

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FISIOLÓGICAS**

**DETECÇÃO DO LIMIAR DE LACTATO SALIVAR E DA VARIABILIDADE DA  
FREQUÊNCIA CARDÍACA EM EXERCÍCIO RESISTIDO: COMPARAÇÃO ENTRE  
MÉTODOS**

**JOÃO CARLOS DE OLIVEIRA**

**SÃO CARLOS**

**2007**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FISIOLÓGICAS**

**DETECÇÃO DO LIMIAR DE LACTATO SALIVAR E DA VARIABILIDADE DA  
FREQUÊNCIA CARDÍACA EM EXERCÍCIO RESISTIDO: COMPARAÇÃO ENTRE  
MÉTODOS**

**JOÃO CARLOS DE OLIVEIRA**

**Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Fisiológicas da Universidade Federal de São Carlos como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Fisiológicas.**

**Orientador: Prof<sup>o</sup> Dr. Sérgio Eduardo de Andrade Perez.**

**SÃO CARLOS  
2007**

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da  
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

O48dl

Oliveira, João Carlos de.

Detecção do limiar de lactato salivar e da variabilidade da frequência cardíaca em exercício resistido : comparação entre métodos / João Carlos de Oliveira. -- São Carlos : UFSCar, 2007.

102 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2007.

1. Identidade de Gênero. 2. Limiar anaeróbio. 3. Lactato salivar. 4. Variabilidade da frequência cardíaca. 5. Equipamento Leg Press. Título.

CDD: 612.04 (20<sup>a</sup>)

Universidade Federal de São Carlos  
Programa de Pós-Graduação em Ciências Fisiológicas

Defesa de Dissertação de JOÃO CARLOS DE OLIVEIRA

Prof. Dr. Sérgio Eduardo de Andrade Perez.....

Prof. Dr. Herbert Gustavo Simões.....

Profa. Dra. Aparecida Maria Catai.....

Aos meus pais,  
João (*in memorium*), PAI exemplar, pela dedicação  
em proporcionar a seu único filho as oportunidades  
que o destino não lhe concedeu.

Saiba onde estiver  
que sempre fiz e farei o máximo para ter merecido tal  
dedicação.

Maria, MÃE dedicada, de sabedoria infinita,  
dela herdei a paciência e persistência para alcançar os  
sonhos que um dia ousei sonhar.

## AGRADECIMENTOS

Aos meus filhos queridos MATHEUS, CAIO e LUCA, porque mesmo tão jovens compreendem a ausência do pai, na busca de um futuro melhor para todos nós.

Ao Prof. Dr. Vilmar Baldissera, por acreditar em mim, e ser FONTE CONSTANTE DE INSPIRAÇÃO no estudo da FISIOLOGIA DO EXERCÍCIO.

Ao Prof. Dr. Cláudio Alexandre Gobatto do departamento de biodinâmica UNESP, seus aconselhamentos só me fizeram crescer academicamente.

Ao Prof. Dr. Herbert Gustavo Simões da UCB, por nunca se negar a me ajudar, foi mais que ORIENTADOR e CO-ORIENTADOR nesta jornada que escolhi trilhar, FOI UM VERDADEIRO AMIGO, espero contar com seu ombro amigo para as próximas jornadas.

A Patrícia Ap. Franco de Oliveira (Ty), pelo apoio incondicional na realização deste trabalho, saiba que a minha conquista é também a sua conquista, sem você nada disso seria possível.

Aos estagiários do laboratório, em especial a Grazielle Pereira de Oliveira (Gra) e a Inês Maria de Souza, que muitas vezes me acompanharam nas avaliações até tarde da noite e também aos finais de semana.

A Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Maria Ap. Franco do departamento de estatística da UFSCar e a Prof<sup>a</sup> Ms<sup>a</sup>.  
Gislaine Fontanelli da UNIARARAS, pela paciência em me ajudar e ensinar a difícil arte de  
como entender o que os números estavam querendo me dizer.

As secretarias do Laboratório de Fisiologia do Exercício – UFSCar, Fernanda e  
principalmente a Luciana Fernandez (BUBU) por ajudar a mim e ao meu irmão Paulo  
Azevedo a completarmos esta jornada.

Ao José Carlos Lopes (Cacau), sempre disposto a nos ajudar durante os experimentos em  
nosso laboratório.

Ao Prof. Dr. Sérgio E. A. Perez, meu ORIENTADOR, por ter me ensinado a aprender. "NÃO  
É O MESTRE QUEM ENSINA, É VOCÊ QUEM DEVE TER O TALENTO DE  
APRENDE". Espero ter correspondido as suas expectativas.

A todos os amigos que fazem parte do meu convívio diário.

Aos homens e mulheres que aceitaram participar deste estudo e acabaram se tornando meus  
AMIGOS.

Ao irmão que escolhi ter PAULO HENRIQUE MARQUES DE AZEVEDO, pois ao longo da  
vida, poucas serão as pessoas as quais chamaremos verdadeiramente de AMIGOS. Dentre  
estes AMIGOS talvez vivamos muitas vidas e não encontremos um ao qual chamaremos de  
IRMÃO. Assim estou pronto para viver outras vidas, pois fui presenteado com a oportunidade  
de escolher o meu **IRMÃO**.

## A ANA PAULA DE AGUIAR

Esposa amada, amiga, ALMA GÊMEA, com quem escolhi viver esta e outras vidas, mas muito mais que isso, fui abençoado por DEUS por ela ter me escolhido. Poder estar ao seu lado todos os dias, abastece-me de força e coragem para trilhar o caminho que escolhemos juntos. Espero demonstrar e dar-te o mesmo AMOR que me oferta de forma tão sincera e profunda. Saiba que as minhas VITÓRIAS só foram possíveis graças ao seu AMOR.

AMO-TE TANTO QUANTO SEJA POSSÍVEL AMAR ALGUÉM.



Às vezes damos valor em demasia aos obstáculos  
que encontramos ao longo de nossas vidas, e nos  
esquecemos de dar o devido valor as coisas que  
realmente importam...

**NOSSAS CONQUISTAS!!!**

(João Carlos de Oliveira)

## RESUMO

Importantes trabalhos têm relatado os benefícios dos programas de treinamento resistido tanto para a reabilitação como para profilaxia de incapacidade física. Contudo poucos foram os estudos que investigaram as respostas do metabolismo energético intermediário durante a execução de exercícios resistidos, fossem eles realizados em estado estável ou durante testes incrementais. Assim o propósito deste estudo foi o de investigar a viabilidade da utilização de métodos não invasivos, como indicadores confiáveis na análise da transição do metabolismo aeróbio-anaeróbio, e comparar as respostas fisiológicas entre homens e mulheres, submetidos a teste incremental descontínuo do tipo degrau em exercício resistido de membros inferiores. Para isso dezoito jovens saudáveis (9 homens,  $24,22 \pm 2,77$  anos,  $175,89 \pm 4,99$  cm,  $71,73 \pm 9,81$  kg e 9 mulheres,  $22,64 \pm 1,87$  anos,  $164,89 \pm 5,30$  cm,  $58,61 \pm 9,58$  kg) foram voluntários em duas sessões de exercício resistido no Leg Press  $45^\circ$  isoinércio (LP), em dias distintos, sendo a 1ª sessão para a determinação da carga máxima dinâmica para uma repetição (CMD) e a 2ª para a realização de teste incremental descontínuo do tipo degrau no LP (TILP). O esquema progressivo das cargas foi determinado em relação ao percentual da CMD (%CMD) e conduzido até exaustão voluntária. Os sujeitos realizavam  $20 \pm 2$  repetições, com intervalo de 2 minutos entre cada série onde eram trocadas as cargas e efetuadas as coletas das amostras sanguíneas e salivares. As concentrações de lactato sanguíneo  $[La^-]$  foram utilizadas como “padrão ouro” para as respectivas comparações entre os métodos. Como métodos não invasivos utilizaram-se as concentrações de lactato salivar [LS] e o índice SD1 da variabilidade da frequência cardíaca (VFC), obtido pela plotagem de Poincaré (PP). Os limiares identificados pelas  $[La^-]$  e [LS] (LL e LLS, respectivamente) foram determinados pelo método proposto por Mader e Heck (1986). O limiar do índice SD1 (LSD1) foi determinado pelo critério proposto por Tullpo et al. (1998). O índice de

significância adotado foi de 5% e o grau de confiabilidade de 95%. Não foram encontradas diferenças estatísticas significantes nas comparações entre gênero em cada estágio do TILP para as três variáveis estudadas. Os limiares quando expressos em kg mostraram-se diferentes estatisticamente entre gêneros, mas não intra-gênero. Quando expressos em %CMD os limiares situaram-se na média entre 29% a 40% e não foram evidenciadas diferenças significantes entre os limiares nas condições intra gênero e entre gênero. Correlação de moderada a forte (0,89 e 0,78) foi encontrada entre os LL e os LLS e LSD1, sendo ambos concordantes, como ficou evidenciado pelas análises de Bland-Altman. Assim os resultados sugerem que tanto o LS como o índice SD1 respondem de forma semelhante ao  $La^-$ , o que permite a identificação na mudança do padrão de resposta cinética de tais variáveis, independentemente do gênero. Desta maneira, tanto o LS como o índice SD1 da VFC apresentam grande potencial como métodos alternativos não invasivos de intensidade de esforço, que podem ser usados na prescrição e no controle da carga de trabalho nos exercícios resistidos. Além disso, há diferenças entre os gêneros nas respostas metabólicas nas intensidades de esforço acima do limiar que devem ser consideradas na prescrição do treinamento resistido.

**PALAVRAS CHAVES:** Diferença entre gêneros; Limiar anaeróbio; Lactato Salivar, VFC, Leg Press.

## ABSTRACT

Important researches had shown the benefits of resistance training programs for rehabilitation as well as prophylaxis of physical incapacity. However few studies had investigated the responses of the intermediate metabolism during the execution of resistance exercises if carried through steady state or during incremental tests. The purpose of this study was to investigate the viability of the use of non-invasive methods as trustworthy indicators in the analysis of the aerobic-anaerobic transition and to compare the physiological responses between male and female, submitted to discontinuous incremental test of resistance exercise for lower limb. Eighteen subjects volunteered to participate and provided a written consent (9 males,  $24 \pm 3$  years,  $176 \pm 5$  cm,  $72 \pm 10$  kg and 9 females,  $23 \pm 2$  years,  $165 \pm 6$  cm,  $59 \pm 10$  Kg) in two sessions, distinct days, of counterweighted isoinertial Leg Press  $45^\circ$  machine (LP), being the 1<sup>st</sup> session performed to identify the 1 repetition maximum load (1RM) and the 2<sup>nd</sup> to accomplish the discontinuous incremental test of the type step in LP (DIT). The loading gradual scheme was determined in relation to the percentage of 1RM (%1RM). Subjects were required to perform  $20 \pm 2$  repetitions with a 2 minutes interval between each set when loads were changed and collection of blood and salivary samples were collected. The blood lactate concentration ([La-]) had been used as “gold standard” for the respective comparisons between the methods. As non-invasive methods the salivary lactate concentrations ([SL]) and index SD1 of the heart rate variability (HRV) were used, gotten by Poincaré Plotting (PP). The thresholds identified by [La-] and [SL] (LT and SLT, respectively) had been determined by Mader and Heck Method (1986). The threshold identified by index SD1 (SD1T) was determined by Tullpo et al. (1998) criterion. The criterion level for statistical significance was set at an alpha level of  $p < 0,05$ . Statistical differences had not been found in the comparisons

between genders in each step of the DIT for the three variables studied. The thresholds when expressed in kg revealed significant differences between genders but not intra genders. When expressed in %1RM the thresholds had been placed in the average enter 29-40% and had not evidenced significant differences between the thresholds in the conditions intra genders and between genders. Correlations of 0.89 and 0.78 had been evidenced between the LT and SLT and SD1T, respectively. The variability of both non-invasive variables was shown inside of the limits of agreement evidenced by the analyses of Bland-Altman. Thus it is possible to conclude that as much the SL as index SD1 of HRV responses of similar form to the blood lactate. This allows the detention of the thresholds of lactate salivary and heart rate variability, independently of the gender. In this way, as much the SL as index SD1 of the HRV presents great potential as possible non invasive markers of effort intensity, that they can be used in the lapsing and the control of the load of work in the resistance exercises. Moreover, the differences in the metabolic responses between the genders, evidenced in the intensities of effort above of the threshold, must be considered in the lapsing of the resistance training.

**Key Words:** Gender Differences; Anaerobic Threshold; Blood Lactate; Salivary Lactate; Leg Press.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>14</b>
<b>1.1 Limiares de Anaerobiose</b>	<b>15</b>
<b>1.1.1 Bases Fisiológicas do Limiar de Anaerobiose</b>	<b>18</b>
<b>1.1.2 Meios e Métodos de Determinação do Limiar de Anaerobiose</b>	<b>22</b>
<b>1.1.2.1 Equilíbrio Autonômico Durante o Exercício</b>	<b>28</b>
<b>1.2 Limiares de Anaerobiose e Exercício Resistido</b>	<b>36</b>
<b>1.3 Justificativa</b>	<b>39</b>
<b>2 OBJETIVO</b>	<b>40</b>
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>41</b>
<b>3.1 Sujeitos</b>	<b>50</b>
<b>3.2 Critérios de Exclusão</b>	<b>41</b>
<b>3.3 Aspectos Éticos</b>	<b>42</b>
<b>3.4 Caracterizações da Amostra</b>	<b>42</b>
<b>3.5 Seleções do Exercício</b>	<b>42</b>
<b>3.5.1 Equipamento Contra-Resistido</b>	<b>44</b>
<b>3.6 Determinação da Carga Máxima Dinâmica (CMD)</b>	<b>45</b>
<b>3.7 Teste incremental descontínuo do tipo degrau no Leg Press (TILP)</b>	<b>46</b>
<b>3.7.1. Padronização metodologia na aplicação do teste TILP</b>	<b>48</b>
<b>3.8 Coleta e análise laboratorial das amostras sanguíneas e salivares</b>	<b>49</b>
<b>3.8.1 Amostras Sanguíneas</b>	<b>49</b>
<b>3.8.2 Amostras Salivares</b>	<b>50</b>
<b>3.8.3 Determinação das concentrações de lactato sanguíneo e salivar</b>	<b>51</b>

<b>3.9 Aquisições, processamento da frequência cardíaca e análise da sua variabilidade</b>	<b>52</b>
<b>3.10 Identificações dos Limiares de Lactato Sangüíneo (LL), Lactato Salivar (LLS) e de Variabilidade de Frequência Cardíaca (LSD1)</b>	<b>55</b>
<b>3.10.1 Determinação dos LL, LLS e LSD1</b>	<b>55</b>
<b>3.11 Análises estatísticas</b>	<b>57</b>
<b>4 RESULTADOS</b>	<b>58</b>
<b>4.1 Respostas do lactato sangüíneo</b>	<b>58</b>
<b>4.2 Respostas do lactato salivar</b>	<b>59</b>
<b>4.2.1 Lactato Sangüíneo vs. Lactato Salivar</b>	<b>61</b>
<b>4.3 Respostas da variabilidade da frequência cardíaca</b>	<b>62</b>
<b>4.4 Expressões dos LL, LLS e LSD1 em valores absolutos</b>	<b>63</b>
<b>4.5 Expressões dos LL, LLS e LSD1 em valores relativos</b>	<b>65</b>
<b>4.6 Matrizes de Correlações</b>	<b>66</b>
<b>4.7 Graus de Concordância entre os Métodos</b>	<b>67</b>
<b>5 DISCUSSÃO</b>	<b>69</b>
<b>5.1 Aplicações Práticas</b>	<b>83</b>
<b>6 CONCLUSÕES</b>	<b>85</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>86</b>
<b>ANEXO A</b>	<b>102</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Importantes trabalhos têm relatado os benefícios dos programas de treinamento resistidos tanto para a reabilitação como para profilaxia de incapacidade física (ACSM, 2000a, 2000b, 2001, 2004; AHA, 2001-2002; NIEMAN, 2003; MAcGUIGAN, NEWTON, e KRAEMER, 2006). Assim sendo, uma questão que se faz presente, com relevância à medicina e aos programas de reabilitação, é:

As restrições feitas aos exercícios resistidos estão bem fundamentadas?

De acordo com os conceitos mais atuais, os exercícios resistidos, que geralmente são realizados com pesos, embora possam ser impostas outras formas de resistência ao músculo esquelético, são considerados os mais completos entre todas as formas de treinamento físico, por apresentarem baixo risco, quando bem orientado, estimulando o aumento da força, da endurance muscular e da flexibilidade (AGOSTINI 2000).

A melhoria dessas valências físicas pode contribuir significativamente para evitar a incapacidade física de pessoas sedentárias, principalmente dos idosos, minimizando assim o risco do aparecimento de doenças crônicas. Assim, não se trata de uma modalidade esportiva, mas de uma forma de preparação física utilizada para melhorar a capacidade funcional de atletas em geral, bem como para a reabilitação física, melhora da estética corporal, da saúde e forma de lazer de adultos jovens e idosos.

Muitos estudos têm sido realizados a fim de elucidar os mecanismos biológicos e biomecânicos ainda não totalmente esclarecidos (TOIGO e BOUTELLIER, 2006), no entanto um melhor entendimento sobre seu real efeito sobre o organismo se faz necessário, apesar do grande número de informações a respeito, pois muitas lacunas ainda necessitam ser preenchidas.



Por exemplo:

É possível identificar um ponto de transição ou ainda quais as contribuições dos metabolismos aeróbio e anaeróbio na manutenção do exercício resistido e quais as suas influências no desenvolvimento da força e potência muscular?

