ao comportamento destas variáveis valem a pena ser destacadas. No protocolo de exercício somente em circuito, embora os valores de VO_2 tenham mantido-se estáveis ao longo das quatro voltas (Figura 6.5.1.2), a lactacidemia, diferentemente do VO_2 , aumentou conforme as voltas foram realizadas, apesar da intensidade de cada estação ter sido constante ao longo de

toda a sessão de exercício. Apesar deste crescente aumento lactacidêmico a cada volta, foi verificada uma fase estável do lactato na 2^a, 3^a e 4^a volta do circuito, onde o delta de variação do mesmo foi menor que 1 mmol/l (Figura 6.5.3.2, A). Igualmente ao protocolo de exercício somente em circuito, a lactacidemia durante a realização do circuito nas sessões mistas também aumentou conforme a realização das voltas, independente do exercício ter sido iniciado pelo circuito ou pela esteira (figura 6.5.3.1), apresentando uma fase estável do lactato apenas na 2^a volta (Figura 6.5.3.2, B e C), para ambos os protocolos mistos. Durante a execução do exercício em esteira nas sessões mistas, o delta de variação do lactato foi menor que 1 mmol/l, demonstrando uma condição estável para este tipo de exercício. Em relação ao protocolo de exercício somente em esteira, a lactacidemia entre o vigésimo e o trigésimo minuto foi menor que 1 mmol/l ($0,16 \pm 0,19$ mmol/l), sugerindo que este protocolo foi realizado em fase estável.

O comportamento lactacidêmico no período pré, durante e pós-exercício, para cada protocolo, se encontra nas figuras 6.5.3.1 A, B, C e D. Independente do protocolo, o minuto zero corresponde à lactacidemia de repouso, os minutos subsequentes representam os momentos onde foram feitas as coletas sanguíneas durante o exercício, e os quatro valores finais às coletas do pós-exercício.

Figura 6.5.3.1 – Comportamento da lactacidemia no repouso, durante e após os diferentes protocolos de exercício. Cada valor expressa a concentração sanguínea de lactato nos diversos momentos de coleta, dado em minutos. Figura A: exercício somente em circuito; Figura B: circuito/esteira; Figura C: esteira/circuito; Figura D: exercício somente em esteira.

Figura 6.5.3.2 - Verificação de uma fase estável do lactato nos exercícios em esteira e em circuito, para os diferentes protocolos. Para o exercício em circuito o delta de variação foi calculado por volta, ao passo que para o exercício em esteira, este valor foi obtido pelos minutos 8 e 16 de exercício. (Figura A: exercício somente em circuito; Figura B: circuito/esteira; Figura C: esteira/circuito).

6.6 Variáveis metabólicas no Pós-Exercício

6.6.1 Consumo de Oxigênio Pós-Exercício (EPOC)

O VO_2 foi mensurado continuamente desde o momento pré-exercício até o pós-exercício. Como mencionado no item 5.10, ambos os componentes rápido e lento do EPOC foram analisados, para todos os protocolos de exercício estudados.

O primeiro componente do EPOC, o rápido, teve uma duração padronizada de dois minutos, para os quatro protocolos. A partir deste tempo de duração, foi obtida a magnitude do VO_2 , por meio da integral da área formada neste período de tempo. Ressalta-se que apesar da duração para todos os protocolos ter sido padronizada em 2 minutos, o VO_2 neste período apresentou-se diferente entre os protocolos, como visto na tabela 6.6.1.1.

Uma observação interessante é que em todos os protocolos, o VO_2 médio durante o componente rápido do EPOC, em litros por minuto, não foi muito inferior à quantidade consumida durante o exercício, como ilustrado na figura 6.5.1.2. Estes resultados indicam que mesmo após o término do exercício, nos primeiros dois minutos pós-exercício o organismo ainda tem a necessidade de um alto VO_2 , que neste período, é especialmente destinado para o restabelecimento da creatina fosfato (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003). Além disso, pode-se observar claramente na tabela 6.6.1.1, que embora este VO_2 no componente rápido do EPOC ainda seja alto em relação ao VO_2 durante o exercício, dependendo do tipo de exercício que foi realizado previamente ao período pós-exercício, o organismo demanda quantidades distintas de oxigênio em um mesmo período de tempo.

Tabela 6.6.1.1- Magnitude do consumo de oxigênio no componente rápido do EPOC

Exercícios	Componente Rápido
Esteira	$1,04 \pm 0,26$
Circuito	$0,51 \pm 0,15a$
Circuito/Esteira	$0,97 \pm 0,20b$
Esteira/Circuito	$0,43 \pm 0,14a,c$

a = significativamente diferente da esteira; b = significativamente diferente do circuito; c = significativamente diferente do circuito/esteira. Nível de significância $p < 0,05$. Valores dados em litros por minuto (l/min) e expressos em média $\pm$ DP.

A partir destas observações, a maior magnitude do VO_2 no componente rápido do EPOC ocorreu no exercício em esteira, o qual mostrou ser significativamente diferente do circuito e esteira/circuito ($p < 0,05$). Uma diferença também foi encontrada entre os exercícios circuito/esteira e circuito ($p < 0,05$). Como observado na tabela 6.6.1.1, o menor VO_2 durante os dois primeiros minutos de recuperação foi observado no protocolo de exercício em esteira/circuito, que foi estatisticamente menor em relação ao exercício em esteira e

circuito/esteira ($p < 0,05$). É de grande relevância destacar que, embora não tenha sido encontrada nenhuma diferença significativa no comportamento do VO_2 médio durante o exercício entre os protocolos mistos, no período pós-exercício esta mesma variável se comportou diferentemente. Isto implica que durante o exercício, o VO_2 médio não sofreu influência da ordem em que diferentes tipos de exercício foram realizados em uma mesma sessão, ao passo que no período pós-exercício, especificamente no componente rápido do EPOC, a magnitude desta variável foi potencialmente influenciada pelo último tipo de exercício realizado na sessão mista.

O comportamento do outro componente do EPOC, o lento, se encontra na tabela 6.6.1.2. Ao analisar a duração, em minutos, deste componente, que foi dada pelo retorno do VO_2 ao valor basal com um desvio padrão para mais ou menos, pôde-se observar que a maior duração foi atribuída ao exercício em esteira e a menor ao exercício em circuito, como verificado nesta mesma tabela. Entretanto, quando feita uma comparação estatística da duração deste componente entre os protocolos estudados, nenhuma diferença foi constatada ($p > 0,05$).

Tabela 6.6.1.2 - Duração e magnitude do consumo de oxigênio no componente lento do EPOC

Exercícios	Duração (min)	Magnitude (l/min)
Esteira	$7,75 \pm 4,53$	$0,43 \pm 0,36$
Circuito	$5,13 \pm 4,36$	$0,25 \pm 0,28$
Circuito/Esteira	$5,13 \pm 3,94$	$0,21 \pm 0,24$
Esteira/Circuito	$3,00 \pm 1,51$	$0,10 \pm 0,07$

Valores expressos em média $\pm$ DP.

Na tabela 6.6.1.2 estão demonstrados também os valores médios de VO_2 durante o componente lento do EPOC. Diferentemente do componente rápido, que se

caracterizou por ser um período de alto VO_2 , no componente lento os valores médios foram bem menores. Os resultados encontrados demonstraram que a magnitude do VO_2 no componente lento, igualmente à duração, também não foi significativamente diferente entre os quatro protocolos estudados ($p>0,05$).

Desta forma, pode-se dizer que o VO_2 e o tempo de duração do componente lento do EPOC (l/min) não foram influenciados pela realização de diferentes tipos de exercício (esteira e circuito), quando estes foram realizados na mesma intensidade relativa de esforço físico e com similar duração de execução de movimento. Além disso, a ordem dos exercícios em esteira e em circuito quando realizados em uma mesma sessão, também não foi capaz de promover diferença no VO_2 médio e no tempo de duração do componente lento do EPOC.

Sabendo-se que a duração do componente rápido foi a mesma para todos os protocolos (devido a uma padronização), e que para o componente lento nenhuma diferença estatística foi encontrada, conseqüentemente não houve qualquer diferença ($p<0,05$) na duração total do EPOC (componente rápido + componente lento) entre os diferentes protocolos de exercício.

6.6.2 Gasto energético

De maneira similar ao VO_2 , o gasto energético também foi calculado separadamente para cada componente do EPOC e expresso em Cal/min.

Além disso, foi verificada a produção calórica média de todo o período pós-exercício (componente rápido + componente lento), também expresso em Cal/min, para posterior comparação entre os protocolos.

Em seguida foi calculado o dispêndio calórico total da sessão, que incluiu a produção calórica total decorrente dos 32 minutos de exercício, adicionada à produção calórica durante todo o tempo de duração do EPOC (componente rápido + componente lento), sendo os valores agora expressos em calorias totais (Cal).

Ao analisar primeiramente o dispêndio energético no componente rápido do EPOC, foi verificado um comportamento similar ao encontrado para o VO_2 neste mesmo período de tempo. Sendo assim, a produção calórica média do componente rápido no exercício em esteira foi significativamente maior quando comparada ao exercício em circuito e esteira/circuito ($p < 0,05$), como demonstrado na tabela 6.6.2.1. O exercício em circuito apresentou uma produção calórica significativamente menor em relação ao em circuito/esteira, com nenhuma diferença sendo verificada em relação ao exercício em esteira/circuito. Este último, por sua vez, mostrou ser diferente do exercício em circuito/esteira ($p < 0,05$). Ressalta-se que durante os protocolos mistos a produção calórica média não foi influenciada pela ordem de realização dos diferentes tipos de exercício, ou seja, independente de qual tipo de exercício foi executado primeiramente, a média do gasto calórico da sessão foi a mesma. Ao contrário, nos primeiros dois minutos pós-exercício, o protocolo misto que foi iniciado pelo circuito, seguido da execução do exercício em esteira apresentou uma demanda calórica muito maior quando comparada à sessão realizada na ordem inversa ($4,95 \pm 0,99$ Cal/min versus $2,17 \pm 0,73$ Cal/min, respectivamente).

Tabela 6.6.2.1 - Magnitude da produção calórica média no componente rápido do EPOC

Exercícios	Magnitude (Cal/min)
Esteira	4,51 ± 1,88
Circuito	2,76 ± 0,80a
Circuito/Esteira	4,95 ± 0,99b
Esteira/Circuito	2,17 ± 0,73a,c

a = significativamente diferente da esteira; b = significativamente diferente do circuito; c = significativamente diferente do circuito/esteira. Nível de significância $p < 0,05$. Valores expressos em média ± DP.

Quando foi realizada a análise da média das calorias dispendidas durante o componente lento do EPOC, notou-se um comportamento similar ao encontrado para o VO_2 com uma única diferença, pois, enquanto para o VO_2 nenhuma diferença estatística foi verificada entre os protocolos, para a produção calórica foi encontrada uma diferença significativa entre os exercícios em esteira e esteira/circuito ($p < 0,05$), como ilustrado na tabela 6.6.2.2.

Tabela 6.6.2.2 - Magnitude da produção calórica média no componente lento do EPOC

Exercícios	Magnitude (Cal/min)
Esteira	2,66 ± 2,14
Circuito	1,33 ± 1,26
Circuito/Esteira	0,91 ± 1,27
Esteira/Circuito	0,57 ± 0,36a

a = significativamente diferente da esteira. Nível de significância $p < 0,05$. Valores expressos em média ± DP.

Ao computar a produção calórica do componente rápido mais o componente lento, ou seja, a quantidade média de calorias dispendidas durante todo o tempo de duração do EPOC, o exercício em esteira mostrou apresentar uma demanda calórica significativamente maior que os exercícios em circuito e em esteira/circuito ($p < 0,05$). Outra diferença foi

evidenciada entre os exercícios mistos ($p < 0,05$), havendo um maior dispêndio calórico para o exercício circuito/esteira.