Poucos foram os estudos que investigaram as respostas do metabolismo energético intermediário durante a execução de exercícios resistidos, fossem eles realizados em estado estável ou durante testes incrementais, como bem reporta Crewther, Cronin e Keogh (2006) e tão pouco há relatos da comparação entre gêneros.

Sabe-se que a função metabólica oxidativa é determinante para uma maior ou menor tolerância ao exercício físico. Desta maneira os ajustes fisiológicos devem ser suficientemente rápidos na tentativa de se manter a homeostasia durante o exercício. Tais ajustes são progressivos e dependem do binômio intensidade-duração do exercício (GRASSI et al., 1999).

O Limiar Anaeróbio (LAn) tem sido considerado como uma das ferramentas das mais úteis para a determinação da condição física e a prescrição segura dos exercícios físicos, permitindo uma boa avaliação do estado de endurance momentânea (WEINECK, 1999)

### **1.1 Limiar de Anaerobiose**

O conceito de LAn foi introduzido por volta de 1957-1963 por Hollman e Hettinger (HOLLMAN, 2001), para avaliar a capacidade de desempenho aeróbio cardiopulmonar e periférico, sendo baseada no ponto de maior aumento do consumo de

oxigênio do ponto de vista da ótima eficiência ventilatória. Contudo foi Wasserman e Mellroy (1964) quem primeiro introduziu o termo Limiar Anaeróbio, sugerindo ser este o ponto de acúmulo de lactato devido às trocas gasosas.

Ao longo do tempo, diferentes metodologias invasivas e não-invasivas, bem como diferentes nomenclaturas vêm sendo propostas para a identificação da transição entre a predominância do metabolismo anaeróbio sobre o metabolismo aeróbio durante a realização de determinado exercício.

Tais metodologias têm se utilizado de diferentes parâmetros metabólicos como o lactato sangüíneo, glicemia, lactato salivar, amilase salivar, eletrólitos salivares (CHICHARRO et al., 1995; SEGURA et al., 1996; CALVO, et al, 1997; CHICHARRO et al., 1998; BACON e KERN, 1999; SIMÕES et al., 1999; COEN, URHAUNSEN e KINDERMANN, 2001; RIBEIRO et al., 2003), hormonais como; catecolaminas sangüíneas, cortisol plasmático (PORT, K., 1991; STUPNICKI e OBMINSKI,1992;), da frequência cardíaca (CONCONI et al., 1982, KARA et al, 1986; LIMA, 1997;) ou sua variabilidade (BALDISSERA, 1992; YAMAMOTO, HUGSON e NAKAMURA, 1992; TULPPO et al. 1998; OSONOV et al., 2000; FERREIRA, 2003; TEIXEIRA, 2003; BRUNETTO et al. 2005; ABAD, 2006; COTTIN et al., 2006), registros eletromiográficos (GOLÇALVES, 2000; HUG et al., 2005) e até mesmo de respostas psicofisiológicas como a escala de esforço percebido de Borg (BORG, HASSMEM e LAGERSTROM, 1987) para identificar o mesmo fenômeno fisiológico (e.g. LAn).

As metodologias utilizadas e suas bases teóricas têm sido ao longo do tempo tema de calorosas discussões entre pesquisadores, que resultaram em diferentes denominações para o mesmo fenômeno.

Para evitar controvérsias e confusões acerca de tantas terminologias, parece existir atualmente uma tendência em não generalizar o termo LAn para todos os meios de

identificação do fenômeno, propondo-se para tanto que a denominação seja de acordo com a forma como é medido, ou seja, se for com lactato, limiar de lactato (LL), por parâmetros ventilatórios de limiar ventilatório (LV), por meio da glicemia de limiar glicêmico (LG) e assim por diante (AZEVEDO, 2005).

De qualquer forma no que tange aos aspectos práticos, Denadai (2000) afirmou que as diferentes metodologias podem ser classificadas em dois grupos distintos;

- 1) As que identificam o início do acúmulo das concentrações de lactato, e
- 2) As que identificam a maior concentração de Lactato possível de se manter em estado estável

Como visto, desde que o conceito LAn foi proposto e posteriormente consolidado por Karlamam Wassermann e seu grupo até os dias de hoje, o mesmo termo pode ser usado para definir o momento da inflexão da curva de lactato, ou seja a perda da linearidade para um aumento abrupto exponencial, em uma determinada carga de exercício, como foi sugerido por Weltmam (1995), o ponto onde a ventilação aumenta em maior magnitude que o consumo de oxigênio ( $VO_2$ ), ou ainda o mesmo aumento brusco do  $CO_2$  que reflete uma transferência metabólica em direção ao sistema anaeróbio (WASSERMAN, 1994).

Outra terminologia que reflete a mesma definição pode ser identificada pelo termo Limiar Aeróbio (LA) proposto por Kindermann, Simon e Kuel (1979).

Já Ferrel et al. (1979) propõe para o mesmo momento o termo OPLA (Onset Plasma Lactate Accumulation) ou ainda o termo OBLA (Onset Blood Lactate Accumulation) sugerida por Weltman (1995) para identificar a carga de trabalho onde ocorre a concentração de  $4 \text{ mmol.l}^{-1}$ . Este mesmo valor ( $4 \text{ mmol.l}^{-1}$ ) é identificado por Kindermann et al. (1979) como sendo o LAn e o valor fixo de  $2 \text{ mmol.l}^{-1}$  como LA.

HECK et al. (1985) propõem o termo MFEL (máxima fase estável de lactato) para definir a intensidade de trabalho onde se possa manter 30 minutos de exercício sem que a concentração de  $\text{La}^-$  não aumente  $1 \text{ mmol.l}^{-1}$  entre o 10º e 30º minutos.

Tegtbur, Busse e Braumann (1993) propõem que o protocolo de lactato mínimo, que consiste em provocar a acidose metabólica através de um esforço anaeróbio seguido de um teste de cargas crescentes, estima MFEL pelo menor ponto de lactatemia.

Esta busca interminável por uma metodologia única que satisfaça a todos os pesquisadores parece estar longe de encontrar argumentos que satisfaçam ao senso investigativo, que a princípio deve nortear a ciência de um modo em geral.

A seguir será feita uma breve revisão das bases fisiológicas, meios e métodos de determinação do limiar anaeróbio.

### **1.1.1 Bases Fisiológicas do Limiar de Anaerobiose**

A produção do lactato ( $\text{La}^-$ ) no músculo esquelético tem sido estudada por quase três séculos, começando por Berzelius em 1807 que pressupôs ter encontrado a substância ácido láctico (HLA) no líquido muscular e pensou que a quantidade do mesmo livre em um músculo, era proporcional à extensão a que o músculo tinha sido exercitado previamente (GLADEEN, 2001 e 2004).

Desde então diversos estudos foram realizados entre os séculos XIX e XXI, mas ainda sua produção e papel funcional no descanso e durante a contração do músculo são um assunto de calorosos debates (VAN HALL, 2000; GLADDEN, 2001 e 2004) e somente

agora após dois séculos de investigações os processos básicos de seu metabolismo e transporte tem sido elucidados (GLADDEN, 2000a).

Podemos ainda dizer que, classicamente, ao longo desse tempo, o músculo esquelético em contração, foi visto como o principal local de produção de  $\text{La}^-$  e que a sua produção estava associada à falta de  $\text{O}_2$ . Porém diversos estudos durante os últimos 30 anos, apresentaram evidências que questionam a idéia da limitação  $\text{O}_2$  ser um pré-requisito para a produção e acúmulo de  $\text{La}^-$  no músculo e no sangue, e ainda que o produto final da via glicolítica seja o  $\text{La}^-$  e não o HLa. Tais polêmicas tem sido alvo de acaloradas discussões no meio científico e o fato de que a substância  $\text{La}^-$  foi e ainda tem sido confundida e considerada como a substância HLa., apesar de recentes trabalhos em bioquímica venham mostrando ao contrário (VOET, VOET e PRATT, 1999; ROBERGS, 2001a, 2001b; MATHIAS et al., 2003; ROBERGS, GHIASVAND e PARKER, 2004).

Sendo assim parece estar claro que o papel contemporâneo do metabolismo do  $\text{La}^-$  durante o repouso e exercício mudou radicalmente da sua visão clássica. Abaixo são listadas as possíveis causas do aumento das concentrações de  $\text{La}^-$  durante exercício como proposto por Gladden (2004):

## I. Aceleração da Glicólise

### i.

1. Produção é dependente da competição do Pyr pelos *shuttles* do NADH e LDH (malato-aspartato e do glicerol fosfato) e do transporte do Pyr;
2. Aumento da atividade da LDH e  $K_{eq}$  do Pyr para o  $\text{La}^-$  leva a um aumento da taxa glicolítica.

## ii.

1. Mais brandamente, a produção do  $\text{La}^-$  é dependente do balanço bioquímico competitivo entre as atividades da enzima fosforilase (Phos) Phos/ fosfofrutoquinase (PFK) vs. atividade da enzima piruvato desidrogenase (PHD);
2. A Phos é ativada pelo aumento da taxa de trabalho provavelmente pelo aumento das concentrações de cálcio ( $[\text{Ca}^+]$ ), aumento das  $[\text{Pi}]$  e aumento do  $[\text{AMP}]$ , isso leva a um aumento da taxa glicolítica, que via de regra, resulta em aumento das  $[\text{La}^-]$ ;
3. O aumento da intensidade do exercício leva a uma diminuição das  $[\text{ATP}]$ , aumento  $[\text{ADP}]$ , aumento  $[\text{AMP}]$ , aumento  $[\text{Pi}]$  e aumento das concentrações de amônia, o que leva a ativação da PFK e aumento das  $[\text{La}^-]$ ;
4. O aumento das concentrações de noradrenalina (NOR) e de adrenalina (ADR) em virtude do aumento da taxa de trabalho acarreta um aumento na atividade simpático-adrenérgica, o que possivelmente ativaria a Phos e teoricamente aumentaria as  $[\text{La}^-]$ ;
5. Aumento das concentrações de cálcio  $[\text{Ca}^+]$  pode levar a ativação da Phos e PFK independentemente do *feedback* metabólico.

- iii. Mudança coordenada na atividade de outras enzimas glicolíticas via mecanismos ainda não elucidados.

- iv. Aumento da taxa de perfusão intracelular em proporção ao aumento da demanda de ATP em virtude do aumento crescente enzima/substrato.
- v. Atividade ATPase da bomba sódio-potássio é estimulada progressivamente pelo aumento da intensidade do exercício, levando provavelmente a um aumento das  $[La^-]$  talvez por associação das enzimas glicolíticas.

## II. Metabolismo dependente do $O_2$

Com o aumento da intensidade do exercício, a  $P_{O_2}$  intramuscular diminui progressivamente ou agudamente aproximadamente a 60%  $VO_{2max}$ . Não obstante a esse padrão, há uma dependência do  $O_2$  na fosforilação oxidativa e grandes aumentos nas  $([ADP][Pi]/[ATP])$  estimulam a taxa de fosforilação oxidativa. Este aumento nas  $([ADP][Pi]/[ATP])$  é um potente estímulo para a glicólise que conduz a um aumento crescente das  $[La^-]$ .

## III. Remoção do $La^-$

- i. Atividade simpático-adrenérgica causa vasoconstrição e diminuição do fluxo sanguíneo do fígado, rins e músculos inativos, levando a uma diminuição da oxidação e remoção do  $La^-$ ;
- ii. ADR leva a uma diminuição da remoção do  $La^-$  dos músculos ativos e talvez dos músculos inativos;
- iii. Aumento da frequência de estímulo para o prévio recrutamento de fibra leva a um aumento das fibras no módulo de produção do que de remoção do  $La^-$ ;

iv. Aumento da produção de  $\text{La}^-$  excede a remoção levando a um aumento das  $[\text{La}^-]$  muscular e sangüíneo.

IV. Maior recrutamento de Fibras Glicolíticas (Fibras Rápidas) devido a um maior aumento da intensidade do exercício, que resulta em um aumento crescente das  $[\text{La}^-]$ .

Esta é dicotomia paradoxal do metabolismo do  $\text{La}^-$ , em uma ponta um produto da glicólise anaeróbia, na outra um importante produto do metabolismo glicolítico aeróbio (GLADDEN, 2001).

### **1.1.2 Meios e Métodos de Determinação do Limiar de Anaerobiose**

Atualmente os métodos para a determinação do LAn podem ser classificados em diretos, indiretos e duplamente indiretos.

Desde que o termo LAn foi proposto por Wasserman e McIlroy em 1964, por meio das alterações ventilatórias, diversos meios e metodologias têm sido propostas para a sua identificação, indo do simples até o mais sofisticado, entretanto ao que parece essa variedade de meios, mas principalmente de metodologias distintas, tem gerado inúmeras confusões, principalmente porque alguns autores identificam o mesmo fenômeno fisiológico por termos diferentes ou usam o mesmo termo para fenômenos fisiológicos distintos.

A controvérsia parece se estabelecer porque de acordo com o conceito de LAn, este somente deveria aparecer uma vez, e dada a grande variedade de técnicas/metodologias utilizadas, bem como distintos critérios de interpretação reportados na literatura corrente, tem levado ao aparecimento de mais de um limiar (TOKMAKIDIS, LÉGER e PILIANIDIS, 1998).



Tokmakidis, Léger e Pilianidis (1998) em seu estudo compararam, seis técnicas diferentes para a determinação do LAn e as correlacionaram entre si, com indicadores de performance e o desempenho nas distâncias de 10.000, 15.000, 20.000 e 42,195 m, sendo que os métodos adotados foram a inspeção visual (IV), a intersecção da transformação logarítmica da regressão linear simples de dois segmento (log-log), a intersecção da tangente de 45° da função exponencial (TI), a intersecção da tangente de 45° ou 51° da função polinomial (T45),  $[La^-]$  fixa de 4 ou 2  $mmol.l^{-1}$  (4mM) e a diferença menor que 1  $mmol.l^{-1}$  acima das concentrações de repouso ou da linha de base do exercício (+1mM).

Todos os métodos estudados apresentaram alta correlação entre si, que variaram de 0,60 a 0,98, sendo todos significantes, bem como apresentaram altas correlações com as performances nas distâncias supra citadas, com a exceção da 4mM que se mostrou menos fidedigno que as demais concentrações (e.g. 5, 6, 7 e 8  $mmol.l^{-1}$ ) com a performance. Entretanto nenhum dos métodos estudados obteve sucesso em mostrar um único LAn em comum, apresentado um faixa de 15% entre o limite superior e inferior dos limiares determinados.

Recentemente Amann, Subudhi e Foster (2006), utilizando de uma proposta semelhante à de Tokmakidis, Léger e Pilianidis (1998), investigaram vários protocolos para a determinação do LAn, que contemplavam análises lactatêmicas e ventilatórias, também não obteve sucesso em mostrar um único LAn, embora todos mostrassem boas correlações significantes ( $r = 0,58$  a  $0,80$ ), exceção feita a  $VE/VCO_2$ , com a performance de 40 km no ciclismo.

Certamente cerca de quinze ou mais métodos diferentes já foram aqui ilustrados e a despeito de todo o embasamento fisiológico para a proposição de cada um deles, todos falharam em mostrar um único ponto de transição metabólica.

Morton (1989), Myers e Ashley (1997) alertam sobre os perigos, sobretudo nas implicações conceituais associadas aos modelos alternativos, assim sendo as modelagens metodológicas devem ser conduzidas por meio do raciocínio lógico e suas conseqüências devem ser ponderadas.

De acordo com Tokmakidis, Léger e Pilianidis (1998) não há nenhuma explicação para um único ou a combinação de diversos fatores que ocorrem no ambiente celular do músculo em contração durante o exercício incremental, que como já visto vão desde a disponibilidade do O<sub>2</sub>, utilização de substrato, temperatura, ordem de recrutamento da unidade motora, estímulo catecolaminérgico e o acoplamento humoral ou neurogênico, para o aumento das [La<sup>-</sup>].

A [La<sup>-</sup>] sangüíneo não reflete necessariamente o ambiente intracelular, porém o balanço entre a produção e a remoção do mesmo, e o fato de nenhuma metodologia mostrar LAn coincidentes, não implica em concluir que ele não aconteça no ambiente celular. Ainda as [La<sup>-</sup>] são ótimas preditoras e parâmetros de desempenho, bem para a montagem de programas de treinamento, conseqüentemente, o problema não se aplica em haver ou não um único LAn, mas sim em conhecer o real significado fisiológico bem como as reais conseqüências das [La<sup>-</sup>] escolhidas e modelagens metodológicas adotadas (TOKMAKIDIS, LÉGER e PILIANIDIS, 1998).

A exemplo das diversas metodologias utilizadas para a identificação do LAn, diversos meios invasivos ou não têm sido propostos ao longo do século que se passou, e parece ser este um debate que se estenderá nesse novo século.

Sabidamente o La<sup>-</sup> (sangüíneo ou muscular) tem sido o meio mais utilizado pelo qual o LAn tem sido determinado, entretanto outros componentes encontrados no sangue como as catecolaminas (MAZZEO e MARSHALL, 1989; SCHNEIDER, McLELLAN e GASS, 2000), o cortisol (PORT, 1992), amônia (CHICHARRO et al. 1996; YANG et al.,

2002) e a glicose (SIMÕES et al., 1996) têm sido propostos como meios alternativos para a determinação do LAn, por guardarem uma relação de causa e efeito com os aumentos das  $[La^-]$  durante o exercício, em particular quando realizados de forma incremental.