Tabela 6.6.2.3 – Média da produção calórica durante todo o tempo de duração do EPOC

Exercícios	Magnitude (Cal/min)
Esteira	$3,58 \pm 1,42$
Circuito	$2,05 \pm 0,84a$
Circuito/Esteira	$2,93 \pm 1,02$
Esteira/Circuito	$1,52 \pm 0,59a,b$

a = significativamente diferente da esteira; b = significativamente diferente do circuito/esteira. Nível de significância $p < 0,05$. Valores expressos em média $\pm$ DP.

Sabendo-se que o gasto calórico total de uma sessão de exercício é decorrente das calorias dispendidas durante o exercício somado às calorias do período pós-exercício, torna-se fundamental investigar a contabilização calórica total da sessão. Deste modo foi comparado o gasto calórico total da sessão com o gasto decorrente somente durante a realização do exercício. Os resultados demonstraram que apenas o gasto energético total da sessão do protocolo em circuito foi significativamente maior em relação ao dispêndio ocorrido durante a realização deste exercício. Isto implica que somente para este protocolo de exercício, as calorias dispendidas no período pós-exercício foram importantes o suficiente para promover uma diferença no gasto calórico total. Os valores do gasto calórico durante o exercício, acompanhado do gasto calórico total da sessão, expressos em Calorias totais (Cal), foram: esteira ($228,99 \pm 43,45$ e $269,09 \pm 63,29$ Cal), circuito ($85,18 \pm 11,44$ e $102,28 \pm 19,03$ Cal), circuito/esteira ($155,39 \pm 23,32$ e $176,82 \pm 34,44$ Cal) e esteira/circuito ($155,66 \pm 27,73$ e $163,44 \pm 30,83$ Cal), sendo estes valores também ilustrados nas figuras 6.6.2.1, 6.6.2.2, 6.6.2.3 e 6.6.2.4.

Figura 6.6.2.1 – Calorias totais da sessão de exercício em esteira. 1 = Calorias durante o exercício; 2 = Calorias durante + pós-exercício.

Figura 6.6.2.2 – Calorias totais da sessão de exercício em circuito. 1= Calorias durante o exercício; 2 = Calorias durante + pós-exercício. a = significativamente diferente do 1. Nível de significância $p < 0,05$.

Figura 6.6.2.3 – Calorias totais da sessão de exercício circuito/esteira. 1 = Calorias durante o exercício; 2 = Calorias durante + pós-exercício.

Figura 6.6.2.4– Calorias totais da sessão de exercício esteira/circuito. 1 = calorias durante o exercício; 2 = calorias durante + pós-exercício.

6.6.3 Lactacidemia

Após o término de todos os protocolos de exercício, foi observada uma diminuição na concentração sanguínea de lactato. Entretanto, os valores lactacidêmicos pós-

exercício do protocolo em esteira foram significativamente menores em relação aos valores do protocolo de exercício em circuito e em esteira/circuito, para os minutos 10, 20, 30 e 40 pós-exercício. A lactacidemia do exercício circuito/esteira permaneceu menor em relação ao circuito, em todos os momentos de mensuração ($p<0,05$). Nossos resultados também evidenciaram diferença estatística entre os exercícios circuito/esteira e esteira/circuito, para todos os tempos analisados. Podemos observar que os maiores valores da lactacidemia ocorreram no exercício somente em circuito e no protocolo esteira/circuito, demonstrando que o último exercício realizado é que determina o padrão do comportamento lactacidêmico ao longo do período pós-exercício.

Tabela 6.6.3.1 – Concentração sangüínea de lactato nos minutos 10, 20, 30 e 40 pós-exercício

Exercícios	10 min.	20min.	30min.	40min.
Esteira	1,17 ± 0,76	0,96 ± 0,50	0,90 ± 0,53	0,79 ± 0,38
Circuito	3,84 ± 0,84a	2,84 ± 0,55a	2,15 ± 0,48a	1,71 ± 0,36a
Circuito/Esteira	1,29 ± 0,54b	1,05 ± 0,44b	0,93 ± 0,41b	0,83 ± 0,43b
Esteira/Circuito	4,18 ± 0,95a,c	2,97 ± 0,88a,c	2,49 ± 1,10a,c	1,82 ± 0,68a,c

a= significativamente diferente da esteira; b= significativamente diferente do circuito; c= significativamente diferente do circuito/esteira. Nível de significância $p<0,05$. Valores expressos em média ± DP.

DISCUSSÃO

- Intensidade correspondente ao AT

O limiar anaeróbio (AT), que vêm sendo um parâmetro muito utilizado na área de Fisiologia do Exercício, representa uma transição do metabolismo aeróbio para o anaeróbio. Segundo Wasserman (1987), a partir deste limiar de intensidade a produção de energia advinda do metabolismo aeróbio passa a ser suplementada pelo metabolismo anaeróbio, com conseqüente acúmulo de lactato.

Dada sua relevante aplicabilidade, diversos parâmetros, desde metabólicos (SIMÕES et al., 1998; OLIVEIRA et al., 2006), respiratórios (RIBEIRO et al., 1986) e até hormonais (SCHNEIDER; GUIGGIN; KAMIMORI, 1992) têm sido estudados com o intuito de identificar a intensidade correspondente ao AT. Estes parâmetros são extensivamente investigados em exercícios dinâmicos cíclicos, e mais recentemente em exercícios resistidos.

No presente estudo foram utilizados os parâmetros respiratórios para identificação do AT no exercício em esteira e lactacidêmico para identificação do AT no exercício resistido, e estas variáveis possibilitaram a identificação do AT nos exercícios em esteira e nos exercícios resistidos, a saber: leg press 45°, rosca bíceps, mesa flexora, puxador costas, mesa extensora, supino reto, pulley tríceps e desenvolvimento.

A intensidade média do AT no exercício em esteira, expressa comumente em porcentagem do consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$) foi de $53,64 \pm 11,98 \% VO_{2máx}$, corroborando com os estudos de Dean et al. (2003) e Marcelo, Dolores e Turíbio (2001).

A intensidade média do AT nos oito exercícios resistidos estudados variou de $20,00 \pm 0,00$ a $33,13 \pm 5,30\% 1RM$, estando de acordo com diversos estudos prévios (AGOSTINI, 2000; BARROS et al., 2004; AZEVEDO et al., 2005; OLIVEIRA, et al., 2006). Segundo Villiger (1995), durante a ação muscular resistida dinâmica, a solicitação metabólica

é aeróbia somente em cargas de até 30% 1RM e que o fenômeno associado à ocorrência do AT nesta faixa de intensidade é dito ser hemodinâmico, visto que neste momento a pressão intramuscular, que aumenta de forma linear com a tensão muscular, é maior que a dos capilares, promovendo o conseqüente colapamento destes. Para Tesch e Karlsson (1977), a concentração de lactato não aumentou em cargas inferiores a 25% 1RM, e sim acima desta.

Nesse sentido, apesar de existirem diversas teorias sobre as causas do acúmulo de lactato durante um teste crescente de exercício dinâmico não resistido (ROWELL; SHEPHERD, 1996), durante a realização de exercícios resistidos, o fator preponderante da produção aumentada de lactato é a hipóxia muscular, já que o aporte de oxigênio diminui devido ao colapamento capilar (VILLIGER, 1995).

Além disso, é possível que um maior número de unidades motoras recrutadas em intensidades em torno de 30% 1RM resulte em maior efeito das contrações resistidas, causando a oclusão capilar citada anteriormente, e com isso uma menor oferta de oxigênio e conseqüente acúmulo de lactato. O estudo eletromiográfico tem demonstrado que em intensidades acima do AT há também mudanças no padrão de recrutamento de unidades motoras predominantemente lentas para unidades motoras rápidas, o que explicaria este acúmulo de lactato (HELAL; GUEZENNEC; GOUBEL, 1987).

Ao comparar os nossos resultados com alguns trabalhos prévios, foram encontradas algumas diferenças. O estudo de Oliveira (2006), por exemplo, não observou diferença significativa entre o AT expresso de forma relativa (%1RM) ao comparar os exercícios leg press 45° e supino reto, ao contrário de nosso estudo, que encontrou uma maior intensidade para o exercício leg press 45°. Também, AZEVEDO et al. (2005), não encontrou nenhuma diferença significativa na intensidade do AT (%1RM) quando comparou os exercícios mesa flexora e rosca bíceps, ao passo que em nosso estudo verificamos uma intensidade do AT significativamente maior no exercício rosca bíceps.

Consistente com os achados de Barros et al. (2004) , quando comparamos a intensidade do AT (%1RM) entre os exercícios leg press 45° e rosca bíceps, nenhuma diferença foi verificada ($p>0,05$).

Desta forma, podemos ver que para alguns exercícios resistidos, a intensidade correspondente ao AT é dependente do tipo e da quantidade de músculos solicitados para os mesmos.

Quando a intensidade do AT foi expressa em carga absoluta (Kg), foi observado que esta carga, para o exercício leg press 45°, foi significativamente maior que os demais exercícios resistidos estudados. O fato de o valor do AT neste exercício ter sido maior que nos outros exercícios já era esperado devido à maior massa muscular envolvida no leg press 45°.

Vale lembrar que até o momento presente este foi o primeiro estudo realizado com indivíduos do gênero feminino e que compreendeu a identificação do AT em um grande número de exercícios resistidos, dos quais vários nunca foram identificados, nem mesmo com indivíduos do gênero masculino.

- Variáveis metabólicas durante o exercício

Ao analisar o VO_2 e gasto energético durante a realização dos quatro protocolos de exercício, os resultados demonstraram um maior VO_2 e dispêndio calórico para o exercício em esteira, ao passo que os menores valores foram observados no exercício em circuito, como demonstrado nas figuras 6.5.1.1 e 6.5.2.1. Sabe-se que a intensidade e duração do exercício são variáveis de grande impacto sobre o gasto energético durante uma sessão de exercício físico, mas no presente estudo todos os exercícios foram realizados na mesma intensidade relativa de esforço, apesar de serem exercícios diferentes, e com similar duração de execução de movimento. Desta forma, uma possível explicação para tais achados deve-se à

forma com que os mesmos foram executados, sendo o exercício em esteira realizado de forma contínua, ao passo que o circuito foi intermitente.

Têm sido recomendado pelo American College of Sports Medicine (1998) que 20-60 minutos de atividade aeróbia, 3 a 5 vezes por semana a uma intensidade de 40-85% do $VO_{2\text{máx}}$ pode melhorar a capacidade cardiorespiratória. Adicionalmente, é sugerido que este volume de exercício é equivalente em benefício, seja por esta melhora na capacidade cardiorespiratória (SCHMIDT; BIWER; KALSCHEUER, 2001; OSEI-TUTU; CAMPAGNA, 2005; MACFARLANE; TAYLOR; CUDDILY, 2006) como pela perda de peso (SCHMIDT; BIWER; KALSCHEUER, 2001) se realizado continuamente ou através de sessões repetidas acumuladas ao longo do dia. A partir destas recomendações diversos estudos têm investigado se o gasto energético difere quando o exercício é realizado de forma contínua ou intermitente, e o estudo desta forma de execução vem sendo alvo de muitos debates. Os resultados encontrados em nosso estudo corrobora com Darling, Linderman e Laubach (2005), que também reportaram uma maior produção calórica em 30 minutos de exercício contínuo em relação a 3 sessões de 10 minutos de exercício intermitente, sendo todos realizados na mesma intensidade relativa. Ainda, FULTON et al. (2001) observaram um GET significativamente maior quando 30 minutos de exercício foi executado em uma única sessão quando comparado à sessões múltiplas de 10 minutos. Uma similaridade das calorias dispendidas entre o exercício contínuo e o intermitente foi encontrada no estudo de Peterson, Palmer e Laubach, 2004. Porém, apesar dos estudos citados acima terem comparado o gasto energético quando o exercício é realizado de forma contínua ou intermitente, vale ressaltar que a forma em que os exercícios intermitentes foram realizados nos estudos citados anteriormente não foi a mesma utilizada no presente estudo, e desta forma uma comparação e interpretação entre os resultados deve ser feita com muita cautela.

Alguns aspectos importantes devem ser considerados em relação aos estudos que comparam o exercício contínuo *versus* intermitente. Primeiramente, a maioria dos estudos que utilizam as sessões intermitentes, comumente denominadas na literatura como sessões de exercício acumulativo, não são supervisionadas, ou seja, não há um monitoramento do tempo que os indivíduos gastam se exercitando em cada um dessas sessões e nem da frequência e intensidade dos exercícios realizados. Já em nosso estudo, todo o tempo de execução dos exercícios foi supervisionado, descartando a hipótese de modificações das principais variáveis associadas ao exercício físico, por parte dos indivíduos. Não obstante, sessões múltiplas de exercício realizadas ao longo do dia sofrem influência de algumas variáveis como ingestão alimentar e diferentes intervalos de repouso entre cada sessão. Desta forma, os resultados obtidos devem ser interpretados com cautela, especialmente pela falta de um adequado controle em relação à como o indivíduo realiza estas múltiplas sessões.

Ademais, é importante ressaltar que, embora as duas formas de exercício, contínuo e intermitente, tenham sido utilizadas em nossa pesquisa, a comparação foi feita entre dois diferentes tipos de exercício, sendo um exercício dinâmico cíclico (esteira) e o outro resistido (circuito), ao passo que os estudos prévios comumente utilizam os mesmos tipos de exercício para a comparação. O estudo de Bloomer (2005) se assemelhou ao presente estudo ao comparar o gasto energético entre dois diferentes tipos de exercício, que foram realizados de forma contínua (em cicloergômetro) e intermitente (exercício resistido – agachamento) e o autor evidenciou um maior dispêndio energético também para o exercício contínuo. Porém uma limitação deste estudo foi que o autor não equalizou o tempo de duração de execução do movimento e como o exercício resistido foi intermitente, com um intervalo de repouso entre as séries de 90-120 segundos, o tempo total gasto se exercitando neste exercício foi menor ($6,21 \pm 1,34$ minutos) quando comparado ao exercício aeróbio (30 minutos), o que possivelmente explica os resultados encontrados. Além disso, as intensidades utilizadas para

os diferentes exercícios não foram as mesmas (70%1RM versus 70%VO_{2máx}), pois estas intensidades apresentam comportamentos completamente diferentes, visto que 70%1RM representa uma intensidade muito acima do AT.

Além disso, alguns estudos também falham na forma de mensuração do gasto energético, pois utilizam acelerômetro (JAKICIC et al., 1995; FULTON et al., 2001) e não a calorimetria indireta. Campbell, Crocker e McKenzie (2002) compararam o gasto energético mensurado pelo calorímetro indireto portátil (K4b²) e pelo uso do acelerômetro (Tritrac – R3DTM) em diversas atividades e encontraram que o acelerômetro superestimou o gasto energético para algumas atividades, como caminhada e subestimou para outras (cicloergômetro e subir escadas). Os autores propõem o uso de equações de regressão linear específica como ferramentas para aperfeiçoar a mensuração do gasto energético com o uso do acelerômetro. Cabe ressaltar que no presente estudo foi utilizada a calorimetria indireta, que representa um sistema de mensuração de alta fidedignidade.

Todas essas considerações abordadas anteriormente refletem na dificuldade da comparação dos resultados do presente estudo com achados prévios, visto que este foi o primeiro trabalho que comparou o gasto energético na intensidade do AT entre diferentes tipos de exercício (esteira *versus* circuito), sendo um exercício realizado de forma contínua e o outro intermitente, e que teve o cuidado de equalizar o tempo de duração de execução do movimento.

Ainda dentro do contexto das diferenças encontradas para o gasto energético entre os exercícios em esteira e em circuito está a massa muscular envolvida nas respectivas atividades. Sabe-se que o exercício realizado em esteira recruta um grande número de grupamentos musculares, especialmente os músculos do quadríceps e diversos músculos posturais (TARTARUGA, 2008). De acordo com Montgomery et al. (1994) durante a corrida, os músculos vasto medial e vasto lateral são os principais responsáveis pela extensão do

joelho na fase final do balanço, além de estabilizarem a patela durante a passada. O vasto intermédio não só atua como auxiliador dos músculos vastos medial e lateral na extensão do joelho na fase final do balanço, como também atua excentricamente controlando a flexão do joelho durante a referida fase, desacelerando o movimento de flexão do joelho. Os músculos adutor magno, tensor da fácia lata e glúteo máximo atuam, principalmente, como estabilizadores da pelve e, os ísquios tibiais, como controladores excêntricos da flexão do quadril. Já o circuito, apesar de constituído por alguns exercícios que também envolveram uma grande massa muscular, embora menor que no exercício em esteira, estes não foram realizados por um período prolongado, visto que cada série teve duração de 1 minuto, e desta forma estes foram continuamente alternados por exercícios que utilizam um pequeno grupo muscular, como o exercício rosca bíceps e o pulley tríceps, os quais obtiveram os menores gastos calóricos (ANEXO C). Desta forma, aliado ao fato do exercício em esteira envolver uma massa muscular maior que qualquer exercício resistido que foi estudado, este maior recrutamento muscular na esteira foi solicitado continuamente por um período de 32 minutos, contribuindo para um maior dispêndio calórico.

Vale destacar também que a duração do exercício em esteira possibilitou que o organismo entrasse em condição de “*steady-state*” e então se adaptasse à carga imposta. Sabe-se que para exercícios realizados abaixo ou no AT, o período de transição repouso-exercício é sempre acompanhado por um lento aumento no VO_2 (devido a um atraso do metabolismo aeróbio), até que o organismo atinja uma condição de “*steady-state*”, momento onde a fosforilação oxidativa supre 100% da demanda energética da atividade (NEDER; NERY, 2003). Este período de tempo que o organismo leva para atingir a condição de estabilização é conhecido por déficit de oxigênio e dura em torno de 3-4 minutos (PRANPERO; FERRETTI, 1999).

Partindo do fato que cada estação do circuito teve uma duração de apenas 1 minuto, sugere-se que este tempo tenha sido insuficiente para os exercícios resistidos atingirem o “*steady-state*” e desta forma se adaptarem à carga imposta a cada um deles, apresentando assim menores valores médios de VO_2 e produção calórica que o exercício em esteira. A partir desses questionamentos, poderia ser proposta a realização contínua de um exercício resistido específico, de preferência de grande massa muscular, por um período prolongado, pois talvez esta estratégia aumentaria o gasto energético, promovendo menores ou quem sabe nenhuma diferença em relação à esteira. Entretanto, rotineiramente este tipo de prescrição de exercício é incomum na maioria das academias e o nosso propósito primordial foi tentar prescrever uma forma de treino em circuito que fosse o mais aplicável possível.

Outra possível justificativa para o exercício em esteira ter promovido um gasto energético significativamente maior em relação ao exercício em circuito, é que o gasto calórico deste último possa ter sido subestimado. Segundo Scott (2006), o VO_2 durante um treinamento resistido não interpreta apropriadamente o gasto energético daquela sessão. A explicação dada pelo autor é que fatores como a oclusão do fluxo sanguíneo durante uma contração muscular intensa e a inexistência de um “*steady-state*” fisiológico durante este tipo de exercício refletem em uma capacidade limitada do VO_2 de quantificar o gasto energético durante uma série intensa de leg press ou supino reto, por exemplo.

Nesse sentido, a concentração sanguínea de lactato tem sido utilizada para estimar a contribuição calórica advinda do metabolismo anaeróbio. Para essa estimativa as mensurações do delta da lactacidemia (mmol) são convertidas para valores equivalentes de VO_2 (3ml O_2 Kg^{-1} de massa corpórea para cada milimol de variação do lactato) e em seguida os valores obtidos são convertidos para Quilojoule (KJ) (21,1 KJ por litro de oxigênio). Os resultados têm encontrado um gasto energético significativamente maior quando é realizada esta estimativa da contribuição anaeróbia (SCOTT, 2006 a; SCOTT, 2006, b). Porém, cabe

destacar que a estimativa do gasto energético anaeróbio não foi feita por uma mensuração tida como padrão-ouro, como exposto pelo próprio autor como uma limitação de seu estudo.

Ainda assim, poderia ser levantada a hipótese de um gasto energético subestimado no exercício em circuito do presente estudo. Entretanto, ressalta-se que todos os exercícios resistidos foram executados em intensidade leve-moderada, com o maior valor de carga em $33,13 \pm 5,30 \% 1RM$, intensidade bastante inferior à utilizada no trabalho de Scott (2006 b) que foi de 60 e 80%1RM. Nesse sentido, acreditamos que a carga imposta a cada exercício resistido não tenha sido intensa a ponto de ocasionar uma importante oclusão do fluxo sanguíneo com conseqüente participação significativa do componente anaeróbio para o gasto energético da sessão. Além disso, é importante lembrar que o ácido láctico advindo da via glicolítica anaeróbia é tamponado pelo bicarbonato de sódio ($NaHCO_3$) com conseqüente formação de Na-lactato e ácido carbônico (H_2CO_3). Devido à alta volatilidade do H_2CO_3 , o mesmo se converte em dióxido de carbono, para ser eliminado pelo sistema respiratório (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003). Como a calorimetria indireta (CI) representa um sistema capaz de mensurar o VCO_2 produzido, acreditamos que o gasto energético anaeróbio foi incluído neste tipo de mensuração.

Igualmente importante às comparações com estudos prévios e as hipóteses para explicar as diferenças evidenciadas no gasto energético entre os diferentes tipos de exercício (esteira *versus* circuito), vale analisar também se as calorias dispendidas durante o exercício em esteira, assim como durante o exercício em circuito corroboram com estudos prévios. Nosso estudo demonstrou que 32 minutos de exercício em esteira promoveu um gasto calórico total de $228,99 \pm 43,40$ Cal, valor bastante diferente de alguns estudos prévios, o que se deve em parte a diferenças no desenho experimental. Nesse sentido, o estudo de Bloomer (2005) encontrou um gasto calórico de $441,92 \pm 16,98$ Cal. em 30 minutos de exercício também executado em esteira. Embora a duração e o tipo de exercício tenha sido similar entre

os estudos, a intensidade em que os indivíduos foram submetidos foi diferente. Enquanto no trabalho de Bloomer esta intensidade foi de 73% do $VO_{2m\acute{a}x}$ e foi realizado em homens, no presente estudo ela correspondeu a uma intensidade média de $53,64 \pm 11,98 \%VO_{2m\acute{a}x}$ e foi executada por mulheres. Essas duas variáveis aliadas, intensidade e gênero, podem explicar o maior gasto energético encontrado no estudo de Bloomer, partindo do pressuposto que um maior gasto energético é observado em exercícios mais intensos e que indivíduos do gênero masculino parecem apresentar um maior gasto calórico comparado ao gênero feminino, quando ambos se exercitam na mesma intensidade relativa de esforço físico (PHILLIPS; ZIURAITIS, 2004; WALLIS et al., 2006;). Em contrapartida, o dispêndio calórico observado no estudo de Peterson, Palmer e Laubach (2004) se assemelha mais com os nossos achados, ao verificarem um gasto energético de $273,6 \pm 45,7$ Cal. em 30 minutos de exercício em esteira a uma intensidade de 70% $VO_{2m\acute{a}x}$.

No exercício resistido, a comparação do gasto energético decorrente deste tipo de exercício com estudos prévios se torna mais difícil, pois comumente ele é realizado em altas intensidades. Desta forma há uma lacuna na literatura sobre o comportamento de algumas variáveis metabólicas, em especial o gasto energético, quando indivíduos são submetidos a este tipo de exercício na forma de circuito e na intensidade do AT. A média das Cal/min que nós obtivemos nos exercícios resistidos variou de $1,94 \pm 0,28$ Cal/min. (exercício *pulley tríceps*) para um máximo de $3,46 \pm 0,55$ Cal/min. (exercício supino reto). Estes valores se mostram bastantes inferiores aos encontrados em diversos estudos. Scala (1987) analisou o gasto energético de exercícios de pequena e grande massa muscular, sendo a média das calorias por minuto para o exercício agachamento de 11,50 Cal/min., ao passo que no supino, a média foi de 6,8 Cal/min. É imprescindível destacar que estes exercícios foram realizados em uma intensidade média de 62,5% de 1RM, que se comparada ao presente estudo correspondeu ao dobro da maior intensidade encontrada.