Entretanto os meios não invasivos e as técnicas utilizadas para determinar as concentrações de tais elementos são dispendiosas, bem como a sua viabilidade de manuseio, por requererem pessoal altamente qualificado para tanto, sem esquecer ainda o estresse fisiológico e psicológico causados pelas coletas das amostras sanguíneas (LAC et al., 1999; DEMETRIOU, SHARP e DOHERTY, 2002).

Dentre os meios não invasivos mais conhecidos, a ventilação é provavelmente a mais popular, embora haja uma disputa de autoria para contemplar quem primeiro propôs que as alterações nos padrões ventilatórios durante exercício incremental fossem um meio para a determinação do LAn, se Hollmann e Hettinger em 1959 (HOLLMANN, 1991) ou Wasserman e McLlroy (1964).

Sem entrar no mérito, a fundamentação fisiológica se baseia no aumento brusco do  $CO_2$ , que refletiria uma substituição metabólica em direção ao sistema anaeróbio, devido ao déficit de oxigênio ( $O_2$ ), em decorrência de um inadequado suprimento de  $O_2$  ao músculo ativo. Desta forma a produção e liberação de  $La^-$  seriam aceleradas e os aumentos na produção do  $CO_2$  e sua subsequente eliminação, são produtos tanto do processo de respiração celular como do tamponamento dos íons  $H^+$  pelo bicarbonato (WASSERMAN, 1994).

De acordo com Wasserman (1994) o aumento na ventilação, verificado nesta situação é mediado principalmente pela ação dos corpos carotídeos em resposta ao aumento da concentração de  $H^+$ , deixando de ser esta linear ao  $VO_2$  com o aumento da intensidade de esforço, na tentativa de manter normais os valores da  $P_{CO_2}$  e da  $P_{O_2}$ , e compensar a acidose metabólica através de alcalose respiratória

Embora a tecnologia na última década do século passado tenha avançado desde o primeiro espirômetro proposto até os modernos equipamentos com telemetria nos dias de hoje, tal técnica ainda é dispendiosa. De tal maneira que a busca por métodos e meios mais acessíveis e viáveis continuam.

Bordon, Cedor e Kollberg (1983) estudando a atividade RNAase das proteínas na saliva antes e após esforços aeróbios (submáximos) e anaeróbios em pacientes com fibrose cística e em indivíduos saudáveis sedentários, observaram que havia aumento das concentrações do lactato salivar ([LS]) após esforços anaeróbios e sugeriu que estes refletiam as concentrações plasmáticas do  $\text{La}^-$ .

De acordo com os autores a acidose metabólica causa o aumento da liberação das enzimas lisossomais, perturbando então o metabolismo do  $\text{Ca}^+$ , que interfere na permeabilidade da membrana celular, além disso, o pH intracelular diminuído durante o exercício aumenta a liberação de proteínas dos tecidos para os fluidos corporais.

Partindo desde pré-suposto Chicharro et al. (1995) e posteriormente Segura et al. (1996) demonstram ser possível a identificação do LAn por meio das concentrações dos eletrólitos e do lactato salivares com boas correlações com as  $[\text{La}^-]$  ( $r = 0,89$  e  $r = 0,81$ ).

Pérez et al. (1999) demonstrou ainda ser possível identificar a MFEL por meio das [LS], sendo que estas mantinham fortes correlações com o  $\text{VO}_{2\text{max}}$  ( $r = 0,89$ ) e com a carga de trabalho ( $r = 0,92$ ).

Entretanto, Zagatto et al. (2004), avaliando mesa-tenista de nível internacional, utilizando-se da metodologia proposta por Tegtbur, Busse e Braumann (1993) não encontrou boa correlação entre as  $[\text{La}^-]$  vs [LS] em cicloergômetro de perna e braço. Os autores alegam que possivelmente o processo de remoção das substâncias salivares e o tempo de resposta das glândulas após os estímulos hormonais, tenham sido fatores preponderantes e que ainda

parece haver um desacoplamento no processo de remoção do LS ou da glândula salivar após o estímulo simpático posterior ao estímulo anaeróbio.

Sabidamente o padrão de inervação cooperativo (parassimpático colinérgico e simpático adrenérgico) confere às glândulas salivares um controle predominante do sistema nervoso autonômico, além disso, a taxa de fluxo salivar, intensidade ou duração do estímulo sobre a glândula influenciam diretamente a composição da mesma (CHICHARRO et al., 1998).

Alem disso, sabe-se que os estímulos parassimpáticos resultam em um alto fluxo salivar, porém com um baixo conteúdo dos componentes orgânicos e inorgânicos, em contrapartida estímulos simpáticos resultam no inverso da afirmativa anterior, principalmente com o aumento das proteínas digestivas (e.g.  $\alpha$ -amilase) e do  $K^+$ . (CHICHARRO et al., 1995; CALVO et al., 1997; PÉREZ et al., 1999).

Assim a elevação desses componentes orgânicos e inorgânicos refletem a estimulação simpática adrenérgica e, além disso, a marcada alteração na composição salivar após mudanças nos estímulos de duração e intensidade, aparentemente por conta de uma mudança na permeabilidade das células secretoras, o que altera a taxa de liberação destes componentes (CHICHARRO et al., 1998).

Embora haja limitações metodológicas (e.g. duração e intensidade do estímulo) que reflitam diretamente na expressão fisiológica de tais componentes nos diferentes compartimentos corporais, há o contraponto da praticidade de coleta, armazenamento e processamento.

Outro parâmetro fisiológico que vem ganhando relativa importância nas pesquisas em ciências do esporte é quantificação do controle do (SNA) sobre a modulação da frequência cardíaca (FC) por meio de sua variabilidade (VFC), onde tem sido evidenciado que tais respostas podem ser mensuradas de maneira não invasiva.

Devido a importância que esse assunto assume no presente trabalho, bem como sua complexidade, este tema será abordado com maiores detalhes em separado no tópico a seguir.

### **1.1.2.1 Controle autonômico durante o exercício**

Os ajustes metabólicos produzidos no músculo podem ser mediados por estruturas localizadas em diferentes níveis do organismo;

- 1) Locais: sinais metabólicos como pH, [CO<sub>2</sub>], [O<sub>2</sub>], [K<sup>+</sup>], presença de mediadores inflamatórios, etc, podem produzir ajustes vasculares importantes que visam corrigir eventuais desequilíbrios metabólicos locais;
- 2) Medulares: o sistema nervoso central pode responder a esses sinais metabólicos periféricos, produzindo ajustes no sistema muscular. Os receptores sensoriais envolvidos nesse reflexo são os tipo III e IV (mecano e metaboloceptores);
- 3) Encefálicos: estruturas bulbares (centro vaso motor, centro cárdio acelerador e inibidor, núcleos dos nervos cranianos IX e X, etc) podem produzir ajustes reflexos principalmente, cardiovasculares e pulmonares em resposta aos sinais metabólicos decorrentes do sistema muscular ativo; estruturas diencefálicas (hipotálamo) mais altas providenciam ajustes mais complexos envolvendo não só o Sistema Nervoso Autônomo, ou seja as divisões simpática e parassimpática, mas também ajustes hormonais que

podem interferir, via sangüínea, nessa resposta global ao exercício; finalmente, estruturas telencefálicas podem interferir potencialmente com todas as estruturas supracitadas, considerando o seu nível hierárquico, assim produzindo modificações autonômicas, humorais e outras necessárias à consecução do exercício.

Assim, a interação desses mecanismos aos centros que regulam a função cardiovascular (bulbo), produz alterações no tônus parassimpático-simpático os quais determinam, em última análise, a resposta cardíaca. Esse equilíbrio pode ainda ser chamado de balanço vago-simpático (BVS), ou equilíbrio autonômico (YAMAMOTO, HUGSON e NAKAMURA, 1992; BRAUNWALD, 1999; SILVA, 2002; ABAD, 2006).

Originária do nódo sinoatrial ou nó sinusal a freqüência de batimentos cardíacos (contrações) é determinada pela despolarização e repolarização elétrica espontânea (automatismo cardíaco) que se propaga por toda a estrutura cardíaca, e representa o controle intrínseco da FC (YAMAMOTO, HUGSON e NAKAMURA, 1992; BRAUNWALD, 1999; SILVA, 2002; PISKORSKI E GUZIK, 2005; ABAD, 2006).

O controle extrínseco é promovido por meio de mecanismos nervosos e humorais, e dentre eles se destaca a atuação do SNA (YAMAMOTO, HUGSON e NAKAMURA, 1992; BRAUNWALD, 1999; PISKORSKI e GUZIK, 2005).

A atividade elétrica cardíaca pode ser avaliada pela observação do eletrocardiograma (ECG), onde a onda P indica a despolarização dos átrios, e as ondas Q, R e S (complexo QRS) a despolarização ventricular. A repolarização ventricular é indicada pela onda T sendo que a repolarização atrial não é visualizada no ECG por ocorrer concomitantemente à despolarização ventricular, ficando portando “mascarada” por esse evento (ver figura 02) (BRAUNWALD, 1999).

Os intervalos sucessivos dos batimentos cardíacos são chamados de intervalos R-R (iRR) e a distância entre cada complexo QRS sucessivo é usualmente medida entre cada iRR (PISKORSKI e GUZIK, 2005). A Figura 01 ilustra o exposto acima.

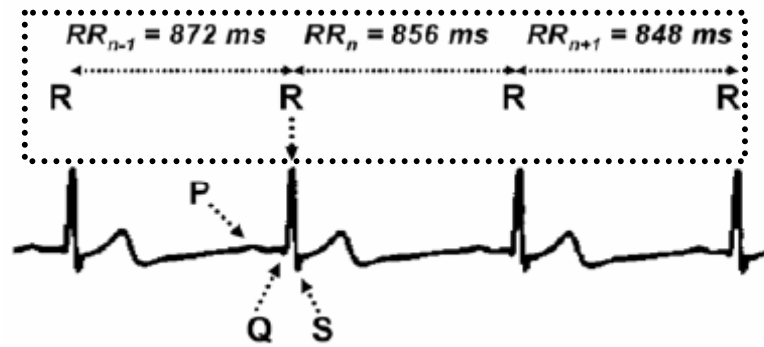


Figura 01. Traçado obtido no eletrocardiograma. Em destaque os intervalos entre cada onda R.

Portanto, a regulação da FC durante o exercício é resultante da combinação de três mecanismos fisiológicos diferentes: o efeito de Frank-Starling no coração, fatores humorais e o sistema nervoso autonômico, sendo que a elevação inicial da frequência é principalmente devido à retirada do tônus vagal e posteriormente aos incrementos na carga de trabalho é atribuída a um aumento na atividade dos nervos cardíaco simpático, todavia o papel relativo e ambos os tônus vagal e simpático são dependentes da intensidade do exercício (TULPP0 et al., 1996; BRAUNWALD, 1999)

Como visto, as contrações cardíacas, usualmente chamadas de FC instantânea, e a duração dos iRR são consequência da interação constante entre a atividade intrínseca do nó sinusal, da influência do SNA e das substâncias circulantes no sangue e no tecido cardíaco. Assim sendo o controle da FC é modulado por ambos os ramos (parassimpático e simpático) do SNA e por ações humorais (PISKORSKI e GUZIK, 2005).



De tal maneira que todos os sistemas, bem como os reflexos são responsáveis pela variação na duração dos iRR de um batimento para o outro. A este fenômeno é dado o nome de variabilidade da frequência cardíaca (PISKORSKI e GUZIK, 2005).

De maneira mais objetiva, a VFC pode ser definida como sendo a variação na flutuação batimentos a batimentos, que refletem o BVS e outros mecanismos de controles fisiológicos da função cardíaca. Dessa forma, é importante o acompanhamento da VFC, como indicador de eventuais alterações funcionais, e até patológicas do sistema cardiovascular. (SALVADORI, 1998; SILVA et al., 2000; PISKORSKI e GUZIK, 2005).

Convencionalmente as medidas de VFC podem ser feitas calculando-se os índices baseados em métodos matemáticos/estatísticos derivados dos iRR ou das diferenças entre eles (análise do domínio de tempo), ou pela análise espectral da frequência (domínio da frequência), onde as séries temporais dos iRR passam pela transformada rápida de Fourier (FFT), por métodos geométricos da análise dos iRR ou ainda por métodos denominados de não lineares. Tais análises podem ser executadas em curtos períodos dos registros do ECG, que variam de 0,5 a 30 minutos ou em períodos longos em gravações de 24 horas de ECG (TASK FORCE, 1996).

Vários pesquisadores argumentam que a gênese da VFC é fruto de vários fenômenos não-lineares e especulam que a sua análise, baseada em métodos dinâmicos não-lineares, podem fornecer informações valiosas na interpretação fisiológica da mesma (TULPPO et al., 1996; TULPPO et al., 1998; LIMA e KISS, 1999; BRUNETTO et al., 2005; PISKORSKI e GUZIK, 2005; ABAD, 2006; SANDERCOCK e BRODIE, 2006).

Segundo Piskorski e Guzik (2005), a análise dos iRR por meio da Plotagem de Poincaré (PP), tem se mostrado um método emergente da dinâmica não-linear da análise da VFC, onde o iRR é traçado em função do seu precursor, e a interpretação se processa quantitativamente ou visualmente.

Três índices principais são extraídos da PP;

- 1) O desvio padrão da linha central longitudinal da plotagem é chamado de SD2, que representa a variabilidade de longo prazo dos iRR, caracterizado como um marcador da modulação parassimpática e simpática (HUIKURI et al., 1996; TULPPO et al., 1996; BRUNETTO et al., 2005; PISKORSKI e GUZIK, 2005; ABAD, 2006) ;
- 2) O desvio padrão da linha central vertical (SD1) que representa a variabilidade instantânea dos batimentos a batimentos, marcador da modulação parassimpática (HUIKURI et al., 1996; TULPPO et al., 1996; BRUNETTO et al., 2005; PISKORSKI e GUZIK, 2005; ABAD, 2006);
- 3) Taxa SD1/SD2 que é um indicador do aumento da atividade simpática, especialmente durante o exercício (HUIKURI et al., 1996; TULPPO et al., 1996; BRUNETTO et al., 2005; PISKORSKI e GUZIK, 2005; ABAD, 2006).

A análise de PP (FIGURA 02) mostrou ser extremamente útil durante o exercício por permitir identificar facilmente as flutuações batimentos a batimentos dos iRR mediadas pelo SNP, ao passo que as análises lineares de variabilidade não são capazes (TULPPO et al., 1998; TULPPO et al., 1996) e além disso batimento ectópicos, ou seja, de origem não sinusal, são facilmente identificados (PISKORSKI E GUZIK, 2005).

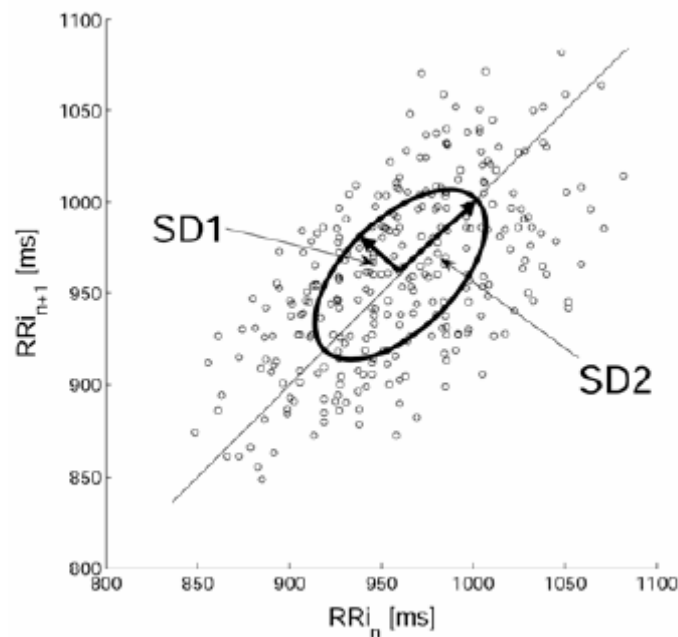


Figura 02. Ilustração da PP, onde cada intervalos R-R ( $RRi_n$ ) e plotado contra o seu anterior  $RRi_{n+1}$ .

Em recente revisão Sandercock e Brodie (2006) afirmam que embora as interações entre SNP e SNS no controle da FC já venham sendo alvos de pesquisas a mais de 100 anos, a influência do exercício agudo e crônico no controle autonômico da mesma, só foi registrada na década de 60.

Hedelin, Bjerle e Henriksson-Larsen (2001), Carter, Banister e Blaber (2003) e Taylor et al. (2003) são unânimes em afirmar, que a análise da VFC é uma ferramenta útil na quantificação da condição e aptidão cardiovascular, tanto em indivíduos saudáveis, como nos portadores de disfunções cardiovasculares, como a hipertensão arterial e a insuficiência cardíaca.

Particularmente durante exercícios incrementais (e.g. rampa) em cicloergômetro, a literatura mostra que inicialmente foi Yamamoto e Hughson (1991), estudando um novo modelo de análise espectral geral da VFC, que propuseram haver uma complexa organização temporal dinâmica entre os sistemas biológicos.

No mesmo ano Yamamoto, Hughson e Peterson (1991) evidenciaram em teste incremental do tipo degrau em cicloergômetro, que havia uma retirada gradual do repouso até  $\cong 60\%$  do  $VO_{2max}$  da atividade do SNP evidenciada pelo decréscimo da banda de alta frequência (HF) e, a partir deste ponto, um aumento da atividade do SNS no nódo sinoatrial constatada pelo aumento da taxa LF/HF (baixa frequência/ alta frequência), sendo este ponto de transição muito próximo do percentual médio do LV identificado ( $\cong 63\%$ ) para todos os sujeitos.