Phillips e Ziuraitis (2003) avaliaram uma sessão de exercício resistido, em homens e mulheres jovens, que foram submetidas a uma série de 15 RM em oito exercícios resistidos, sendo cada exercício executado em um 1 minuto e dois minutos de intervalo entre cada série. A velocidade de execução de cada série foi de 4 segundos, sendo 2 segundos para a fase excêntrica e 2 segundo para a concêntrica. O gasto calórico médio da sessão foi de $5,63 \pm 0,70$ Cal/min para os homens e $3,41 \pm 0,50$ Cal/min para as mulheres. Como observado, o gasto energético das mulheres deste estudo foi maior que as $2,68 \pm 0,43$ Cal/min encontradas em nosso trabalho. Porém pode-se notar diferenças de protocolo entre os estudos em relação a algumas variáveis do circuito, tais como intensidade, intervalo de repouso entre as séries, velocidade de execução do movimento, além do gasto calórico médio do estudo de Phillips e Ziuraitis (2003) ser decorrente de uma quantidade média de calorias dispendidas enquanto os indivíduos se exercitavam e repousavam, ao passo que em nosso estudo este valor calórico refletiu somente a média do que foi gasto para a execução dos exercícios, excluindo os momentos de repouso. Interessantemente, o mesmo autor encontrou um gasto calórico para os homens de $3,50 \pm 0,60$ Cal/min e $2,90 \pm 0,70$ Cal/min para as mulheres, ao estudar indivíduos idosos (PHILLIPS; ZIURAITIS, 2004), gasto inferior ao encontrado em seu estudo de 2003. Entretanto o autor relata que estas diferenças podem ser atribuídas pelo uso de diferentes equipamentos utilizados para a mensuração do gasto energético e que os exercícios resistidos estudados não foram os mesmos.

Embora o treinamento resistido realizado em forma de circuito seja extensivamente estudado e utilizado por um grande número de indivíduos, em geral mulheres, é de nosso conhecimento que as respostas advindas deste tipo de treino é altamente dependente de diversas variáveis como intensidade, frequência do treino, número de séries, intervalo de recuperação, número de repetições, velocidade de execução, além da possibilidade de inúmeras combinações de exercícios e ordem em que os mesmos são

realizados. O comportamento destas variáveis é de tal importância que alguns artigos de revisão recentes têm discutido o impacto de algumas delas, tais como velocidade de execução de movimento (PEREIRA; GOMES, 2003), que muitas vezes não é mencionada nos estudos e intervalos de repouso entre as séries (WILLARDSON, 2006) sobre os diversos benefícios obtidos com o treinamento resistido. Haltom (1999), ao avaliar o gasto energético em dois protocolos de circuito, que tinha como única diferença o intervalo de repouso entre as séries (20 *versus* 60 segundos) encontrou uma maior produção calórica para o protocolo de 20 segundos ($8,51 \pm 0,47$ Cal/min) quando comparado ao de 60 segundos ($6,70 \pm 0,29$ Cal/min), demonstrando a influência desta variável sobre o dispêndio energético.

Em nosso estudo, o exercício resistido em forma de circuito também foi executado conjuntamente ao exercício em esteira em uma mesma sessão, que foi denominado de protocolos mistos. Nosso objetivo foi verificar se uma sessão mista apresenta o mesmo gasto calórico que o exercício realizado somente em esteira, somente em circuito, assim como verificar se a ordem em que os diferentes tipos de exercício (esteira *versus* circuito) realizados em uma mesma sessão influenciam no gasto calórico. Os resultados demonstraram que ambos os protocolos circuito/esteira e esteira/circuito apresentaram uma produção calórica significativamente maior que o exercício somente em circuito e menor que o exercício somente em esteira (figura 6.5.2.1). Estes achados já eram esperados, visto que a principal contribuição calórica nos protocolos mistos foi a esteira (figuras 6.5.2.3). Quando a comparação foi realizada entre os protocolos mistos nenhuma diferença estatística foi encontrada ($p > 0,05$). Isto significa que o gasto energético não foi influenciado quando uma sessão de exercício foi iniciada pelo circuito, seguida pela esteira ($4,86 \pm 0,73$ Cal/min) e vice-versa ($4,86 \pm 0,87$ Cal/min). Corroborando com nossos resultados, Farinatti (2009) também não encontrou nenhuma diferença estatística ao investigar o efeito de diferentes ordens de exercício resistido sobre o gasto energético. Igualmente à ordem em que diferentes

exercícios são executados, Kang, Schweitzer e Hoffman (2003) também não encontraram diferença no gasto energético quanto à ordem que diferentes intensidades (50 e 70% $\text{VO}_{2\text{máx}}$) de um mesmo exercício (esteira) são executadas. Isto nos sugere que a ordem em que diferentes tipos de exercício são realizados não influencia em alguns parâmetros metabólicos, uma vez que o VO_2 para cada tipo de exercício na sessão mista também não diferiu quando foi modificada a ordem em que os mesmos foram realizados.

Ainda investigando a resposta metabólica durante o exercício, outro propósito do estudo foi analisar o comportamento da lactacidemia durante os exercícios em esteira, circuito, circuito/esteira e esteira/circuito e verificar a possibilidade de uma fase estável do lactato nestes mesmos protocolos.

Os resultados demonstraram algumas diferenças nos valores lactacidêmicos durante a realização dos quatro protocolos de exercício citados acima. A lactacidemia durante o exercício em esteira, nos protocolos somente em esteira e esteira/circuito foi similar: esteira ($1,85 \pm 1,22$; $1,84 \pm 1,43 \text{ mmol/l}$) e esteira/circuito ($1,98 \pm 1,33$; $2,08 \pm 1,79 \text{ mmol/l}$). Por outro lado, foram encontrados maiores valores lactacidêmicos durante a realização do exercício em esteira no protocolo circuito/esteira ($3,04 \pm 1,27$; $2,20 \pm 0,88 \text{ mmol}$). Isto significa que dos três protocolos que envolveram o exercício em esteira, dois apresentaram comportamento similar da lactacidemia durante a execução em esteira (esteira e esteira/circuito) e apenas um apresentou valores lactacidêmicos mais altos (circuito/esteira), como ilustrado na figura 6.5.3.1. É importante lembrar que todos os exercícios em esteira foram realizados na intensidade do AT, portanto não nos parece que a variável intensidade tenha exercido qualquer influência sobre essas diferenças e muito menos o tipo de exercício, visto que foi o mesmo. A explicação para estes maiores valores lactacidêmicos no protocolo circuito/esteira, é que o exercício em esteira, nesta sessão de exercício, foi realizado logo após o término do circuito. E de acordo com a figura 6.5.3.1, o exercício em circuito atingiu

valores altos durante sua execução, fazendo com que o exercício em esteira já fosse iniciado com valores elevados.

Uma observação relevante é que esta diferença no valor da lactacidemia entre os diferentes tipos de exercício (esteira versus circuito) não aconteceu somente no protocolo circuito/esteira, ou seja, a lactacidemia no exercício em circuito foi sempre maior em relação ao exercício em esteira e estes achados são de grande importância, partindo-se do pressuposto que ambos os exercícios esteira e circuito foram executados na mesma intensidade relativa de esforço e com similar duração de execução de movimento.

Sabe-se que a concentração sanguínea de lactato reflete o equilíbrio entre sua produção no músculo esquelético e sua remoção e que diversos fatores são capazes de influenciar essa concentração, como: composição dos diferentes tipos de fibras musculares, capacidade respiratória muscular, densidade capilar, oxidação preferencial de gorduras como substrato energético, assim como o transporte facilitado do lactato através das membranas celulares (MCTs). Desta forma, é provável que a associação, ao menos parcial, desses fatores tenha exercido potencial efeito sobre as diferentes respostas lactacidêmicas encontradas.

Como descrito anteriormente, a proposta deste estudo em relação à lactacidemia foi investigar não só o comportamento deste metabólito durante o exercício, mas principalmente verificar se há uma fase estável do lactato nos exercícios estudados.

Vale ressaltar que a verificação desta condição de “steady state” do lactato era somente realizada em exercícios dinâmicos cíclicos, e que o presente estudo foi o primeiro a estudar o comportamento lactacidêmico em exercício resistido, quando este é executado na forma de circuito e na intensidade do AT. Alguns autores adotam como critério para prever a máxima fase estável do lactato (MSLL) quando o dela deste metabólito na varia mais que 1mmol/ entre o vigésimo e trigésimo minuto de exercício, como proposto por Heck (1985), ao passo que há também critérios mais rigorosos, como uma variação menor que 0,2 entre os

minutos 10 e 20 de exercício ou até mesmo nos 20 minutos finais (BENEKE, 1999). No exercício em circuito nós estabelecemos que a possível fase estável do lactato deveria acontecer quando o delta da lactacidemia não variasse mais que 1 mmol/ entre cada volta e não dentro de um tempo pré-estabelecido. Para o exercício em esteira o lactato também não deveria variar mais que 1 mmol, entre o vigésimo e o trigésimo minuto.

Os resultados demonstraram que todos os protocolos utilizados no presente estudo possibilitaram a existência de uma fase estável do lactato.

Um achado interessante em relação ao circuito foi que, independente do protocolo analisado, esta fase estável foi encontrada a partir da 2ª volta do circuito, permanecendo estável nas seguintes voltas. O tempo, expresso em minutos, para atingir esta condição de “steady state” foi de 17 minutos. Entretanto, se condição em que as voluntárias foram impostas representa a máxima fase estável do lactato não pode ser afirmada, pois os protocolos de exercício deste estudo não foram realizados em uma intensidade acima do AT. Esta vem sendo uma linha de pesquisa desenvolvida em nosso laboratório e que possivelmente contribuirá para um melhor entendimento do comportamento lactacidêmico durante a realização do exercício resistido.

- Variáveis Metabólicas no período pós-exercício

Como exposto ao longo desta dissertação, estudar o comportamento do VO_2 , gasto energético e lactacidemia durante o exercício são de grande importância, porém o estudo destas variáveis não deve ser restrito somente durante a realização do exercício, pois se sabe que no período pós-exercício ainda há um gasto adicional até que o organismo retorne a sua condição basal e por esta razão, nosso estudo buscou analisar também, o comportamento dessas mesmas variáveis metabólicas no período pós-exercício.

Ao analisar primeiramente o VO_2 e o subsequente gasto energético durante o componente rápido do EPOC, que teve uma duração padronizada de 2 minutos para todos os protocolos, os maiores valores para estas variáveis neste período de tempo foram encontrados nos protocolos em esteira e em circuito/esteira, não sendo encontrada diferença estatística entre eles. Estes resultados não nos surpreendem visto que no protocolo de exercício em circuito/esteira o último exercício realizado foi a esteira e o VO_2 durante este tipo de exercício (esteira) foi similar ao volume consumido quando somente o exercício em esteira foi realizado. Sendo assim, os dois protocolos terminaram com similares valores de VO_2 , que refletiram ultimamente em similares VO_2 e gasto calórico no componente rápido do EPOC.

A falta de trabalhos que tenham analisado o componente rápido do EPOC dificulta a interpretação dos nossos resultados, pois não temos estudos prévios para fazer comparações.

Do mesmo modo que o componente rápido do EPOC, nós também não encontramos na literatura trabalhos experimentais que tenham analisado o componente lento do EPOC. Sabe-se que este componente é altamente dependente da lactacidemia, pois grande parte do lactato produzido durante a contração muscular é oxidado principalmente no fígado, coração e em menor extensão nos rins. Desta forma, quando maior for a lactacidemia, maior será o VO_2 . Outro fator importante é que, muitos autores têm encontrado uma maior oxidação lipídica no período pós-exercício em relação à metabolização desse mesmo substrato durante o exercício, com o intuito de poupar o uso do carboidrato, que neste momento é preferencialmente destinado ao restabelecimento de glicogênio. Vale lembrar que para cada grama de carboidrato oxidado, há um VO_2 de aproximadamente 828,8 ml, ao passo que para oxidar 1 grama de lipídeo, o VO_2 é bem maior, em torno de 2019,3 ml, ou seja, quanto mais o organismo estiver dando preferência à oxidação lipídica maior será o VO_2 neste momento, com conseqüente diminuição no QR (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003).