Posteriormente Yamamoto, Hughson e Nakamura (1992), confirmaram os seus achados anteriores, evidenciando uma marcada taxa de mudança nos marcadores da atividade simpático-adrenal como, aumento das concentrações plasmáticas de epinefrina e norepinefrina, bem como dos indicadores do SNS, acima do LV.

Baldissera (1992), utilizando a integral da VFC (iVFC) encontrou forte correlação entre a iVFC e o LV ao estudar indivíduos atletas e sedentários ( $n = 18$ ) durante testes incrementais em diferentes protocolos de rampas corrigidas.

Outros estudos ainda têm demonstrado ser possível a identificação do LAn por diferentes índices de análise da VFC como: análise dos padrões da resposta da VFC por meio modelos matemáticos e estatísticos (FERREIRA, 2003; TEIXEIRA, 2003), utilização da análise espectral da potência no domínio da frequência (ONOSOV et al., 2000; COTTIN et al., 2006) ou ainda a análise quantitativa da PP (TULPPO et al. 1998; LIMA e KISS, 1999; BRUNETTO et al. 2005; ABAD, 2006).

Investigando a modulação autonômica dos iRR durante teste em rampa no cicloergômetro em 31 sujeitos sem e com bloqueio parassimpático, Tulppo et al. (1996) mostraram que a análise vetorial quantitativa bidimensional da PP fornece informações úteis da modulação vagal dos iRR durante o exercício dinâmico e, que as análises convencionais lineares temporais são incapazes de fornecer. Além disso, a exemplo de Yamamoto, Hughson

e Peterson (1991), os autores sugeriram que havia uma associação entre o *status* do SNA e o LV, evidenciada também em estudos subseqüentes.

Em seguida Tulppo et al.(1998) investigando a influência da idade e do *status* do treinamento em 110 homens em teste de esforço graduado (tipo rampa) em cicloergômetro, confirmou os achados anteriores e verificou que a modulação vagal desaparecia por volta de 50%-60% do  $VO_{2max}$  e o aumento da FC era mediada pela atividade simpática. Esses autores sugeriram ainda, que o nível de intensidade do exercício relativo ao  $VO_{2max}$  em que ocorre o achatamento da VFC, independe da idade, desde que ocorra uma manutenção da capacidade aeróbia com o envelhecimento.

Entretanto Brunetto et al. (2005) verificando a possibilidade de identificação do LAn por meio dos índices da PP e os critérios propostos por Tulppo et al. (1998) e Lima e Kiss (1999) em 41 adolescentes de ambos os gêneros, com idade ente 15 e 18 anos, sugeriu ser precipitada a utilização da VFC para identificar o LAn. A razão disso seria pelo fato dos mesmos terem encontrado fracas correlações ( $r = 0,28$  em ambos os critérios adotados), entre os valores do LV e limiar de VFC, sem contudo, não haver diferença estatística significativa entre os diferentes meios de determinação do LAn.

Todavia severa falha metodológica pode ser apontada no respectivo estudo, que via de regra comprometeria a conclusão de Brunetto et al.(2005). Os autores se utilizaram de teste de Bruce adaptado de esforço em esteira, que preconiza o incremento de carga de esforço de 3 METs a cada estágio, e pelo  $VO_{2max}$  reportado (média de  $\sim 40,9$  ml.kg.min<sup>-1</sup>) os avaliados provavelmente alcançaram entre o 2º e 4º estágio. Portanto ao proceder a normalização da amostra assumindo como 100% o valor máximo de consumo para cada sujeito e posteriormente fraciona-lo de 10% em 10%, cometeram uma severa falha metodológica que produziu distorções nos resultados, levando a uma análise estatística inconsistente e uma conclusão equivocada. Assim, o procedimento adotado não levou em

conta que a intensidade de esforço no referido protocolo é resultante da manipulação da velocidade com o percentual de inclinação da esteira. Portanto não há fundamentação metodológica e nem estatística para a comparação entre os valores de LV e limiar de VFC relativos ao % do  $VO_{2max}$ .

Apesar do exposto acima, ou seja, a constatação de que o estudo da VFC em concomitância aos tradicionais indicadores de LAn serem ferramentas úteis, são escassos os estudos desses parâmetros em protocolos de exercício resistido. Em recente revisão sobre o uso da VFC na avaliação do controle autonômico durante o exercício, somente três trabalhos foram reportados por investigarem a resposta da VFC (aguda ou cronicamente) durante o exercício isométrico (SANDERCOCK e BRODIE, 2006).

Assim não há referências na literatura corrente da utilização de tal parâmetro fisiológico em exercícios resistidos dinâmicos, fossem eles realizados em séries clássicas de hipertrofia ou endurance muscular (aguda ou cronicamente) ou em testes incrementais.

## **1.2 Limiar de Anaerobiose e Exercícios Resistidos**

Fleck & Kraemer (1999) mostram valores para a lactacidemia em torno de 10 mmol.l<sup>-1</sup> para séries de 10 repetições máximas (10RM) com um minuto de descanso entre as séries, já MacDougall et al. (1999) encontraram valores de aproximadamente 3,7 mmol.l<sup>-1</sup> para apenas uma série até a falha concêntrica e 4,8 mmol.l<sup>-1</sup> para 3 séries até a falha concêntrica. Além disso verificaram valores de 91 e 118 mmol.l<sup>-1</sup>.kg<sup>-1</sup> para o La<sup>-</sup> muscular para as mesmas séries no exercício rosca direta.

Em estudo conduzido por Kraemer et al. (1999) com grupo de homens jovens ( $\cong$  30 anos) e idosos ( $\cong$  60 anos) demonstraram que ambos os grupos apresentavam elevação das concentrações de  $\text{La}^-$  após quatro séries de 10RM, entretanto o grupo de jovens apresentava valores maiores que os idosos tanto no pré como no pós-treinamento de dez semanas, embora ambos os grupos apresentassem valores significativamente menores que as condições pré-treinamento.

Tais achados se justificariam pela capacidade do treinamento resistido em alterar as características histoquímicas das fibras musculares (FLECK e KRAEMER, 1999). Assim sendo as fibras vermelhas são mais adaptadas à função de oxidar o  $\text{La}^-$  (OYONO-ENGUELLE et al, 1990; BROOKS, 1999-2000; VAN HALL, 2000 GLADDEN, 2004; THOMAS et al., 2004), além disso, o treinamento resistido altera positivamente a expressão MCT1 e MCT4 tanto em indivíduos saudáveis quanto com diabetes do tipo II (JUEL, HOLTEN e DELA, 2004) favorecendo ao “*shuttle*” do  $\text{La}^-$ .

Porém devemos lembrar que tais estudos foram realizados em séries clássicas para a hipertrofia muscular em fisiculturistas altamente treinados. Crewther, Cronin e Keogh (2006) em extensa revisão, sobre a participação do metabolismo nos programas de exercício resistido e sua influência nos processos hipertróficos, justificam os escassos resultados encontrados, sobretudo pela limitação na adequação dos protocolos para tais investigações.

Foi Agostini (2000) quem primeiro propôs a identificação do LAn por meio do estudo cinético das concentrações de  $\text{La}^-$  durante a realização de esforços incrementais relativos à carga máxima dinâmica.

Mesmo investigando exercícios que envolviam massa muscular, biomecânica (*Leg Press* 45° e Rosca Direta) bem como o grau de treinamento diferentes (treinados e não-treinados), Agostini (2000) e posteriormente Barros et al. (2004) mostraram ser possível a identificação de LL nas referidas condições experimentais.

O LL ficou em uma faixa restrita entre 20 a 40% da carga máxima dinâmica sendo que a média foi  $\cong 28\%$  da carga máxima dinâmica, independentemente do *status* de treinamento e do tipo de exercício. Os autores atribuem isso ao fato de que por volta de 30% da carga máxima dinâmica em exercícios de força, há provavelmente um colapamento total dos vasos e capilares sanguíneos que servem a musculatura ativa, resultando num aporte inadequado de O<sub>2</sub> aos mesmos.

Azevedo et al. (2005) investigando também exercícios que envolviam massa muscular e biomecânica distinta (Mesa Flexora e Rosca Direta) encontraram dados que corroboram com os achados de Agostini (2000) e Barros et al. (2004), ou seja, o LL encontrado foi de  $\cong 28\%$  da carga máxima dinâmica e foi independente do exercício realizado.

Recentemente Oliveira et al. (2006) adaptaram o desenho experimental proposto originalmente por Agostini (2000) e fracionaram as cargas entre as porcentagens de 20% a 40% da carga máxima dinâmica, do procedimento experimental em 5% e não em 10% como originalmente havia proposto Agostini (2000). Investigara, nessa situação, não somente a cinética das [La<sup>-</sup>], mas também a cinética da glicemia nos exercícios resistidos *Leg Press 45°* e *Supino Reto* em homens fisicamente ativos porém não treinados em exercícios com peso.

Os achados concordam com os autores anteriores, tendo sido verificados valores relativos situados entre, LL  $\cong 36\%$  e  $31\%$  para o *Leg Press 45°* e *Supino Reto*, respectivamente, e para o LG estes ficaram entre  $\cong 33\%$  e  $31\%$  para o *Leg Press 45°* e *Supino Reto*, respectivamente. Não foram observados valores significativamente diferentes quanto aos LL e LG, apresentando boas correlações tanto no *Leg Press 45°* (R = 0,80) como no *Supino Reto* (R = 0,73).



### 1.3 JUSTIFICATIVA

A partir do referencial bibliográfico levantado, a hipótese aventada foi que seria possível por meio da resposta tanto do lactato salivar como da variabilidade da frequência cardíaca, a detecção da mudança no padrão de respostas das referidas variáveis supracitadas e que estas, também respondessem de forma similar ao lactato sanguíneo durante teste de esforço crescente em exercício resistido.

Além disso, conhecer melhor a cinética da lactatemia, lactato salivar e da variabilidade da frequência cardíaca nos exercícios resistidos durante os esforços crescentes possibilitará um melhor entendimento da resposta fisiológica de tais variáveis.

Vislumbra-se, portanto, a possibilidade de aplicação de tal conhecimento na prescrição e controle de cargas adequadas de trabalho em exercícios resistidos, uma vez que a literatura traz poucos subsídios para uma prescrição mais acurada, abrindo assim uma nova perspectiva de estudo nesse ramo da fisiologia do exercício.

## 2 OBJETIVOS

Investigar a viabilidade da utilização de métodos não invasivos como substitutos alternativos de métodos invasivos na determinação da intensidade máxima onde ocorra o equilíbrio entre a produção e remoção do lactato, comparando as respostas fisiológicas entre homens e mulheres, submetidos a teste incremental descontínuo do tipo degrau em exercício resistido de membros inferiores.

## **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **3.1 Sujeitos**

Foram selecionados 18 jovens universitários saudáveis, voluntários, recrutados no campus da Universidade Federal de São Carlos, a partir de 37 sujeitos que responderam aos anúncios escritos que foram colocados no campus da universidade, sendo nove do gênero masculino, denominados de grupo dos homens (GH) e nove do gênero feminino, denominados de grupo das mulheres (GM), com faixa etária entre 20 a 29 anos, não fumantes, praticantes regulares de exercício físico.

### **3.2 Critérios de Exclusão**

A partir de anamnese médico-clínica e cardiológica foram excluídos indivíduos que apresentaram alterações do tipo: cardiológicas, a partir de eletrocardiografia de repouso e exame físico; endócrinas; metabólicas; ósteo-mio-articulares e neurológicas.

Caso o indivíduo apresentasse qualquer uma das manifestações clínicas, acima mencionadas, durante a aplicação do teste neuromuscular e incremental (descrito adiante), o mesmo seria automaticamente excluído do estudo.

Foi oferecido suporte adequado a todos os participantes, e também foi garantida aos mesmos, a liberdade de retirar seu consentimento a qualquer momento e deixar

de participar do estudo, sendo que a retirada do consentimento não implicou em prejuízo de qualquer natureza ao voluntário (a).

### **3.3 Aspectos Éticos**

Respeitando as normas de conduta em pesquisa experimental em seres humanos, o projeto desta investigação científica foi primeiramente submetido ao Conselho Nacional de Pesquisa, sob o protocolo CAAE – 0062.0.135.000-06 e posteriormente submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da Universidade Federal de São Carlos sob o parecer de nº 118/2006 (ANEXO A). Todos os voluntários que aceitaram participar desta investigação foram informados verbalmente e por escrito dos possíveis riscos e benefícios intrínsecos dos exercícios propostos e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, sendo ainda, entregue uma cópia do mesmo, a cada participante.

### **3.4 Caracterização da Amostra**

Os indivíduos foram medidos com auxílio de um estadiômetro do tipo trena da marca Seca® mod. 206 em seguida pesados em uma balança da marca Tanita®, modelo Body Composition Analyzer - TBF310, no modo “standard” , observando sempre 12 hs de jejum prévio, no período entre 10 e 12 hs, com bexiga urinária esvaziada. As mulheres reportaram

estar fora do período pré e menstrual.

Os dados de idade (I), massa corporal total (MCT), estatura (E), percentual de gordura (BIE), componente de baixa frequência<sup>3</sup> (LF) da variabilidade de frequência cardíaca (VFC) e a carga máxima dinâmica (CMD) no exercício de extensão de joelho e quadril<sup>4</sup> estão expressos na tabela 01 em valores médios  $\pm$  desvio padrão ( $X \pm DP$ ) para ambos os grupos.

Todas as variáveis mostraram-se normais e homocedásticas. O teste *t* para medidas independentes encontrou diferença significativa para as variáveis MCT, H, BIE e CMD. A variável I não se mostrou diferentes significantes nas comparações entre grupos assim como a variável LF que após transformação logarítmica dos dados também não se mostrou diferente significativamente quando aplicado o teste *t* para medidas independentes.

Tabela 01. Caracterização da Amostragem

		I (anos)	MCT (Kg)	E (cm)	BIE (%)	LF (ms <sup>2</sup> )	CMD (kg)
GH	X	24,22	71,73*	175,89*	13,43*	981,94	257,22*
	$\pm DP$	$\pm 2,77$	$\pm 9,81$	$\pm 4,99$	$\pm 4,81$	$\pm 167,13$	$\pm 38,66$
GM	X	22,67	58,61	164,89	24,60	994,15	180,89
	$\pm DP$	$\pm 1,87$	$\pm 9,59$	$\pm 5,30$	$\pm 6,96$	$\pm 212,60$	$\pm 46,67$

I = idade, MCT = massa corporal total, E = altura, BIE = % de gordura, LF = componente de baixa frequência da VFC, CMD = carga máxima dinâmica no LP GH = grupo dos homens e GM = grupo das mulheres, \* = diferença significativa localizada pelo teste *t* para medidas independentes..

### 3.5 Seleção do Exercício

O exercício resistido isoinércio do tipo *Leg Press 45°* (LP) foi selecionado em virtude de suas características e aplicabilidade no estudo e na população escolhida, por tratar-

<sup>3</sup> Componente da VFC do domínio da frequência obtido pela análise espectral, que representa a banda simpática do balanço vago-simpático (TASK FORCE, 1996).

<sup>4</sup>.Carga máxima para uma única repetição no exercício *Leg Press 45°* conforme descrito no item 3.7.

se de exercício multi-articular que envolve vários grupos musculares dos membros inferiores, principalmente o quadríceps femoral, gastrocnêmio, bíceps femoral, semi-tendinoso, semi-membranoso e glúteo máximo.

Da posição sentada sobre o equipamento, com o tronco apresentando uma inclinação de  $45^\circ$  em relação à linha horizontal do solo (FIGURA 03C), joelhos estendidos e os pés apoiados sobre a plataforma de pesos (Figura 03A), os sujeitos foram orientados a realizarem um ciclo do movimento, onde os joelhos realizaram uma flexão aproximada (controlada visulamente) de  $90^\circ$  em contração excêntrica de toda a musculatura já mencionada (FIGURA 03B), retornando em contração concêntrica dos mesmos músculos a posição inicial (FIGURA 03A).

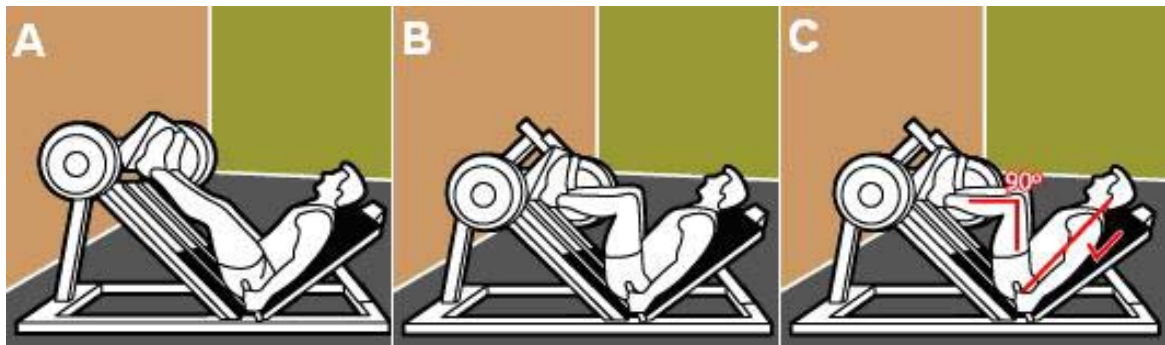


Figura 03. (A) Posicionamento inicial do ciclo de movimento do exercício LP. (B) Fase excêntrica do ciclo de movimento. (C) Detalhamento do ângulo de flexão dos joelhos na fase excêntrica do ciclo de movimento para o exercício LP.

### 3.5. 1 Equipamento Contra-Resistido

Para a realização do procedimento experimental, foram usados os seguintes equipamentos: *Leg Press 45°* com rolamento duplo com as dimensões de 204 x 58 x 120 cm;

peso de 80 kg; capacidade de carga de 550 kg; e 550 kg em anilhas de peso que variaram de 1 a 25 kg (FIGURA 04), sendo ambos os equipamentos da marca Physicus ® (SP-Brasil).



Figura 04. Equipamento *Leg Press 45°* e as anilhas de peso (setas).

### 3.6 Determinação da Carga Máxima Dinâmica (CMD)

Para cada participante deste estudo, foi adotada a técnica descrita por Kathleen (2003), onde para a determinação da CMD os sujeitos realizaram um aquecimento músculo-articular específico ao movimento e no aparelho a ser testado com carga leve, a fim de verificar a técnica correta de execução do movimento.

Posteriormente foi aplicada uma carga baseada na experiência previa reportada anterior para cada sujeito. O avaliado fazia então um ciclo completo do movimento, que consistia em uma contração excêntrica seguida de uma contração concêntrica, ambas em

ações dinâmicas sem a existência de fase isométrica. Seguido ao ciclo completo o avaliado era orientado a tentar repetir o ciclo de movimento.

Caso o sujeito conseguisse realizar mais de um movimento completo, era acrescida uma carga adicional baseada na percepção de esforço de cada sujeito para uma segunda tentativa, sendo que o intervalo de recuperação entre uma tentativa e outra foi de aproximadamente cinco minutos.

Na eventualidade de insucesso na primeira tentativa em função da carga ter sido superestimada, foi realizado o mesmo procedimento anterior apenas com decréscimo da carga proposta.

Determinada a pré – CMD foi realizada mais uma tentativa com uma carga adicional de 10% sobre essa carga. Caso o indivíduo não obtivesse sucesso no movimento, a carga anterior era assumida como sendo sua CMD definitiva. Se o indivíduo obtivesse sucesso em dois ou ciclos completos, os procedimentos eram repetidos até a determinação final da CMD.

### **3.7 Teste incremental descontínuo do tipo degrau no Leg Press (TILP)**

Para a realização do TILP foi utilizado o procedimento proposto por Oliveira et al. (2006), realizado 48 horas após a determinação da CMD. As cargas de cada estágio foram fracionadas em 10, 20, 25, 30, 35, 40, 50, 60, 70, 80 e 90% da CMD (FIGURA 05).

Cada ciclo de movimento foi de aproximadamente três segundos e a duração de cada estágio de um minuto aproximadamente, com um total de  $20 \pm 2$  repetições por estágio, sendo que o ritmo era contralado por comandos verbais.



Os intervalos entre os estágios foram de dois minutos, para o acréscimo de carga e coleta de amostras sanguíneas e salivares (FIGURA 06).

O final do teste foi determinado pela incapacidade de realizar o movimento dentro da mecânica correta previamente estabelecida ou pela incapacidade de realizar o número de repetições completas no tempo referido para o estágio ou ainda por vontade do avaliado.

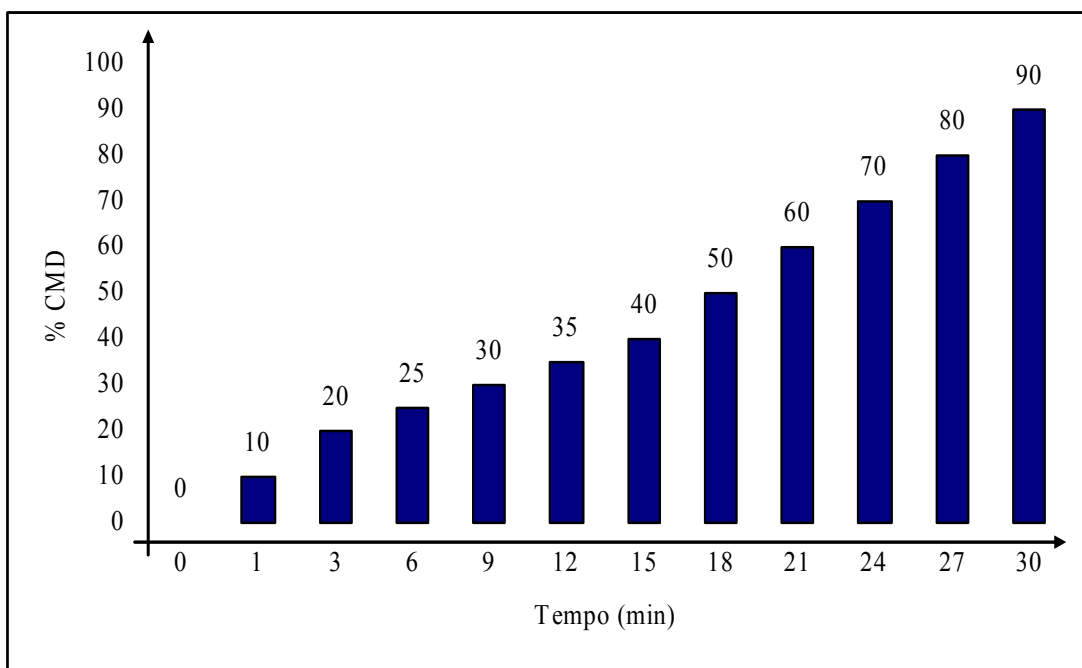


Figura 05. Esquematização da aplicação das cargas de esforço durante o TILP. %CMD = percentual da carga máxima dinâmica.



Figura 06. Exemplificação das coletas sanguíneas (1), salivares (2) e da aquisição da frequência cardíaca (3) nos intervalos entre cada estágio.

### 3.7.1. Padronização metodologia na aplicação do teste TILP

O TILP foi realizado em sala climatizada (22-25°C) no período matutino, compreendido entre 07:00 e 12:00 hs. Todos os avaliados foram orientados a não realizar qualquer tipo de exercício físico 40 h antes do início da sessão experimental, bem como a não ingerir qualquer tipo de droga (e.g. medicamentos, álcool ou similares), produtos que contivessem cafeína ou seus derivados e a manterem a sua rotina de sono 12 h antes da realização do TILP (ALONSO et al., 1998).

O TILP também foi realizado em horário equivalente ao teste de CMD e não foi controlada a fase do ciclo menstrual das mulheres durante o mesmo.

### **3.8 Coleta e análise laboratorial das amostras sanguíneas e salivares**

Todos os procedimentos para a coleta de material biológico e posterior análise, bem como o respectivo descarte das sobras biológicas, seguiram rigorosamente as regulamentações do Comitê de Bio - segurança da UFSCar.

#### **3.8.1 Amostras Sanguíneas**

As coletas das amostras sanguíneas (FIGURA 07) foram realizadas ao final de cada estágio completado satisfatoriamente, por punção com lanceta descartável, no lobo da orelha, que sofreu assepsia local prévia com álcool, usando-se luvas descartáveis.

Foram utilizados capilares heparinizados calibrados para conter 25 microlitros ( $\mu\text{l}$ ) de sangue arterializado que foram acondicionados em tubos Eppendorff de 0.5 ml contendo 50  $\mu\text{l}$  de fluoreto de sódio a 1%, previamente preparados.

Para cada amostra coletada, foi realizada uma limpeza no local, a fim de evitar contaminação pelo suor, ou outro material que inutilizasse as amostras sanguíneas. Todas as amostras foram armazenadas a  $-20^{\circ}\text{C}$  para conservação e posterior análise.

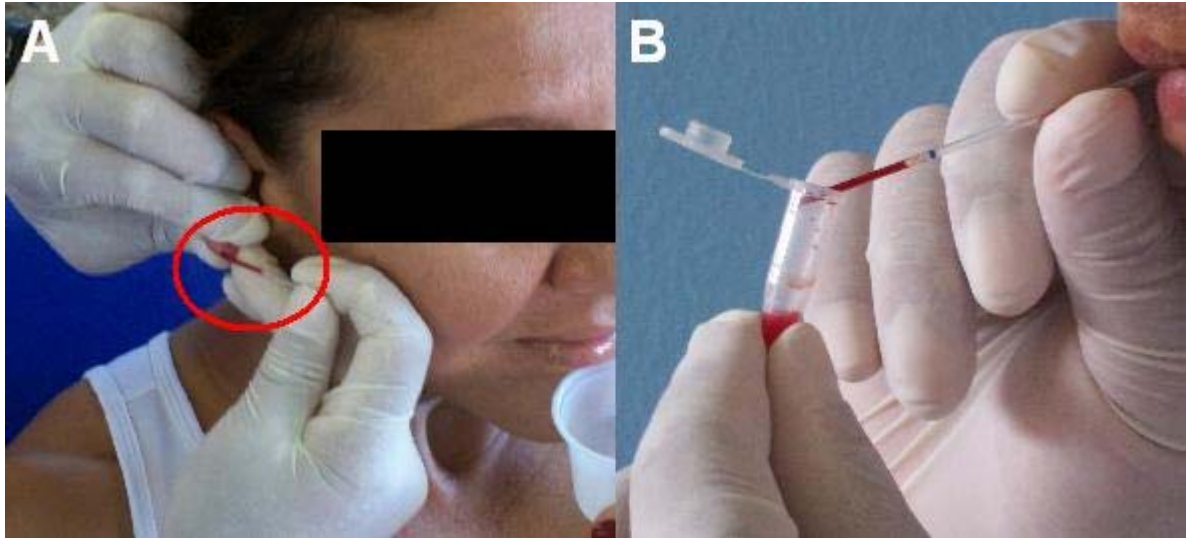


Figura 07. (A) – Coleta de amostra de sangue capilarizado. (B) – transferência da amostra sangüínea para o tubo Eppendorff.

### 3.8.2 Amostras Salivares

As coletas das amostras de saliva foram realizadas ao final de cada estágio completado satisfatoriamente durante o TILP (FIGURA 08A).

A cavidade oral foi previamente limpa com água filtrada. A secreção de saliva foi estimulada, quando necessário, com goma de mascar que não continha açúcar (ZAGATTO et al., 2004), e a coleta feita em copo plástico descartável e transferida para tubo Eppendorf de 0,5 ml (FIGURA 09B) sendo estocadas a  $-20^{\circ}\text{C}$ .

O período máximo entre a coleta e armazenagem, para posterior dosagem, não ultrapassou sete dias (SEGURA et al., 1996), quando então as amostras salivares foram previamente centrifugadas a 2000 rpm por 5 minutos e 25 $\mu\text{l}$  do sobrenadante foi separado e imediatamente analisado.

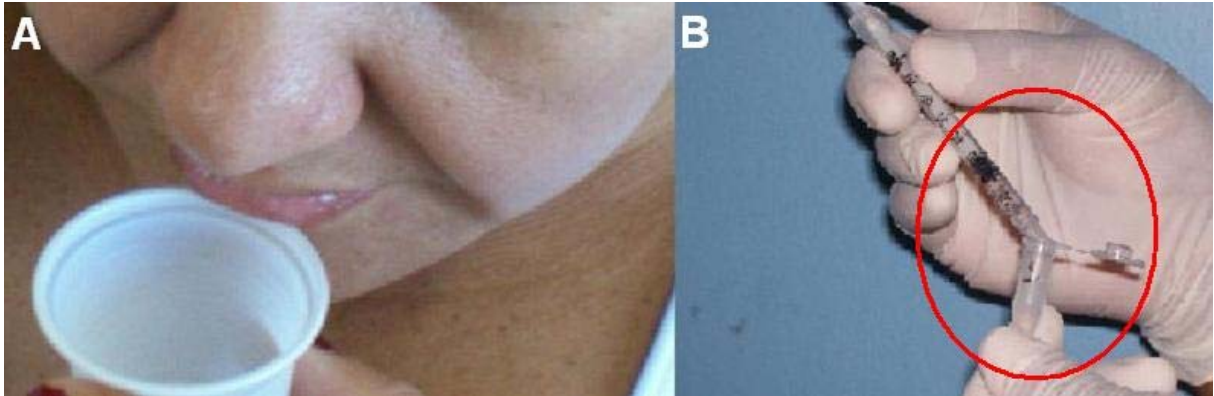


Figura 09. (A) Coleta de amostra salivar. (B) Transferência da amostra salivar para o tubo Eppendorff.

### 3.8.3 Determinação das concentrações de lactato sanguíneo e salivar

As concentrações de lactato sanguíneo e salivar foram determinadas por um analisador eletro-enzimático modelo YSI 1500 Sports – Yellow Springs Instruments (Ohio – USA) (FIGURA 09), que foi calibrado com 25 $\mu$ l de solução de lactato, com concentração conhecida a 5 mmol/l, fornecida pelo fabricante a cada 10 amostras, onde os valores de calibração não ultrapassaram a margem de erro aceitável recomendada de  $\pm 2\%$  ( $\pm 0,1$  mmol/l).



Figura 09. Analisador de lactato eletro-enzimático modelo YSI 1500 Sports da Yellon Springs instruments (Ohio – USA).

### **3.9 Aquisições, processamento da frequência cardíaca e análise da sua variabilidade.**

A aquisição dos dados da frequência cardíaca deu-se por meio do transmissor T61-COD e do monitor de frequência cardíaca modelo S810i que foram posteriormente transmitidos para o computador por meio de uma interface infravermelha do IR USB.

A frequência de amostragem foi de 1.000 Hz, que foram processadas, usando-se um filtro de potência do tipo “muito forte” com uma zona mínima de proteção de um batimento por minuto (bpm). Os intervalos R-R abaixo de 300ms e acima de 2000 ms eram considerados artefatos (PISKORSKI e GUZIK, 2005) e editados manualmente.

Todos os equipamentos utilizados foram da marca Polar Electro Oy® (KEMPELE, Finlândia). Os equipamentos são ilustrados na Figura 10.



Figura 10. Monitor de frequência cardíaca mod S810i (1), transmissor T61-COD. (2) e interface infravermelha USB IR (3).

Os iRR batimento a batimento foram continuamente registrados em duas condições distintas;

- a) Condição de repouso – em sala climatizada (22-25° C) e silenciosa na posição de supino durante 20 minutos, no período matutino (entre 7 h e 12 h) onde somente os cinco minutos finais foram utilizados para compor os valores de VFC como preconiza a TASK FORCE (1986) para os registros de curta duração.
- b) Condição de Exercício – de forma contínua durante o TILP até a exaustão voluntária, onde os dados foram agrupados em blocos de um minuto correspondentes a cada estágio de esforço do TILP, não sendo utilizados os valores dos intervalos entre uma carga e outra.

Em ambas as condições os iRR batimento a batimento foram registrados em respiração espontânea.

A análise dos dados se processou em ambiente Window® XP pelo software “POLAR PRECISION PERFORMANCE SW (PPP-SW)“ versão 4.03.041 (Polar© Electro Oy 2005).

A Figura 11 exemplifica as duas condições detalhada, bem como as informações extraídas do PPP SW.

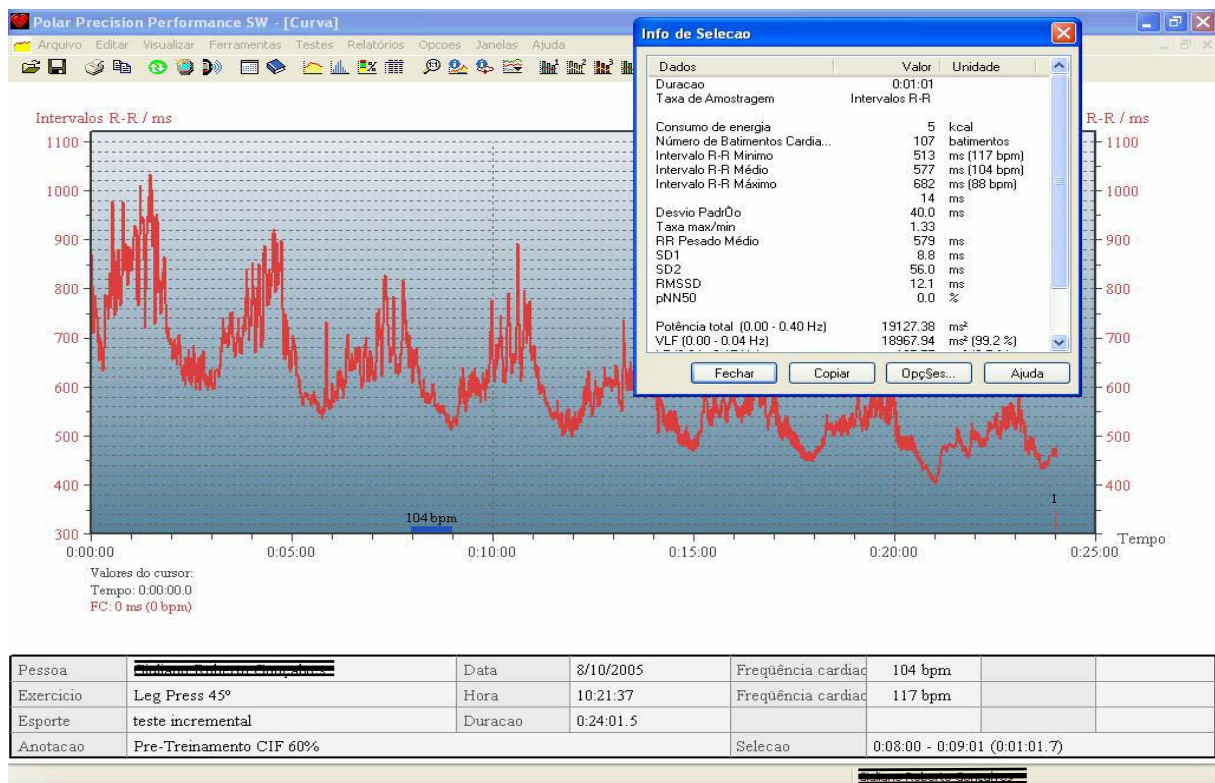


Figura 11. Exemplificação da tela de captura e processamento dos dados pelo PPP adquiridos pelo Polar S810 durante o TILP para um voluntário do grupo dos homens. Em destaque tela de informações sobre os índices fornecidos pelo PPP.