Desta forma, avaliar o comportamento da lactacidemia, assim como verificar qual substrato está sendo oxidado é de fundamental importância para uma melhor interpretação do componente lento do EPOC. Os nossos resultados constataram que independente do protocolo de exercício, nenhuma diferença estatística foi observada em relação à magnitude do VO_2 no componente lento, porém houve uma tendência para um maior VO_2 no protocolo de exercício em esteira, seguido pelo protocolo de exercício em circuito. É interessante notar que, como demonstrado na tabela 6.6.3.1, apesar da lactacidemia no período pós-exercício ter diminuído, para ambos os protocolos, em relação à produção durante o exercício, o valor permaneceu significativamente maior no protocolo em circuito, quando comparado ao protocolo em esteira, nos minutos 10, 20, 30 e 40 pós-exercício. Além disso, embora o presente estudo não tenha analisado a oxidação de substratos, nós observamos maiores valores do QR durante o exercício em circuito quando comparado ao exercício em esteira. Essas respostas metabólicas associadas, lactacidemia e QR, levariam a um maior VO_2 no exercício em circuito em relação ao exercício em esteira, porém nós acreditamos que mesmo que o exercício em circuito tenha consumido mais oxigênio, como consequência de maiores valores lactacidêmicos e do QR, este maior consumo não refletiu em uma maior magnitude, pois o VO_2 ao final do exercício em circuito apresentou valores muito menores que o exercício em esteira.

Em relação às calorias dispendidas no componente lento do EPOC, foi observado um comportamento similar ao VO_2 neste mesmo período, entretanto, foi encontrada uma diferença significativa entre os protocolos circuito/esteira e esteira/circuito. Vale ressaltar que não necessariamente o VO_2 apresenta o mesmo comportamento que a produção calórica, pois para cada litro de oxigênio que é consumido, a produção calórica varia de acordo com o substrato que está sendo metabolizado.

A duração total do EPOC (componente rápido + componente lento), em minutos, não foi diferente entre os protocolos de exercício estudados ($p>0,05$), visto que a intensidade relativa em todos os protocolos foram as mesmas. Se comparado com diversos estudos prévios, as durações do EPOC encontradas em nosso estudo, quando comparadas a diversos estudos prévios foram menores.

A principal explicação para tal discrepância é que a intensidade do exercício tem um potencial efeito sobre o EPOC e como em todos os protocolos de exercício do presente estudo a intensidade foi moderada e não intensa isto promoveu um EPOC bem menos expressivo. Diversos estudos que comparam o efeito de diferentes intensidades em relação à duração do EPOC têm encontrado um EPOC significativamente mais duradouro para exercícios mais intensos (LAFORGIA, 1997; PHELAIN et al., 1997; THORNTON, POTTEIGER, 2002).

Embora a duração total do EPOC não tenha sido estatisticamente diferente entre os protocolos analisados, a média das calorias dispendidas apresentou diferenças entre alguns exercícios.

Quando foi comparado o efeito de diferentes tipos de exercício (esteira *versus* circuito) em relação ao gasto energético de todo o período do EPOC, verificamos um dispêndio calórico significativamente maior para o exercício em esteira em relação ao circuito, como demonstrado na figura 6.6.2.3. O efeito de diferentes modos de exercício tem sido alvo de investigação em alguns estudos (BURLESON et al., 1998; BRAUN; HAWTHORNE; MARKOFSKI, 2005). Consistente com os achados do presente estudo, estes autores também têm encontrado diferentes magnitudes de VO_2 e gasto calórico quando diferentes tipos de exercício são realizados. Embora haja uma concordância de que o tipo e intensidade do exercício sejam capazes de promover diferentes magnitudes do EPOC, nossos resultados são contrários a estes estudos prévios em relação a qual modo de exercício

apresenta uma maior magnitude. Enquanto nós encontramos maiores valores para o exercício em esteira, estudos prévios demonstram que o exercício resistido apresenta uma maior magnitude (BURLESON et al., 1998; BRAUN; HAWTHORNE; MARKOFSKI, 2005). Porém, vale lembrar que a maioria dos estudos com exercício resistido é feito em intensidades mais altas quando comparado ao exercício em esteira, o que explica o maior EPOC encontrado neste tipo de exercício. Diferentemente destes estudos, nós utilizamos a mesma intensidade relativa para os dois tipos de exercício.

Um fator importante a ser considerado quando o exercício resistido é realizado na forma de circuito, diz respeito à duração de intervalo entre as estações, pois esta representa uma variável de grande impacto sobre o EPOC. Nesse sentido, intervalos mais curtos produzem um maior EPOC quando comparado a intervalos maiores (HALTOM et al., 1999). Apesar do conhecimento sobre este comportamento, no presente estudo foi adotado um intervalo de um minuto, devido ao tempo necessário para o transporte do analisador de gases acoplado ao sistema computacional e também por representar um intervalo de recuperação bastante utilizado em academias. Interessantemente, neste mesmo estudo onde os autores observaram uma maior magnitude do EPOC no protocolo de circuito de menor intervalo de repouso, o gasto calórico total da sessão, considerando o momento durante e pós-exercício foi maior para o protocolo de maior tempo de intervalo. A partir destes resultados consideramos pertinente computar o gasto energético durante e pós-exercício, pois a maioria dos estudos somente contabiliza o gasto de um único momento.

Diferente dos resultados observados por Haltom et. al (1999), os achados do nosso estudo revelaram que o exercício somente em esteira continuou sendo o protocolo que promoveu o maior gasto energético em relação aos demais e o exercício somente em circuito o de menor gasto energético. Isto quer dizer que o exercício capaz de dispendir uma maior quantidade de calorias foi realmente o exercício em esteira.

Embora seja muito conhecido o efeito de diversas variáveis sobre a magnitude e duração do EPOC, pouco é explorado na literatura sobre o efeito da ordem em que diferentes tipos de exercício são realizados. Nossos resultados constataram um dispêndio calórico significativamente maior no protocolo circuito/esteira em relação ao esteira/circuito, sugerindo que a ordem de execução dos exercícios é capaz de promover diferenças no gasto energético pós-exercício.

Uma consideração de grande importância no estudo do EPOC é que não há até o momento uma padronização metodológica em relação a vários aspectos, o que dificulta a interpretação dos resultados. Como exemplo, alguns autores utilizam comparações estatísticas entre o valor pré e o pós-exercício para determinar o momento do término do EPOC (BRAUN; HAWTHORNE; MARKOFSKI, 2005; THORNTON; POTTEIGER, 2002) e para isso utilizam grandes intervalos de tempo para tal análise. Entretanto, por este método não se sabe com precisão qual foi realmente o minuto em que houve término. Outro método, que foi o utilizado pelo presente estudo, adota como critério do término do EPOC quando o VO_2 retorna ao valor basal (SHORT; SEDLOCK, 1997) com um desvio padrão, sendo esta análise feita a cada minuto da recuperação, ao longo dos 40 minutos de mensuração. Escolhemos este último por fornecer uma maior precisão da duração do EPOC.

O último propósito deste estudo foi verificar se as calorias dispendidas no período pós-exercício foram suficientes para promover uma diferença no gasto energético total da sessão e os resultados constataram que embora a produção calórica total (exercício + pós-exercício), para todos os protocolos, tenha sido maior quando comparada às calorias gastas somente durante a realização do exercício, este maior gasto apresentou ser estatístico apenas para o exercício em circuito, como demonstrado nas figuras 6.6.2.1, 6.6.2.2, 6.6.2.3 e 6.6.2.4.

Considerações Finais e Sugestões para Futuros Estudos

Acreditamos que este estudo tenha contribuído, ao menos parcialmente, para o auxílio na prescrição de um exercício físico, pois procuramos estudar variáveis do exercício que são pouco exploradas na literatura. Entretanto, é imprescindível considerar algumas limitações de nosso trabalho e sugerir propostas para futuras investigações. Apesar de nos atentarmos para o controle de diversas variáveis que em geral não são monitoradas por muitos autores, este estudo não realizou o controle do ciclo menstrual das voluntárias. Enquanto alguns autores relatam que o exercício realizado na fase luteal induz um maior gasto energético do exercício (MATSUO; SAITOH; SUZUKI, 1999), quando comparado à fase folicular, há também relatos de que o gasto energético do exercício não é influenciado pelas diferentes fases do ciclo menstrual (FUKUBA et al., 2000; HORTON et al., 2002). Embora alguns autores não tenham encontrado influência desta variável sobre o gasto energético durante e pós-exercício, nós não podemos afirmar que as diferenças em relação a produção calórica constatadas neste estudo foram independentes do ciclo menstrual, pois não realizamos este controle.

Uma segunda consideração é que houve um intervalo de tempo relativamente grande (aproximadamente 2 e 3 semanas) entre a determinação da carga máxima e a execução dos quatro protocolos de exercício e desta forma é possível que a carga máxima das voluntárias tenha se alterado, para alguns exercícios resistidos, o que refletiria em mudanças na carga de trabalho correspondente à intensidade do AT, embora elas tenham sido orientadas a não modificarem seus exercícios físicos ao longo de todo o experimento. A justificativa para este maior espaçamento de tempo foi no objetivo de prevenir a influência que um exercício poderia exercer sobre o próximo a ser realizado, seja na determinação da carga máxima ou na determinação do AT.

Embora os resultados encontrados sejam de grande aplicabilidade, vale ressaltar que este foi um estudo agudo, e desta forma é de fundamental importância que futuros estudos sejam realizados cronicamente, para verificar se os protocolos estudados são igualmente eficazes em alterar a intensidade associada ao AT, em promover melhoras na composição corporal, entre outros parâmetros. Também nos parece muito relevante comparar as respostas metabólicas obtidas em nosso estudo com indivíduos do gênero masculino e indivíduos obesos, pois se sabe que cada um desses grupos apresenta uma resposta metabólica diferenciada.

CONCLUSÕES

A partir dos resultados do presente estudo podemos concluir que:

- Foi possível identificar o limiar anaeróbio em todos os exercícios resistidos, assim como no exercício em esteira;
- Os exercícios em esteira e em circuito apresentaram consumos de oxigênio e gastos energéticos distintos, mesmo realizados na mesma intensidade relativa de esforço (limiar anaeróbio) e com similar duração de execução de movimento;
- O consumo de oxigênio e o gasto energético durante o exercício não foi influenciado pela ordem de execução dos protocolos mistos;
- A magnitude do consumo de oxigênio e gasto energético no componente rápido do EPOC foi influenciada pela execução de diferentes tipos de exercício (esteira *versus* circuito);
- A ordem de execução dos protocolos mistos promoveu diferenças sobre a magnitude do consumo de oxigênio e gasto energético no componente rápido do EPOC, mostrando ser um componente altamente dependente do último tipo de exercício realizado;
- A duração e magnitude do consumo de oxigênio no componente lento do EPOC não foram influenciadas pela realização de diferentes tipos de exercício (esteira *versus* circuito), assim como pela ordem de execução dos mesmos;

- A magnitude da produção calórica no componente lento do EPOC não foi influenciada pela realização de diferentes tipos de exercício (esteira versus circuito), como também pela ordem de execução dos mesmos em uma única sessão;
- O tempo de duração total do EPOC não diferiu entre os protocolos de exercício estudados;
- Os exercícios em esteira e em circuito promoveram diferentes respostas sobre as calorias dispendidas durante todo o tempo de duração do EPOC;
- A ordem de execução dos protocolos mistos foi capaz de promover diferentes respostas sobre as calorias dispendidas durante todo o tempo de duração do EPOC;
- A concentração sangüínea de lactato após um exercício diferiu quando diferentes tipos de exercício foram realizados na intensidade do AT, com similar duração;
- A concentração sangüínea de lactato após o exercício é dependente do último tipo de exercício realizado em uma sessão mista.
- Foi identificada uma fase estável do lactato no exercício resistido, que para todos os exercícios que envolveram a realização do circuito ocorreu a partir da 2ª volta.

REFERÊNCIAS

- AGOSTINI, G. G. **O estudo do limiar de lactato em exercício resistido**. 2000. 128f. Dissertação (Mestrado em Ciências Fisiológicas) - Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2000.
- AHMAIDI, S. et al. Respiratory gas exchange indices used to detect the blood lactate accumulation threshold during an incremental exercise test in young athletes. **European Journal of Applied Physiology**, v. 66, n. 1, p. 31-36, jan. 1993.
- ALMARWAEY, O. A.; JONES, A. M.; TOLFREY, K. Maximal lactate steady state in trained adolescent runners. **J. Sports Sci.**, v. 22, n. 2, p. 215-225, feb. 2004.
- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE, Position Stand: the recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 30, N. 6, p. 975-991, 1998.
- AREND, B. Lactate transporters (MCT proteins) in heart and skeletal muscle. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 32, n.4, p. 778-789, april. 2000.
- ARKINSTALL, M. J. et al. Regulation of fuel metabolism by preexercise muscle glycogen content and exercise intensity. **Journal of Applied of Physiology**, v. 97, p. 2275-2283, july. 2004.
- ASTRAND, P. et al. **Tratado de Fisiologia do Trabalho, Bases Fisiológicas do Exercício**. Porto Alegre: Artmed, 2006, 4ª edição, p. 560.
- AUNOLA, S.; RUSKO, H. Does anaerobic threshold correlate with maximal lactate steady-state? **Journal of Sports Sciences**, v. 10, n. 4, p. 309-323, aug. 1992.
- AZEVEDO, P. H. S. et al. Identificação do limiar de lactato nos exercícios resistidos: rosca bíceps e mexa flexora. **Lecturas: EF y Deportes**, n. 87, 2005
- BAHR, R. et al. Effect of duration of exercise on excess postexercise O₂ consumption. **Journal of Applied Physiology**, v. 62, n. 2, p. 485-490, 1987.
- BALIKIAN, P. et al. Consumo máximo de oxigênio e limiar anaeróbio de jogadores de futebol: comparação entre as diferentes posições. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 8, n. 2, p. 32-36, mar./abr. 2002.
- BALLOR, D. L. et al. Contrasting Effects of Resistance and Aerobic Training on Body Composition and Metabolism After Diet-Induced Weight Loss. **Metabolism**, Burlington v. 45, n. 2, p. 179-183, feb. 1996.
- BARROS, C. L. M. et al. Limiar de lactato em exercício resistido. **Motriz**, v. 10, n. 1, p. 31-36, 2004.

BENEKE, R.; VON DUVILLARD, S. P. Determination of maximal lactate steady state response in selected sports events. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 28, n. 2, p. 241-246, febr. 1996.

BERG, J. M.; TYMOCZKO, J. L.; STRYER, L. **Bioquímica**. Guanabara Koogan, 6ª edição, p. 1154.

BERRY, M. J. et al. Dissociation of the ventilatory and lactate thresholds following caffeine ingestion. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 23, n. 4, p. 463-469, april. 1991.

BERTHON, P. M. et al. Human skeletal muscle carnitine palmitoyltransferase I activity determined in isolated intact mitochondria. **Journal of Applied Physiology**, v. 85, n. 1, p. 148-153, july. 1998.

BINZEN, C. A.; SWAN, P. D.; MANORE, M. M. Postexercise oxygen consumption and substrate use after resistance exercise in women. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 33, n. 6, p. 932-938, jun. 2001.

BISHOP, D. et al. High-intensity exercise acutely decrease the membrane content of MCT1 e MCT4 and buffer capacity in human skeletal muscle. **Journal of Applied Physiology**, v. 102, 616-621, 2007.

BLOOMER, R. J. Energy cost of moderate-duration resistance and aerobic exercise. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 19, n. 5, p. 878-882, 2005.

BORSHEIM, E. et al. Androgenic control of post-exercise metabolism. **Acta Physiol Scand**, v. 162, n. 3, p. 313-323, febr. 1998.

BORSHEIM, E.; BAHR, R. Effect of Exercise Intensity, Duration and Mode on Post-Exercise Oxygen Consumption. **Sports Medicine**, Oslo, v. 33, n. 14, p. 1037-1060. 2003.

BOSHER, K. J. et al. Effects of different macronutrient consumption following a resistance-training session on fat and carbohydrate metabolism. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 18, n. 2, p. 212-219, 2004.

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

BURLESON, M. A. J. R. et al. Effect of weight training exercise and treadmill exercise on post-exercise oxygen consumption. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 30, n. 4, p. 518-522, april. 1998.

CAIOZZO, V. J. et al. A comparison of gas exchange indices used to detect the anaerobic threshold. **Journal of Applied Physiology**, v. 53, n. 5, p. 1184-1189, 1982.

CAMPBELL, K. L.; CROCKER, P. R. E.; MCKENZIE, D. C. Field evaluation of energy expenditure in women using Tritrac accelerometers. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 34, n. 10, p. 1667-1674, oct. 2002.

CARSTEN, J. Lactate-proton cotransport in skeletal muscle. **Physiological Reviews**, v. 77, n. 2, p. 321-358, april. 1997.

CHAD, K. E.; QUIGLEY, B. M. Exercise intensity: effect on postexercise O₂ uptake in trained and untrained women. **Journal of Applied Physiology**, v. 70, n. 4, p. 1713-1719, 1991.

COGGAN, A. R. et al. Fat metabolism during high-intensity exercise in endurance-trained and untrained men. **Metabolism**, v. 49, n. 1, p. 122-128, jan. 2000.

COYLE, E. F. et al. Fatty acid oxidation is directly regulated by carbohydrate metabolism during exercise. **American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism**, v. 273, n. 2, p. 268-275, 1997.

CURI, R. et al. Ciclo de Krebs como fator limitante na utilização de ácidos graxos durante o exercício aeróbio. **Arq. Bras. Endocrinol. Metab**, São Paulo, v. 47, n. 2, abr. 2003.

DARLING, J. L.; LINDERMAN, J. K.; LAUBACH, L. L. Energy expenditure of continuous and intermittent exercise in college-aged males. **Journal of Exercise Physiology online**, v. 8, n. 4, p. 1-8, 2005.

DEAN, T. M.; PERREAULT, L.; MAZZEO, R. S.; HORTON, T. J. No effect of menstrual cycle phase on lactate threshold. **Journal of Applied Physiology**, v. 95, n. 6, p. 2537-2543, dec. 2003.

DÍAZ, E.; SALAZAR, G.; SAAVEDRA, C. Gasto Energético e Atividade Física. In: TIRAPEGUI, J. **Nutrição, Metabolismo e Suplementação na Atividade Física**. São Paulo: Atheneu, 2005. p. 253-265.

DIENER, J. R. C. Calorimetria indireta. **Revista da Associação Médica Brasileira**, v. 43, n. 3, p. 245-253, 1997.

DOKKEN, B. B.; TSAO, T. The Pshysiology of Body Weight Regulation: Are we too Efficient for Our Own Good? **Diabetes Spectr**, v. 20, n. 3, p. 166-170, july 2007.

FARINATTI, P. T. et al. Influence of exercise order on oxygen uptake during strength training in young women. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 23, n. 3, p. 1037-1044, may. 2009.

FARREL, P. A. et al. Plasma lactate accumulation and distance running performance. **Medicine and Science in Sports**, v. 11, n. 4, p. 338-344, 1979.

FARREL, P. A. et al. Plasma lactate accumulation and distance running performance. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 25, n. 10, p. 1091-1097, oct. 1993.

FEBBRAIO, M. A. et al. Effect of epinephrine on muscle glycogenolysis during exercise in trained men. **Journal of Applied Physiology**, v. 84, n. 2, p. 465-470, 1998.

FELBER, J. P.; GOLAY, A. Regulation of Nutrient Metabolism and Energy Expenditure. **Metabolism**, v. 44, n. 2, p. 4-9, 1995.

FETT, C. A.; FETT, W. C. R.; MARCHINI, J. S. Gasto Energético de Repouso Medido vs. Estimado e Relação com a Composição Corporal de Mulheres. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**, v. 50, n. 6, p. 1050-1058, dez. 2006.

FOSS, M. L.; KETELYIAN, S. J. **Bases Fisiológicas do Exercício e do Esporte**. Guanabara Koogan, 6ª edição, 2000, p. 578.

FOUREAUX, G.; PINTO, K. M. C.; DÂMASO, A. Efeito do consumo excessivo de oxigênio após exercício e da taxa metabólica de repouso no gasto energético. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 12, n. 6, p. 393-398, nov/dez. 2006.

FREY, G. C.; BYRNES, W. C.; MAZZEO, R. S. Factors influencing excess postexercise oxygen consumption in trained and untrained women. **Metabolism**, v. 42, n. 7, p. 822-828, july. 1993.

FUKUBA, Y. The effect of dietary restriction and menstrual cycle on excess post-exercise oxygen consumption (EPOC) in young women. **Clinical Physiology**, v. 20, n. 2, p. 165-169, 2000.

FULTON, J. E., L. C. Masse, S. R. Tortolero, et al. Field evaluation of energy expenditure from continuous and intermittent walking in women. **Med Sci Sports Exerc**, p. 163-170, 2001.

GAESSER, G. A.; POOLE, D. C. Lactate and ventilatory thresholds: disparity in time course of adaptations to training. **Journal of Applied Physiology**, v. 61, n. 3, p. 999-1004, 1986.

GOMES, M. R.; GUERRA, I.; TIRAPEGUI, J. Carboidratos e Atividade Física. In: TIRAPEGUI, J. **Nutrição, Metabolismo e Suplementação na Atividade Física**. São Paulo: Atheneu, 2005. p. 29-38.

GONÇALVES, M. Limiar de fadiga eletromiográfico. In: Denadai BS. Avaliação aeróbia. Rio Claro: Motrix, 2000.

GORAN, M. I. Energy metabolism and obesity. **Medical Clinics of North America**, v. 84, n. 2, p. 347-362, march. 2000.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Textbook of Medical Physiology**. Elsevier Saunders, 11th edition, 2006, p. 1116.

HALTOM, R. W. et al. Circuit weight training and its effects on excess postexercise oxygen consumption. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 31, n. 11, p. 1613-1618, nov. 1999.

HARRIS, J. A. & BENEDICT, F. G. A Biometric study of Basal Metabolism in Man. Boston: Carnegie Institution of Washington, 1919.

HAVERTY, M.; KENNEY, W. L.; HODGSON, J. L. Lactate and gas exchange responses to incremental and steady state running. **British Journal of Sports Medicine**, v. 22, n. 2, p. 51-54, 1988.

HECK, H. et al. Justification of the 4-mmol/l lactate threshold. **International Journal of Sports Medicine**, v. 6, n. 3, p. 117-130, jun. 1985.

HELAL, J. N.; GUEZENNEC, C. Y.; GOUBEL, F. The aerobic-anaerobic transition: the re-examination of the threshold concept including and electromyographic approach. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 56, n. 6, 643-649, 1987.

HENDERSON, G. C. et al. Lipolysis and fatty acid metabolism in men and women during the postexercise recovery period. **The Journal of Physiology**, v. 584, n. 3, p. 963-981, nov. 2007.

HOGAN, M. C. Fall in intracellular PO_2 at the onset of contractions in *Xenopus* single skeletal muscle fibers. **Journal of Applied Physiology**, v. 90, n. 5, p. 1871-1876, may. 2001.

HOLLMANN, W.; HETTINGER, T. H. Medicina de Esporte. Ed. Manole LTDA, São Paulo, 1989.

HORTON, T. J. et al. Fuel metabolism in men and women during and after long-duration exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 85, n. 5, p. 1823-1832, nov. 1998.