Tal técnica e equipamento têm sido utilizados e recomenda na literatura corrente para estudos que se utilizam da resposta da VFC durante repouso ou em exercícios progressivos e na avaliação diagnóstica (COTTIN et al., 2004; BRUNETTO et al., 2005; KINGSLEY, LEWIS e MARSON, 2005; GAMILLIN, BERTHOIN e BOSQUET, 2006; SCHIMITT et al., 2006).



### **3.10 Identificações dos Limiares de Lactato Sangüíneo (LL), Lactato Salivar (LLS) e de Variabilidade de Frequência Cardíaca (LSD1)**

Tendo em vista os objetivos propostos para esta investigação as seguintes providencias metodológicas foram adotadas;

a) Modelagem matemática para a determinação do LL e LLS, a fim de minimizar o efeito da subjetividade na identificação do ponto de mudança no padrão de resposta das variáveis estudadas no curso do TILP e;

b) Critério fixo de identificação para a determinação do limiar, identificado pela variabilidade da frequência cardíaca.

#### **3.10.1 Determinação dos LL, LLS e LSD1**

Para a determinação dos LL e LLS foi utilizado o modelo matemático proposto por Mader e Heck (1986), onde a intensidade relativa o ponto de transição aeróbio-anaeróbio era assumido como sendo o intercepto do eixo  $x$  de duas regressões exponenciais simples (EQUAÇÃO 3), a partir do aumento abrupto exponencial da  $[La^-]$  e  $[SL]$  identificados por dois avaliadores independentes (DAVIS et al., 1982).

A determinação do limiar de variabilidade de frequência cardíaca (LSD1) foi arbitrados no primeiro estágio onde houve diferença inferior a um miléssegundo (ms) em dois estágios consecutivos segundo o critério proposto por TULPPO et al., (1998).

A Equação 3 e a Figura 12 ilustram o exposto acima.

$$\begin{aligned}
 y &= y' \\
 1.2732e^{0.0396x} &= 0.7565e^{0.0634x} \\
 \text{Ln}(1.2732) + \text{Ln}.e(0.0396x) &= \text{Ln}(0.7565) + \text{Ln}.e(0.0634x) \\
 \text{Ln}(1.2732) + 1(0.0396x) &= \text{Ln}(0.7565) + 1(0.0634x) \\
 \text{Ln}(1.2732) + 0.0396x &= \text{Ln}(0.7565) + 0.0634x \\
 0.24 + 0.0396x &= -0.28 + 0.0634x \\
 0.24 + 0.28 &= 0.0634x - 0.0396x \\
 0.52 &= 0.0238x \\
 x &= \frac{0.52}{0.0238} \\
 x &= \mathbf{21,87\%CMD}
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

Onde Ln = logaritmo natural

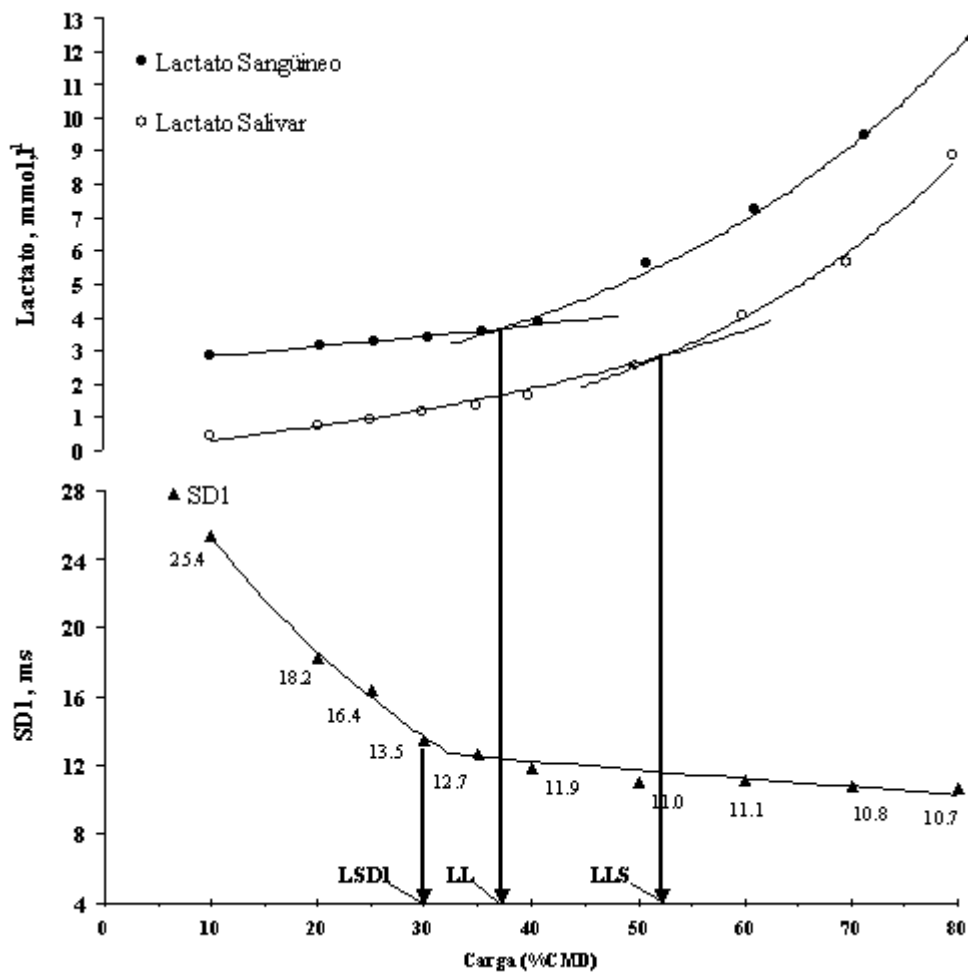


Figura 12. Ilustração da determinação do limiar de lactato (LL), limiar de lactato salivar (LLS) e limiar de variabilidade da frequência cardíaca (LSD1) de um sujeito do grupo dos homens. SD1 = índice da variabilidade rápida dos iRR fornecido pelo Plotagem de Poincaré.

### 3.11 Análises estatísticas

Os dados expostos estatisticamente através da análise descritiva, onde todas as variáveis foram expressas em valores médios  $\pm$  desvios padrão ( $X \pm DP$ ).

Paras as análises e geração dos gráficos foram utilizados os pacotes estatísticos Statistica 6.0 da StatSoft (Tulsa-USA), BioEstat 4.0 (Manuel Ayeres – Br) e Microsoft® Office Excel 2003 (USA)

Todos os dados sofreram transformação logarítmica e a escolha do tipo de teste a ser usado (paramétrico ou não paramétrico) deu-se após ser testada a normalidade pelo teste K-S e homocedasticidade pelo teste de Levene.

Análise das variâncias (ANOVA) para medidas repetidas de um caminho, com post hoc de Dunnett, tendo como fator principal o estágio de 10%CMD, foi usada para comparar as respostas fisiológicas durante o TILP de cada marcador e o teste *t* independente para comparações entre gênero.

ANOVA para medidas repetidas de dois caminhos (gênero, 2; marcadores, 3) com post hoc de Tukey foi utilizado para comparar os limiares identificados.

O coeficiente produto-momento de Pearson identificou o grau de correlação existente, e adicionalmente o grau de concordância e variabilidades entre as variáveis, foi avaliado pela análise proposta por Bland e Altman (1986).

O índice de significância adotado foi de 5% com um grau de confiabilidade de 95%.

## 4 RESULTADOS

Todos os dados aqui expostos se mostraram normais e homocedásticos após transformação logarítmica.

### 4.1 Respostas do lactato sanguíneo

A resposta do  $La^-$  está graficamente ilustrado na Figura 13 para ambos os grupos e os valores  $X \pm DP$  encontrados em cada estágio esta sumarizados na Tabela 02.

O teste ANOVA de um caminho para medidas repetidas mostrou haver diferenças significantes em ambos os grupos e o teste de Dunnett localizou as diferenças encontradas, a partir da condição de 30%CMD para ambos os grupos que podem ser visualizadas na Figura 02.

Tabela 02. Valores  $X \pm DP$  das concentrações de lactato sanguíneo ( $mmol.l^{-1}$ ) em cada estágio do TILP para o grupo dos homens (GH) e das mulheres (GM).

%CMD	0	10	20	25	30	35	40	50	60	70	80	
GH	X	1,21	1,35	1,78	2,22	2,76 <sup>a</sup>	3,86 <sup>a</sup>	4,72 <sup>a</sup>	5,46 <sup>a</sup>	6,52 <sup>a</sup>	8,19 <sup>a</sup>	8,97 <sup>a</sup>
	$\pm DP$	0,35	0,42	0,68	0,82	1,58	1,81	2,55	2,14	2,74	2,82	3,95
	n	9	9	9	9	9	9	9	8	7	7	5
GM	X	0,99	1,51	1,84	2,26	2,88 <sup>b</sup>	3,34 <sup>b</sup>	3,95 <sup>b</sup>	4,57 <sup>b</sup>	5,05 <sup>b</sup>	6,24 <sup>b</sup>	6,87 <sup>b</sup>
	$\pm DP$	0,27	0,54	0,94	0,92	0,96	1,13	1,17	1,50	0,93	1,10	0,52
	n	9	9	9	9	9	9	9	9	7	6	3
Dif. Est	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

%CMD = percentual da carga máxima dinâmica, a e b = diferença estatística significativa localizada pelo teste post hoc de Dunnet em relação a 10%CMD para o grupo dos homens e mulheres, respectivamente. ns = diferença estatística não significativa entre grupo.

As comparações entre gênero em cada condição pelo teste *t* para amostras independentes mostraram não haver diferenças significantes em nenhum estágio em particular (TABELA 02).

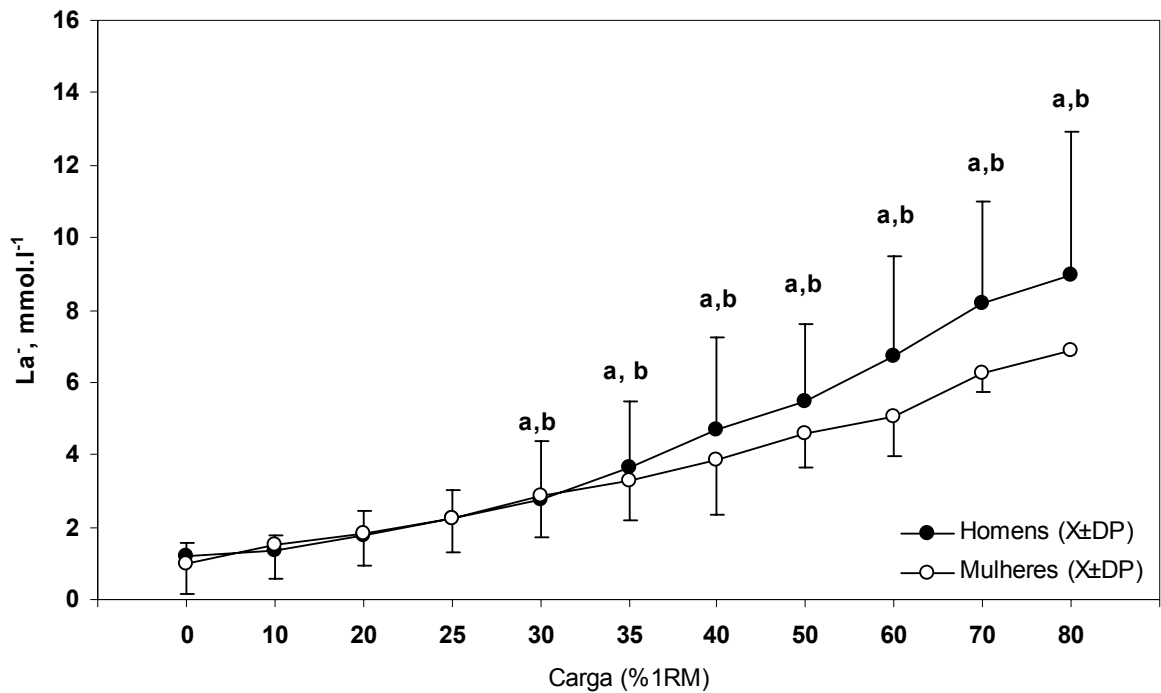


Figura 13. Resposta do lactato sanguíneo ( $La^-$ ) para os homens e mulheres em valores  $X \pm DP$  durante o TILP. a e b = diferenças significantes localizadas pelo teste de Dunnet em relação a 10%CMD para o grupo dos homens e mulheres, respectivamente.

## 4.2 Respostas do lactato salivar

A resposta do LS em valores  $X \pm DP$  em cada estágio do TILP estão sumarizados na Tabela 03 e graficamente ilustrados na Figura 14, para ambos os grupos.

O teste ANOVA de um caminho para medidas repetidas mostrou haver diferenças significantes em ambos os grupos e o teste de Dunnett localizou as diferenças

encontradas a partir da condição de 50%CMD para o grupo dos homens e de 35%CMD para o grupo das mulheres.

Tabela 03. Valores  $X \pm DP$  das [LSal] em cada estágio do TILP para o grupo dos homens (GH) e das mulheres (GM).

%CMD	R	10	20	25	30	35	40	50	60	70	80	
GH	X	0.57	0.42	0.48	0.51	0.59	0.79	0.94	1.26 <sup>a</sup>	1.5 <sup>a</sup>	2.16 <sup>a</sup>	2.39 <sup>a</sup>
	$\pm DP$	0.29	0.26	0.27	0.32	0.35	0.48	0.55	0.69	0.48	0.89	1.02
	n	9	9	9	9	9	9	9	8	7	7	5
GM	X	0.50	0.33	0.4	0.45	0.58	0.70 <sup>b</sup>	0.79 <sup>b</sup>	0.93 <sup>b</sup>	1.13 <sup>b</sup>	1.61 <sup>b</sup>	1.55 <sup>b</sup>
	$\pm DP$	0.31	0.15	0.2	0.17	0.19	0.21	0.28	0.32	0.32	0.75	1.08
	n	9	9	9	9	9	9	9	9	7	6	3
Dif. Est	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

%CMD = percentual da carga máxima dinâmica, a e b = diferença estatística significativa ( $p < 0,05$ ) localizada pelo teste post hoc de Dunnet em relação a 10%CMD para o grupo dos homens e mulheres, respectivamente. ns = diferença estatística não significativa entre grupo.

As comparações entre gênero em cada condição mostraram-se normais e homocedásticas e não houve diferenças estatísticas significantes em cada estágio em particular, quando aplicado o teste  $t$  para amostras independentes.

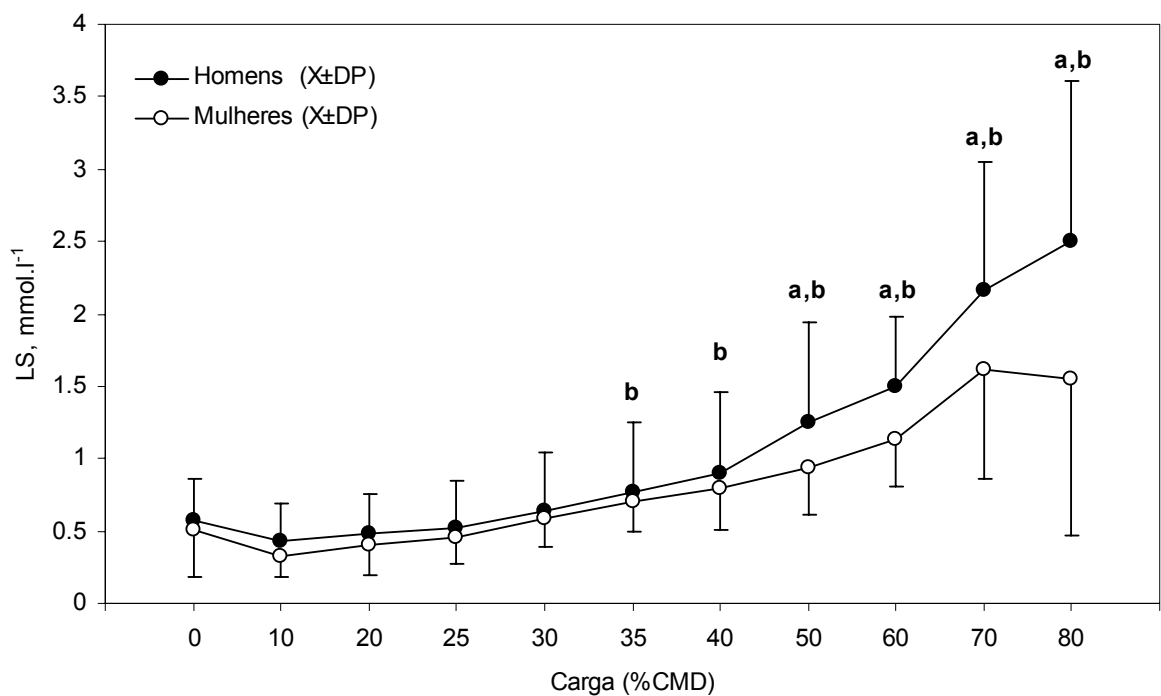


Figura 14. Resposta do lactato salivar (LS) para os homens e mulheres em valores  $X \pm DP$  durante o TILP. a e b = diferenças significantes localizadas pelo teste de Dunnet em relação a 10%CMD para o grupo dos homens e mulheres, respectivamente.