HORTON, T. J.; MILLER, E. K.; GLUECK, D.; TENCH, K. No effect of menstrual cycle phase on glucose kinetics and fuel oxidation during moderate-intensity exercise. **Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.**, v. 282, p. 752-762, 2002.

IMAMURA, H. et al. Effect of moderate exercise on excess post-exercise oxygen consumption and catecholamines in young women. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 44, n. 1, p. 23-29, mar. 2004.

JAKICIC, J. M. Prescribing exercise in multiple short bouts versus on continuous bout: effects on adherence, cardiorespiratory fitness, and weight loss in overweight women. **Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.**, v. 19, n. 12, p. 893-901, dec. 1995.

JAMURTAS, A. Z. et al. The effects of a single bout of exercise on resting energy expenditure and respiratory exchange ratio. **European Journal of Applied Physiology**, v. 92, n. 4-5, p. 393-398, aug. 2004.

JENSEN, M. D. Fate of fatty acids at rest and during exercise: regulatory mechanisms. **Acta Physiologica Scandinavica**, v. 178, n. 4, p. 385-390, 2003.

JEUKENDRUP, A. E.; ACHTEN, J. Fatmax: A New Concept to Optimize Fat Oxidation During Exercise? **European Journal of Sport Science**, v. 1, n. 5, p. 1-5, 2001.

KANG, J.; SCHWEITZER, J. S.; HOFFMAN, J. R. Effect of order of exercise intensity upon cardiorespiratory, metabolic, and percentual responses during exercise of mixed intensity. **European Journal of Applied Physiology**, v. 90, n. 5-6, p. 569-574, nov. 2003.

KANG, J. et al. Effect of exercise intensity on fat utilization in males and females. **Research in Sports Medicine**, v. 15, p. 175-188, 2007.

LAFORGIA, J.; WITHERS, R. T.; SHIPP, N. J.; GORE, C. J. Comparison of energy expenditure elevations after submaximal and supramaximal running. *Journal of Applied Physiology*, v. 82, p. 661-666, 1997.

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, n. 12, p. 1247-1264, dec. 2006.

LECHEMINANT, J. D. et al. Effects of Long-Term Aerobic Exercise on EPOC. *International Journal Sports Med*, v. 29, p. 53-58, 2008.

LEHNINGER, A. L. NELSON, D.; COX, M. M. Principles of Biochemistry. 3rd ed. Worth, 2000.

LEVINE, J. A. Nonexercise activity thermogenesis (NEAT): environment and biology. *American Journal of Physiology –Endocrinology and Metabolism*, v. 268, p. 675-685, 2004.

LOUZADA, E. R. **Alterações em alguns aspectos da composição corporal em mulheres obesas após um programa de exercício físico.** 2007. 94 f. Dissertação (Mestrado em Educação Física), Universidade São Judas Tadeu, São Paulo, 2007.

MACFARLANE, D. J.; TAYLOR, L. H.; CUDDILY, T. F. Very short intermittent vs continuous bouts of activity in sedentary adults. *Prev. Med.*, v. 43, n. 4, p. 332-336, oct. 2006.

MARCELO, C. C.; DOLORES, P. P.; TURÍBIO, B. L. Efeitos do exercício de longa duração no ciclo menstrual, densidade óssea e potência aeróbica de corredoras. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*, v. 9, n. 2, p. 7-13, abril. 2001.

MATARESE, L. E. Indirect calorimetry: technical aspects. *Journal of the American Dietetic Association*, v. 97, n. 10, p. 154-160, oct. 1997.

MATSUO, T.; SAITOH, S.; SUZUKI, M. Effects of the menstrual cycle on excess postexercise oxygen consumption in healthy young. *Metabolism*, v. 48, n. 3, p. 275-277, march. 1999.

MATSUURA, C.; MEIRELLES, C. M.; GOMES, P. S. C. Gasto energético e consumo de oxigênio pós-exercício contra-resistência. *Revista de Nutrição*, Campinas, v. 19, n. 6, p. 729-740, nov./dez. 2006.

MAZZEO, R. S.; MARSHALL, P. Influence of plasma catecholamines on the lactate threshold during graded exercise. *Journal of Applied Physiology*, v. 67, n. 4, p. 1319-1322, 1989.

MCARDLE, W. D.; KATCH, V. L. **Energia, Nutrição e Desempenho Humano.** 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara koogan, 2003.

MCLELLAN, T. M.; JACOBS, I. Reliability, reproducibility and validity of the individual anaerobic threshold. **European Journal of Applied Physiology**, v. 67, n. 2, p. 125-131, aug. 1993.

MEIRELLES, C. M.; GOMES, P. S. C. Efeitos agudos da atividade contra-resistência sobre o gasto energético: revisando o impacto das principais variáveis. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, Niterói, v. 10, n. 2, mar./abr. 2004.

MELANSON, E. L. et al. Effect of exercise intensity on 24-h energy expenditure and nutrient oxidation. **Journal of Applied Physiology**, v. 92, n. 3, p. 1045-1052, march. 2002.

METZ, L. et al. Effect of weight loss on lactate transporter expression in skeletal muscle of obese subjects. **Journal of Applied Physiology**, v. 104, p. 633-638, 2008.

MINAMOTO, V. B. Classificação e adaptações das fibras musculares: uma revisão. **Fisioterapia e Pesquisa**, v. 12, n. 3, p. 50-5, 2005.

MONTGOMERY, W. H.; PINK, M. PERRY, J. Electromyographic analysis of hip and knee musculature during running. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 22, 1994.

MOREIRA, S. R. et al. Methods to identify the lactate and glucose thresholds during resistance exercise for individuals with type 2 diabetes. **Journal of Strength and Conditioning Research**, p. 1-8, july. 2008.

MOTA, G. R.; GOBBI, S. Efeitos do envelhecimento e do treinamento físico sobre a capacidade de reserva em homens destreinados. **Revista Brasileira de Fisiologia do Exercício**, v. 2, n. 1, p. 29-46, fev. 2003.

NEDER, J. A.; NERY, L. E. **Fisiologia Clínica do Exercício Teoria e Prática**. São Paulo: Artes Médicas, 2003, 1ª edição, p. 404.

NORTHUIS, M. E.; HAHVORSEN, D. K.; LEON, A. S. Blood glucose prediction of lactate threshold. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 27, n. 5, 1995.

OLIVEIRA, J. C. et al. Identificação do limiar de lactato e limiar glicêmico em exercícios resistidos. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 12, n. 6, p. 333-337, nov./dez. 2006.

O'NEILL, M. et al. Effects of reduced free fatty acid availability on hormone-sensitive lipase activity in human skeletal muscle during aerobic exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 97, p. 1938-1945, 2004.

OKANO, A. H. et al. Comparação entre limiar anaeróbio determinado por variáveis ventilatórias e pela resposta do lactato sanguíneo em ciclistas. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 12, n. 1, p. 39-44, jan./feb. 2006.

ORMSBEE, M. J. et al. Fat metabolism and acute resistance exercise in trained men. **Journal of Applied Physiology**, v. 102, p. 1767-1772, 2007.

OSEI-TUTU, K. B.; CAMPAGNA, P. D. The effects of short-vs. long-bout exercise on mood, $\dot{V}O_{2\text{máx}}$, and percent body fat. **Preventive Medicine**, v. 40, n. 1, p. 92-98, jan. 2005.

PEREIRA, M. I.; GOMES, P. S. Movement velocity in resistance training. **Sports Medicine**, v. 33, n. 6, p. 427-438, 2003.

PETERSON, M. J.; PALMER, D. R.; LAUBACH, L. L. Comparison of caloric expenditure in intermittent and continuous walking bouts. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 18, n. 2, p. 373-376, 2004.

PETROFSKY, J. S.; HENDERSHOT, D. M. The interrelationship between blood pressure, intramuscular pressure, and isometric endurance in fast and slow twitch skeletal muscle in the cat. **European Journal of Applied Physiology**, v. 53, n. 2, oct. 1984.

PHELAIN, J. F. et al. Postexercise energy expenditure and substrate oxidation in young women resulting from exercise bouts of different intensity. **Journal of the American College of Nutrition**, v. 16, n. 2, p. 140-146, 1997.

PHILLIPS, W. T.; ZIURAITIS, J. R. Energy Cost of the ACSM Single-set Resistance Training Protocol. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 17, n. 2, p. 350-355, may. 2003.

PHILLIPS, W. T.; ZIURAITIS, J. R. Energy Cost of single-set resistance training in older adults. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 18, n. 3, p. 606-609, 2004.

PINHEIRO, D. A. **Estudo do limiar de anaerobiose e outros parâmetros cardio-respiratórios frente a testes de avaliação funcional em atletas e sedentários**. 1997. 119f. Dissertação (Mestrado em Ciências Fisiológicas) - Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1997.

POOLE, D. C.; GAESSER, G. A. Response of ventilatory and lactate thresholds to continuous and interval training. **Journal of Applied Physiology**, v. 58, n. 4, p. 1115-1121, apr. 1985.

PRAMPERO, P. E.; FERRETTI, G. The energetics of anaerobic muscle metabolism: a reappraisal of older and recent concepts. **Respiration Physiology**, v. 118, n. 2-3, p. 103-115, dec 1999.

PRENTICE, A. Are defects in energy expenditure involved in the causation of obesity? **Obesity Reviews**, v. 8, p. 89-91, 2007.

QUINN, T. J.; VROMAN, N. B.; KERTZER, R. Postexercise oxygen consumption in trained females: effect of exercise duration. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 26, n. 7, p. 908-913, jul. 1994.

RIBEIRO, J. P.; YANG, J.; ADAMS, R. P.; KUCA, B.; KNUTTEN, H. G. Effect of different incremental exercise protocols on the determination of lactate and ventilatory thresholds. **Brazilian Journal of Medical Biology Research**, v. 19, p. 109-117, 1986.

RIBEIRO, L. F. P. **Utilização da glicemia na determinação do limiar anaeróbio em natação**. 2002. 122f. Dissertação (Mestrado em Ciências Fisiológicas) - Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2002.

ROBERGS, R. A.; GHIASVAND, F.; PARKER, D. Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. **Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.**, v. 287, p. 502-516, 2004.

RODRIGUES, A. E. et al. Análise da Taxa Metabólica de Repouso Avaliada por Calorimetria Indireta em Mulheres Obesas com Baixa e Alta Ingestão Calórica. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**, v. 52, p. 76-84, 2008.

ROEPSTORFF, C. et al. Malonyl-CoA and carnitine in regulation of fat oxidation in human skeletal muscle during exercise. **American Journal of Physiology Endocrinology and Metabolism**, v. 288, p. 133-142, 2005.

ROMIJN, J. A. et al. Regulation of endogenous fat and carbohydrate metabolism in relation to exercise intensity and duration. **American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism**, v. 265, n. 3, p. 380-391, 1993.

ROWELL, L. B.; SHEPHERD, J. T. **Handbook of Physiology, Section 12: Exercise: Regulation and integration of multiple systems**. New York: Oxford University Press, 1996. In: 616-648.

SARIS, W. H. M.; SCHRAUWEN, P. Substrate oxidation differences between high- and low-intensity exercise are compensated over 24 hours in obese men. **International Journal of Obesity**, v. 28, p. 759-765, march. 2004.

SCAGLIUSI, F. B.; LANCHA JÚNIOR, A. H. Estudo do gasto energético por meio da água duplamente marcada: fundamentos, utilização e aplicações. **Revista de Nutrição**, v. 18, n.4, p. 541-551, jul./ago. 2005.

SCALA, D. M. J.; BLESSING, D. R. R.; RALPH, S. M. Metabolic cost of preparatory phase of training in weight lifting: a practical observation. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 1, n. 3, p. 48-52, august. 1987.

SCHMIDT, W. D.; BIWER, C. J.; KALSCHEUER, L. K. Effects of long versus short bout exercise on fitness and weight loss in overweight females. **Journal of the American College of Nutrition**, v. 20, n. 5, p. 494-501, 2001.

SCHNEIDER, D. A.; MCGUIGGIN, M. E.; KAMIMORI, G. H. A comparison of the blood lactate and plasma catecholamine threshold in untrained male subjects. **International Journal of Sports Medicine**, v. 13, n. 8, p. 562-566, nov. 1992.

SCHNEIDER, P.; MEYER, F. As equações de predição da taxa metabólica basal são apropriadas para adolescentes com sobrepeso e obesidade? **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 11, n. 3, p. 193-196, mai./jun. 2005.

SCHUENKE, M. D.; MIKAT, R. P.; MCBRIDE, J. M. Effect of an acute period of resistance exercise on excess post-exercise oxygen consumption: implications for body mass management. **European Journal of Applied Physiology**, v.86, p. 411-417, 2002.

SCOTT, C. B. Estimating energy expenditure for brief bouts of exercise with acute recovery. **Applied Physiology Nutrition and Metabolism**, v. 31, p. 144-149, 2006 a.

SCOTT, C. B. Contribution of blood lactate to the energy expenditure of weight training. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 20, n. 2, p. 404-411, 2006 b.

SEDLOCK, D. A. Fitness level and postexercise energy expenditure. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 34, n.4, p. 336-342, dec. 1994.

SHORT, K. R.; SEDLOCK, D. A. Excess postexercise oxygen consumption and recovery rate in trained and untrained subjects. **Journal of Applied Physiology**, v. 83, n. 1, p. 153-159, july. 1997.

SIMÕES, H. G. et al. Determinação do limiar anaeróbio por meio de dosagens glicêmicas e lactacidêmicas em testes de pista para corredores. **Revista Paulista de Educação Física**, v. 12, n.1, p. 17-30, jan./jun. 1998.

SIMÕES, H. G. et al. Blood glucose responses in humans mirror lactate responses for individual anaerobic threshold and for lactate minimum in track tests. **European Journal of Applied Physiology**, v. 80, p. 34-40, 1999.

SIMÕES, H. G. **Respostas metabólicas e hormonais durante os testes de determinação do limiar anaeróbio individual e lactato mínimo**. 2002. 308 f. Tese (Doutorado em Ciências Fisiológicas) - Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2002.

SJODIN, B.; JACOBS, I. Onset of blood lactate accumulation and marathon running performance. **International Journal of Sports Medicine**, v. 2, n. 1, p. 23-26, feb. 1981.

SMITH, J. O.; NAUGHTON, L. M. The effects of intensity of exercise on excess postexercise oxygen consumption and energy expenditure in moderately trained men and women. **European Journal of Applied Physiology**, v. 67, n. 5, p. 420-425, nov. 1993.

SOUZA, T. N. T. et al. Identificação do lactato mínimo e glicose mínima em indivíduos fisicamente ativos. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 11, n. 2, p. 71-75, jun. 2003.

SPEAKMAN, J. R.; SELMAN, C. Physical activity and resting metabolic rate. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 62, p. 621-634, 2003.

SPRIET, L. L. Regulation of skeletal muscle fat oxidation during exercise in humans. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 34, n. 9, p. 1477-1484, 2002.

SPRIET, L. L.; WATT, M. J. Regulatory mechanisms in the interaction between carbohydrate and lipid oxidation during exercise. **Acta Physiol Scand**, v. 178, p. 443-452, 2003.

STAINSBY, W. N. Biochemical and physiological bases for lactate production. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 18, p. 341-343, 1986.

STARRITT, E. C. et al. Sensitivity of CPT I to malonyl-CoA in trained and untrained human skeletal muscle. **Am. J. Physiol. Endocrinol Metab**, v. 278, n. 3, p. 462-468, march. 2000.

STEGMANN, H.; KINDERMANN, W.; SCHNABEL, A. Lactate kinetics and individual anaerobic threshold. **International Journal of Sports Medicine**, v. 2, n. 3, p. 160-165, aug. 1981.

STEGMANN, H.; KINDERMANN, W. Comparison of prolonged exercise tests at the individual anaerobic threshold and the fixed anaerobic of 4 mmol.l(-1) lactate. **International Journal of Sports Medicine**, v. 3, n. 2, p. 105-110, may. 1982.

STELLINGWERFF, T. et al. Effects of reduced free fatty acid availability no skeletal muscle PDH activation during aerobic exercise. **American Journal of Physiology- Endocrinology and Metabolism**, v. 284, p. 589-596, 2003.

SVEDAHL, K.; MACINTOSH, B. R. Anaerobic threshold: The concept and methods of measurement. **Can J. Appl. Physiol**, Calgary, v. 28, n. 2, p. 299-323, 2003.

TEGTBUR, U. W. E.; BUSSE, M. W.; BRAUMANN, K. M. Estimation of an individual equilibrium between lactate production and catabolism during exercise. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 25, n. 5, p. 620-627, may. 1993.

TESCH, P. A.; KARLSSON, J. Lactate in fast and slow twitch skeletal muscle fibers for man during isometric contraction. **Acta Physiology Scandivania**, v. 99, n. 2, p. 230-236, 1977.

THORNTON, K. M.; POTTEIGER, J. A. Effects of resistance exercise bouts of different intensities but equal work on EPOC. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 34, n. 4, p. 715-722, april. 2002.

VILLIGER, B. et al. Resistência. São Paulo: Santos, 1995.

WAHRLICH, V.; ANJOS, L. A. Aspectos históricos e metodológicos da medição e estimativa da taxa metabólica basal: uma revisão da literatura. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 4, p. 801-817, jul./ag. 2001a.

WAHRLICH, V.; ANJOS, L. A. Validação de equações de predição da taxa metabólica basal em mulheres residentes em Porto Alegre, RS, Brasil. **Revista de Saúde Pública**, v. 35, n. 1, p. 39-45, feb. 2001b.

WALLIS, G. A. et al. Metabolic response to carbohydrate ingestion during exercise in males and females. **American Journal of Physiology-Endocrinology and Metablism**, v. 290, p. 708-715, 2006.

WASSERMAN, K.; MCILORY, M. B. Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise. **Am. J. Cardiol**, v. 14, p. 844-852, 1964.

WASSERMAN, K. et al. Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during. **Journal of Applied Physiology**, v. 35, n. 2, agu. 1973.

WASSERMAN, K. Determinants and detection of anaerobic threshold and consequences of exercise above it. **Circulation**, v. 76, 1987.

WASSERMAN, K. et al. **Principles of Exercise Testing and Interpretation: Including Pathophysiology and Clinical Applications**. 4rd ed. Lippincott Williams & Wilkins, 2004. 585p.

WATT, M. J.; HEIGENHAUSER, G. J. F.; SPRIET, L. L. Intramuscular triacylglycerol utilization in human skeletal muscle during exercise: is there a controversy? **Journal of Applied Physiology**, v. 93, n. 4, p. 1185-1195, oct. 2002.

WATT, M. J.; SPRIET, L. L. Regulation and role of hormone-sensitive lipase activity in human skeletal muscle. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 63, p. 315-322, 2004.

WILLARDS, J. M. A brief review: factors affecting the length of the rest interval between resistance exercise sets. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 20, n. 4, p. 978-984, 2006.

WILLIS, W. T.; GANLEY, K. T.; HERMAN, R. M. Fuel oxidation during human walking. **Metabolism Clinical and Experimental**, v. 54, p. 793-799, 2005.

WILMORE, J. H.; COSTILL, D. L. **Fisiologia do Esporte e do Exercício**. 2. ed. São Paulo: Manole, 2001. 709p.

YOSHIDA, T. Effect of dietary modifications on lactate threshold and onset of blood lactate accumulation during incremental exercise. **European Journal of Applied Physiology**, v. 53, n. 3, p. 200-205, sept. 1984.

ANEXO A

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos

Via Washington Luís, km. 235 - Caixa Postal 676

Fones: (016) 3351.8109 / 3351.8110

Fax: (016) 3361.3176

CEP 13560-970 - São Carlos - SP - Brasil

propp@power.ufscar.br - <http://www.propp.ufscar.br/>

CAAE 0095.0.135.000-08

Título do Projeto: Análise do Gasto Energético em Exercícios Físicos Realizados no Limiar Anaeróbio

Classificação: Grupo III

Pesquisadores (as): Tatienne Neder Figueira da Costa, Vilmar Baldissera (orientador)

Mateus Moraes Domingo (orientando)

Parecer Nº. 337/2008

1. Normas a serem seguidas

- O sujeito da pesquisa tem a liberdade de recusar-se a participar ou de retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo ao seu cuidado (Res. CNS 196/96 - Item IV.1.f) e deve receber uma cópia do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, na íntegra, por ele assinado (Item IV.2.d).
- O pesquisador deve desenvolver a pesquisa conforme delineada no protocolo aprovado e descontinuar o estudo somente após análise das razões da descontinuidade pelo CEP que o aprovou (Res. CNS Item III.3.z), aguardando seu parecer, exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao sujeito participante ou quando constatar a superioridade de regime oferecido a um dos grupos da pesquisa (Item V.3) que requeiram ação imediata.
- O CEP deve ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo (Res. CNS Item V.4). É papel do pesquisador assegurar medidas imediatas adequadas frente a evento adverso grave ocorrido (mesmo que tenha sido em outro centro) e enviar notificação ao CEP e à Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA - junto com seu posicionamento.
- Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas. Em caso de projetos do Grupo I ou II apresentados anteriormente à ANVISA, o pesquisador ou patrocinador deve enviá-las também à mesma, junto com o parecer aprobatório do CEP, para serem juntadas ao protocolo inicial (Res. 251/97, item III.2.e).
- Relatórios parciais e final devem ser apresentados ao CEP, inicialmente em ____/____/____ e ao término do estudo.

2. Avaliação do projeto

O Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da Universidade Federal de São Carlos (CEP/UFSCar) analisou o projeto de pesquisa acima identificado e considerando os pareceres do relator e do revisor DELIBEROU:

As pendências apontadas no Parecer nº. 327/2008, de 7 de agosto, foram satisfatoriamente resolvidas.

O projeto atende as exigências contidas na Resolução 196/96, do Conselho Nacional de Saúde.

3. Conclusão:

Projeto aprovado

São Carlos, 20 de agosto de 2008.

Prof. Dra. Cristina Paiva de Sousa
Coordenadora do CEP/UFSCar

ANEXO B - ANAMNESE

Data: _____

I. DADOS PESSOAIS

Nome: _____

Idade: _____ Data de Nascimento: _____

e-mail: _____ Tel: _____

II. ASPECTOS SÓCIO-ECONÔMICOS

Escolaridade: _____ Profissão: _____

Estado Civil: () solteira () casada

III. HISTÓRICO CLÍNICO

-Apresenta algum problema de saúde? () Sim () Não

() diabetes () hipertensão () dislipidemia

() doenças tireóide, qual? _____ () problemas articulares, qual? _____

Obs:

- Apresenta Ciclo Menstrual Regulado?

Sim () _____ () Não, Faz uso de anticoncepcional? () Sim () Não

-Atividade física (tipo) _____ Frequência semanal: _____

Quantas horas/dia _____

Há quanto tempo pratica? _____

-Faz uso de algum suplemento alimentar? (☐) Sim (☐) Não Qual? _____

-Fuma? (☐) Sim (☐) Não, Se já fumou, há quanto tempo parou? _____

-Faz uso de bebidas alcóolicas? (☐) Sim (☐) Não

Quantidade/Frequência _____

- Faz uso de algum medicamento? (☐) Não (☐) Sim Qual? _____

- Atualmente é adepta a algum tipo de dieta específica?

Sim (☐) Não (☐) Qual? _____

ANEXO C – Gasto Calórico Médio (Cal/min) de cada exercício resistido

Figura 6.5.2.5 - Produção calórica média (Cal/min) de cada estação do circuito, no protocolo de exercício somente em circuito.

Figura 6.5.2.6- Produção calórica média (Cal/min) de cada estação do circuito, no protocolo de exercício circuito/esteira

Figura 6.5.2.7 - Produção calórica média (Cal/min) de cada estação do circuito, no protocolo de exercício esteira/circuito.