### 4.2.1 Lactato Sangüíneo vs Lactato Salivar

Quando comparados os valores de  $\text{La}^-$  vs LS o teste  $t$  para medidas independentes mostrou haver diferenças significantes em todos os estágios do TILP para grupo dos homens (FIGURA 15A) e também para o grupo das mulheres (FIGURA 15B).

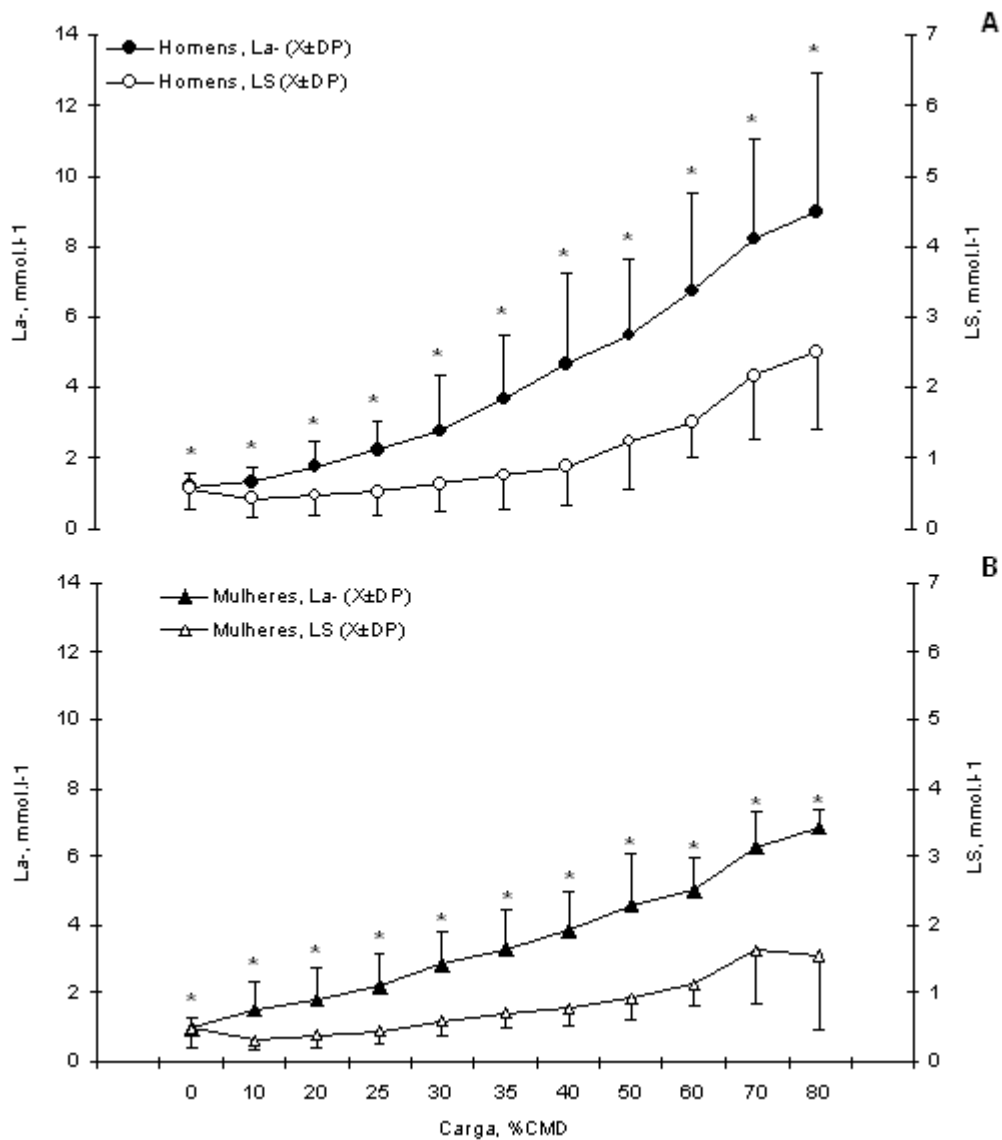


Figura 15. Comparação entre as respostas de  $\text{La}^-$  vs LS para o grupo dos homens (A) e das mulheres (B). \* = Diferença significante entre as concentrações de  $\text{La}^-$  vs LS localizadas pelo teste  $t$  para medidas independentes em ambos os grupos.

### 4.3. Respostas da variabilidade da frequência cardíaca

A resposta da VFC identificada pelo índice SD1 em valores  $X \pm DP$  em cada estágio do TILP está sumarizada na Tabela 04 e graficamente ilustrada na Figura 16 para ambos os grupos.

O teste ANOVA de um caminho para medidas repetidas mostrou haver diferenças significantes em ambos os grupos e o teste de Dunnett localizou as diferenças encontradas a partir da condição de 30%CMD para o grupo dos homens e de 40%CMD para o grupo das mulheres.

Tabela 04. Valores  $X \pm DP$  da VFC (SD1) em cada estágio do TILP para o grupo dos homens (GH) e das mulheres (GM)

%CMD	R	10	20	25	30	35	40	50	60	70	80	
GH	X	56,73	19,41	13,49	11,89	10,13 <sup>a</sup>	7,75 <sup>a</sup>	7,96 <sup>a</sup>	6,15 <sup>a</sup>	5,34 <sup>a</sup>	5,38 <sup>a</sup>	6,54 <sup>a</sup>
	$\pm DP$	21,26	12,34	5,73	5,64	6,51	4,87	4,72	3,87	4,34	3,82	4,68
	n	9	9	9	9	9	9	9	8	7	7	5
GM	X	43,62	12,18	11,71	8,20	6,78	6,18	5,51 <sup>b</sup>	4,13 <sup>b</sup>	4,83 <sup>b</sup>	5,37 <sup>b</sup>	3,93 <sup>b</sup>
	$\pm DP$	38,50	8,95	8,39	4,37	3,85	3,44	2,42	2,46	3,15	3,65	1,18
	n	9	9	9	9	9	9	9	9	7	6	3
Dif. Est	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

%CMD = percentual da carga máxima dinâmica, a e b = diferença estatística significativa ( $p < 0,05$ ) localizada pelo teste post hoc de Dunnet em relação a 10%CMD para o grupo dos homens e mulheres, respectivamente. ns = diferença estatística não significativa entre grupo.

Nas comparações entre gêneros não foram encontradas diferenças significantes quando aplicado do teste  $t$  para medidas independentes em nenhum estágio do TILP.



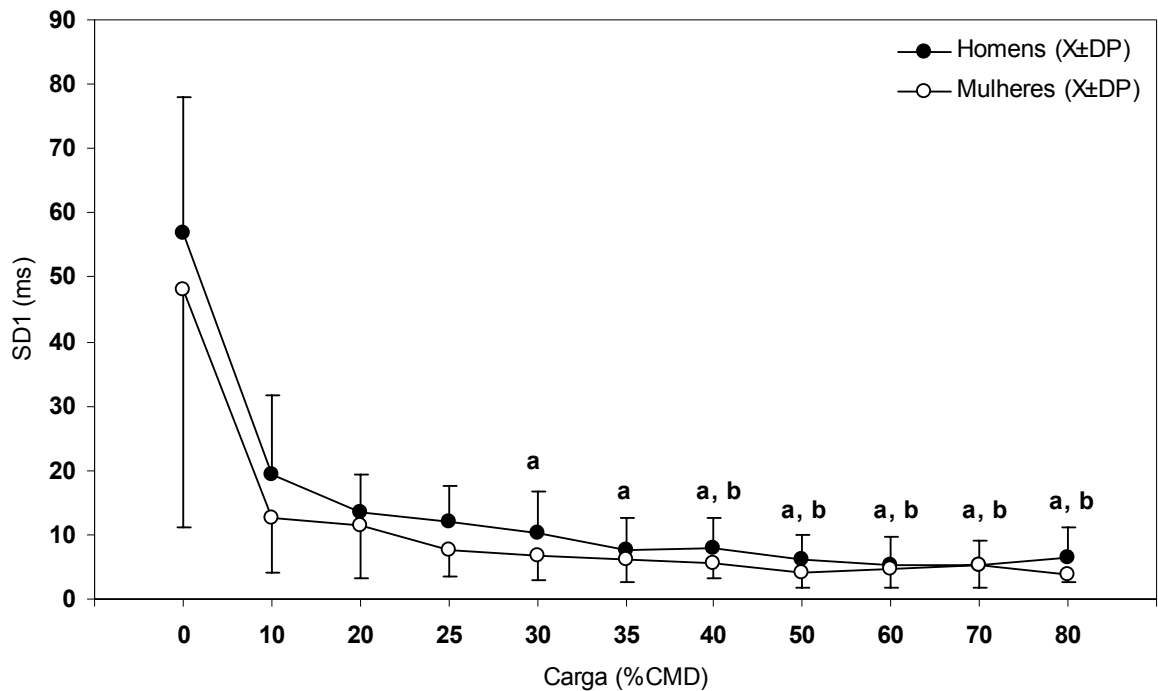


Figura 16. Resposta da VFC identificada pelo índice SD1 para homens e mulheres em valores  $X \pm DP$  durante o TILP. a e b = diferenças significativas localizadas pelo teste de Dunnet em relação a 10%CMD para o grupo dos homens e mulheres, respectivamente.

#### 4.4 Expressões dos LL, LLS e LSD1 em valores absolutos

Os valores  $X \pm DP$  encontrados no momento dos respectivos limiares para ambos os grupos, bem como as diferenças estatísticas localizadas estão sumarizados na Tabela 05 e representados graficamente na Figura 17.

O teste ANOVA de dois caminhos (2 gêneros, 3 métodos) para medidas repetidas mostrou haver diferenças estatísticas significativas. O teste post hoc de Tukey localizou as diferença significativa na condição entre gêneros e mesmo método (e.g. LLS) e na condição entre gênero e entre métodos (e.g. LLS vs LL, LL vs LSD1 e LLS vs LSD1, de homens e mulheres respectivamente).

Tabela 05. Valores  $X \pm DP$  do limiar de lactato (LL), limiar de lactato salivar (LLS) e limiar de variabilidade da frequência cardíaca (LSD1) expressos em valores absolutos (kg) para homens e mulheres.

		LL (kg)	LLS (kg)	LSD1 (kg)
Homens	X	86,43 <sup>d</sup>	103,73 <sup>a,b,c</sup>	81,52
	DP	$\pm 20,83$	$\pm 35,26$	$\pm 21,59$
Mulheres	X	56,58 <sup>b</sup>	66,80 <sup>a</sup>	52,56 <sup>c,d</sup>
	DP	$\pm 23,97$	$\pm 31,41$	$\pm 15,80$

a = diferença significativa entre gênero (LLS). b, c, d = diferença significativa entre gênero e entre métodos. Diferenças localizadas pelo teste post hoc de Tukey.

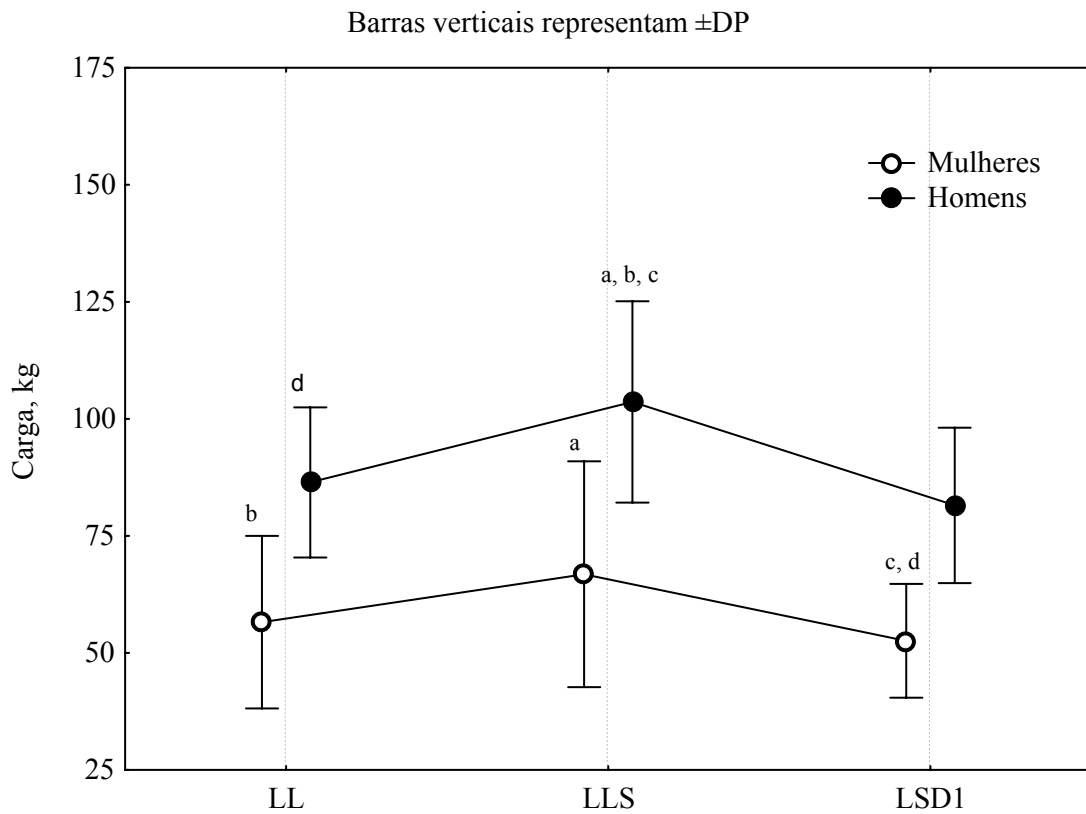


Figura 17. Valores  $X \pm DP$  dos LL, LLS e LSD1 expressos em valores absolutos (kg) para homens e mulheres. a = diferença significativa entre gênero (LLS). b, c, d = diferença significativa entre gênero e entre métodos. Diferenças localizadas pelo teste post hoc de Tukey.

#### 4.5 Expressões dos LL, LLS e LSD1 em valores relativos

Os valores  $X \pm DP$  expressos em %CMD encontrados no momento dos respectivos limiares para ambos os grupos estão sumarizados na Tabela 06 e representados graficamente na Figura 19.

O teste ANOVA de dois caminhos (2 gêneros, 3 métodos) para medidas repetidas mostrou não haver diferenças estatísticas significantes em nenhuma condição.

Tabela 06. Valores  $X \pm DP$  do limiar de lactato (LL), limiar de lactato salivar (LLS) e limiar de variabilidade da frequência cardíaca (LSD1) expressos em valores relativos ao percentual de CMD (%CMD) para homens e mulheres.

		LL (%CMD)	LLS (%CMD)	LSD1 (%CMD)
Homens	X	33,58	40,01	31,66
	DP	$\pm 6,49$	$\pm 13,55$	$\pm 6,61$
Mulheres	X	30,45	36,24	29,44
	DP	$\pm 6,18$	$\pm 10,77$	$\pm 6,34$

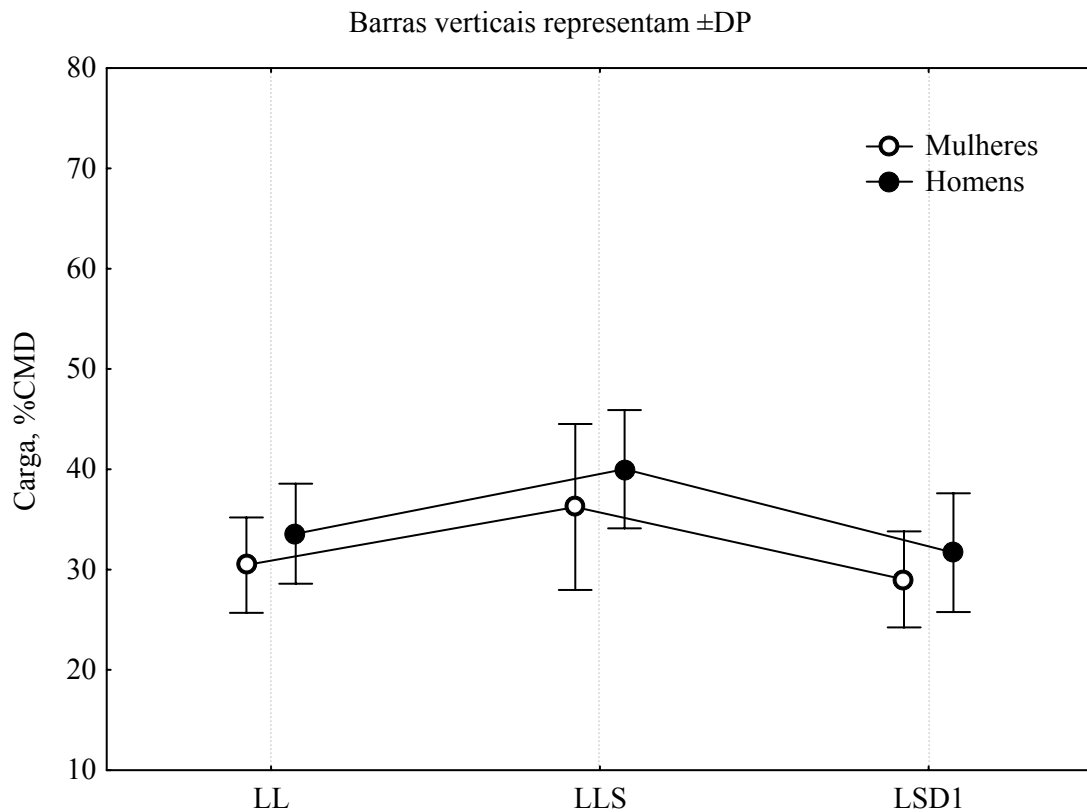


Figura 18. Valores  $X \pm DP$  dos LL, LLS e LSD1 expressos em valores expressos em valores relativos ao percentual de CMD (%CMD) para homens e mulheres.

#### 4.6. Matriz de Correlações

O nível de correlação entre os métodos de determinação do ponto de transição do metabolismo aeróbio-anaeróbio foi verificado pelo coeficiente produto-momento de Pearson, onde o coeficiente de correlação ( $r$ ) foi de 0,89 entre o LL vs LLS e de 0,78 entre LL vs LSD1, sendo ambas significantes (FIGURA 19).

As equações geradas (4 e 5) pelas regressões são expressas abaixo:

$$LL = 13.173 + 0,68451 * LLS \quad (4)$$

$$LL = 12,584 + 0,97975 * LSD1 \quad (5)$$

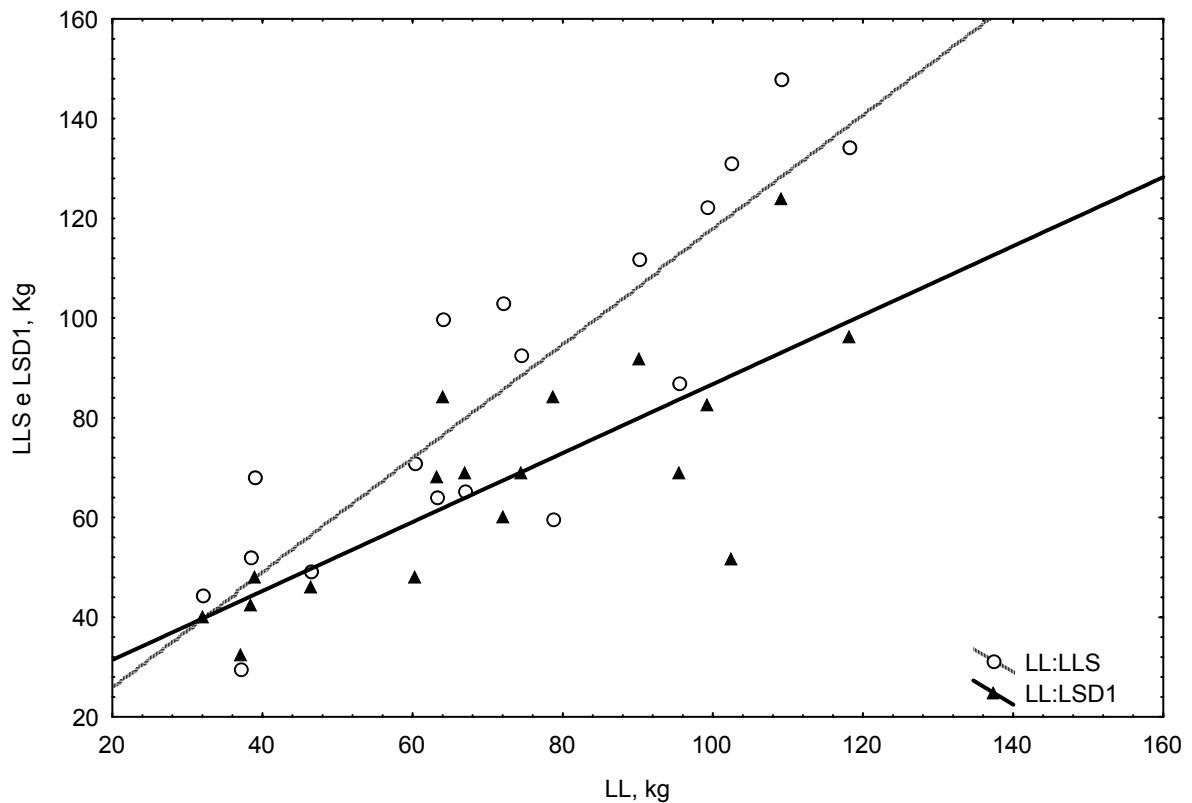


Figura 19. Matriz de correlações momento-produto de Pearson entre LL vs LLS (círculo vazio) e LL vs LSD1 (triângulo cheio). Equação A (linha pontilhada) = equação da reta de regressão para LL:LLS. Equação B (linha cheia) = equação da reta de regressão para LL:LSD1.

#### 4.7 Graus de Concordância entre os Métodos

O grau de concordância entre os métodos forneceu os seguintes dados: a média da diferença entre as médias (Bias), o desvio padrão (DP) e o limite de concordância de 95% ( $\pm 2DP$ ) entre os métodos. A Tabela 07 apresenta os valores obtidos e as Figuras 20 e 21 ilustram a representação gráfica dos mesmos.

Tabela 07. Análise de Bland-Altman.

	Bias, kg	DP, kg	$\pm 2DP$ , kg
LL vs. LLS	13,71	$\pm 16,46$	- 19,20 a + 46,62
LL vs. LSD1	-4,45	$\pm 16,94$	- 38,33 a + 29,42

Bias = média da diferença entre as médias,  $\pm 2DP$  = limite de concordância de 95%, LL = limiar de lactato sanguíneo, LLS = limiar de lactato salivar e LSD1 = limiar de variabilidade da frequência cardíaca.

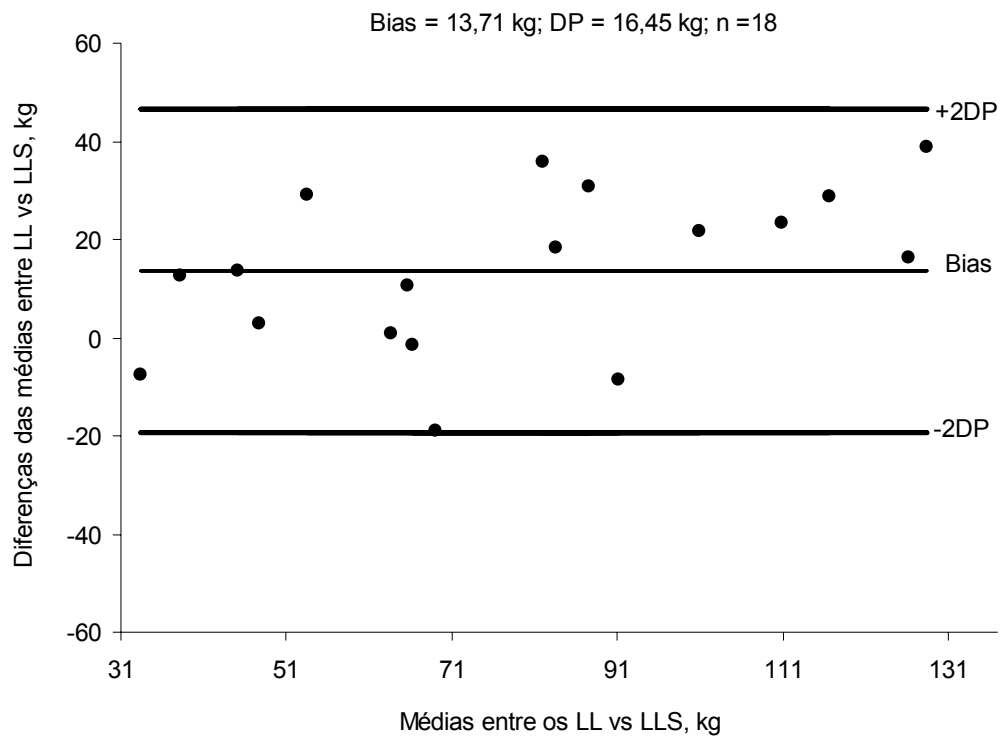


Figura 20. Plotagem de Bland-Altman. LL vs LLS. Bias = média da diferença entre as médias,  $\pm 2DP$  = limite de concordância de 95%. LL = limiar de lactato sanguíneo, LLS = limiar de lactato salivar.

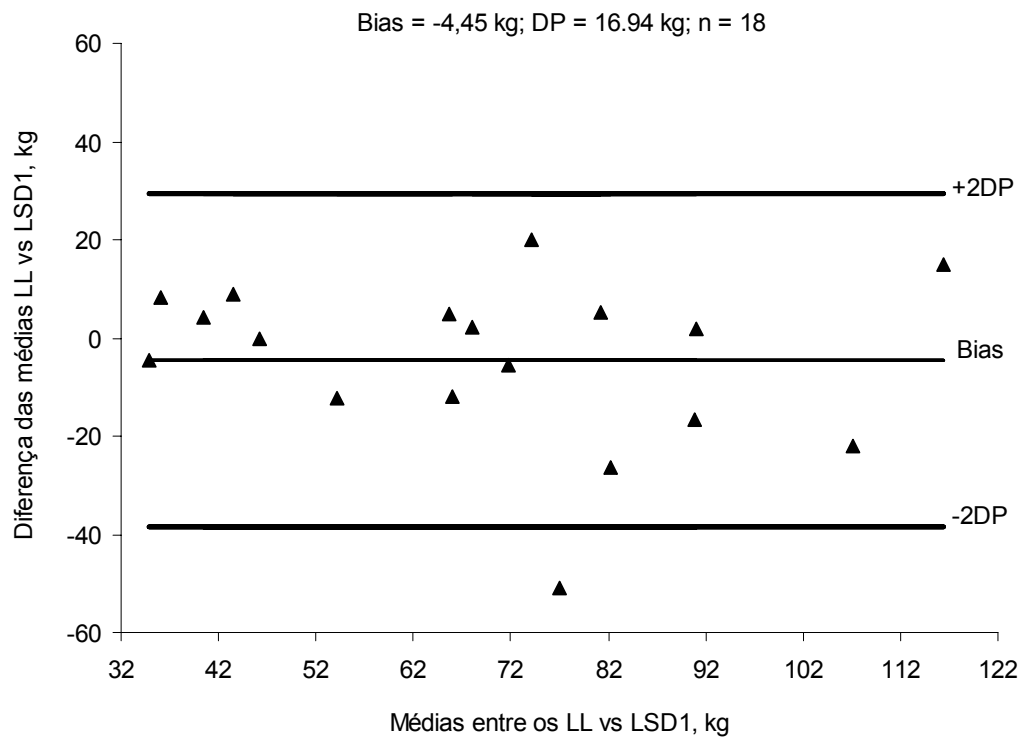


Figura 21. Plotagem de Bland-Altman. LL vs LSD1. Bias = média da diferença entre as médias,  $\pm 2DP$  = limite de concordância de 95%. LL = limiar de lactato sanguíneo e LSD1 = limiar de variabilidade da frequência cardíaca.

## 5 DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo investigar a possibilidade de utilização de dois diferentes métodos não invasivos, como meios alternativos na determinar do limiar de lactato sangüíneo, durante teste de esforço crescente em exercício resistido de membro inferior e comparar as respostas fisiológicas entre homens e mulheres. Os principais resultados evidenciados sugerem que, é possível a identificação tanto do LLS como do LSD1 é que estes não diferem estatisticamente dos limiares identificados pela lactatemia no padrão de exercício e população escolhidos para este estudo.

Ambos os métodos (e.g. LS e VFC) têm sido largamente utilizados e recomendados na avaliação, prescrição e controle de carga de treinamento em diferentes populações (SEGURA et al. 1996; TULPPO et al. 1998; PEREZ et al., 1999; BRUNETTO et al., 2005; ABAD, 2006), no entanto, não há registros na literatura, até a presente data, da utilização de tais parâmetros e sua comparação com as concentrações de  $La^-$  nos exercícios resistidos de modo geral ou mesmo a comparação entre gêneros das suas respostas.

Assim acredita-se que o diferencial desse estudo, está em propor a utilização de tais marcadores como alternativas confiáveis e não invasivas na determinação do limiar de lactato durante a realização de exercício resistido, visto que recentemente Crewther, Cronin e Keogh (2006) revisaram 104 artigos entre 1982 até 2004 que investigaram as respostas metabólicas agudas ao estímulo de força e potência, tendo sido identificada uma lacuna nesta área de conhecimento.

Sabe-se que as respostas cardiovasculares, neuroendócrinas e neuromusculares ao exercício físico agudo e sua adaptações ao exercício crônico, são dependentes de diversos fatores intervenientes como idade, gênero, estado de treinamento atual, condição de saúde,

estilo de vida, tipo de exercício, entre outros (TASK FORCE, 1996; ACMS, 1998a e 1998b, 2000a e 2000b).

Tais fatores devem ser investigados para proporcionar uma maior confiabilidade na interpretação fisiológica dos fenômenos encontrados e evitar conclusões equivocadas.

Desta maneira, no presente estudo a avaliação da atividade do SNA e sua influência no controle da FC foi avaliada por meio de sua variabilidade na condição de repouso pré-exercício físico e durante a realização de teste de esforço crescente em exercício resistido.

O índice LF (componente do domínio da frequência) mostrou-se dentro da faixa de normalidade (Tabela 01) a partir dos valores propostos de  $1170 \pm 416 \text{ ms}^2$  por Bigger Jr et al. (1995) e a Task Force (1996).

Como esperado na avaliação do componente neuromuscular (teste de CMD), os grupos se mostraram diferentes significativamente. Tais achados estão de acordo com a literatura corrente quando o desempenho foi expresso em valores absolutos na comparação entre gêneros (MAIKALA e BUCKLEY, 1998; NEBER et al., 1999; BHAMBHANI, MAIKALA e ESMAIL, 2001; HUNTER e ENOKA, 2001; BILLAT et al., 2003; BHAMBHANI, KELL e BHAMBHANI, 2003; CLARK et al., 2003; KILBREDE et al., 2003; MARCEL et al., 2003; HUNTER et al., 2004; CLARK et al., 2005).

Contudo a metodologia proposta, que consistia em arbitrar percentualmente o fracionamento das cargas de trabalho em cada estágio do TILP em relação à CMD, garantiu aos grupos intensidades de esforço equivalente em cada estágio do TILP.

Outras providências metodológicas como, avaliação e aplicação dos testes de CMD e TILP em horários semelhantes e sempre no período matutino (7-12 h), as recomendações quanto à não ingestão de medicamentos, drogas ou execução de exercícios



físicos 40 horas antes da realização dos testes como preconiza Alonso et al. (1998), contribuíram para uma maior homogeneidade da amostra selecionada para este estudo.

Assim sendo os cuidados metodológicos tomados para esta investigação permitiram a minimização das influências das variáveis confusionais, que propiciaram maior confiabilidade na interpretação fisiológica dos fenômenos aqui encontrados.

O método de comparação entre duas medidas proposto por Bland e Altman (1986) utilizado neste estudo, conduziu a uma avaliação positiva das variáveis não invasivas na determinação do ponto de transição metabólica, não somente do ponto de vista matemático/estatístico, mas principalmente da ótica dos pesquisadores envolvidos (BLAND e ALTMAN, 1986; PETERSEN et al., 1997; BLAND e ALTMAN, 1999; CHAN, 2003).

Desta maneira a heterocedasticidade entre métodos se manteve dentro do intervalo de concordância de 95%, como proposto pelo método, tanto para a LS como para o componente SD1 da VFC.

Foi possível ainda interpretarmos por meio dos gráficos gerados pelo método, que o limiar identificado pelo LS superestima os limiares quando comparados aos identificados pelo  $La^{-}$ , embora as demais análises estatísticas evidenciem não haver diferenças entre os dois métodos. A diferença média (Bias) entre os limiares identificados pelo  $La^{-}$  e LS apresentou uma super estimativa de  $\cong 17$  kg o que representou aproximadamente 8% da CMD ou dois estágios do TILP. A forte correlação evidenciada pelo coeficiente de Pearson ( $r = 0,89$ ) esta dentro do preconizado por Atkinson e Nevill (1998) em artigo de revisão sobre os métodos de comparação na avaliação da reprodutibilidade das variáveis em medicina esportiva e também mais recentemente por Chan (2003). Assim, equação 3 gerada pela reta de regressão forneceu uma correção adequada aos limiares identificados pelo LS.

Em seu estudo Segura et al. (1996) encontrou um correlação de 0,81 ( $n = 9$ ) entre o LS e  $La^{-}$  em teste incremental no cicloergômetro. Pérez et al. (1999) investigando a

possibilidade de determinação da MFEL pelas concentrações de LS em atletas altamente treinados (ciclistas e triatletas, n=12), identificaram correlações semelhantes a de Segura et al. (1996) sendo r de 0,89 e 0,92 quando o LS foi comparado com o  $VO_{2max}$  e com a potência em watts na MFEL.

Recentemente Santos et al. (2006) também mostraram correlação moderada (0,77) entre as concentrações de LS e  $La^-$ , durante performances em corridas de longas distâncias (30 km) em 15 maratonistas de elite (12 homens e 3 mulheres).

A correlação evidenciada neste estudo para o LS ( $r = 0,89$ ) é melhor do que a encontrada por Segura et al. (1996) e por Santos et al. (2006), e está de acordo com a evidenciada por Perez et al. (1999). Além disso, as análises de Bland-Altman (1986) efetuadas por Pérez et al. (1999), se assemelham as realizadas nesta investigação.

Assim sendo, como o método de coleta utilizado, estocagem e análises das concentrações de LS, se assemelharam aos estudos anteriormente reportados (SEGURA et al, 1996; PÉREZ et al., 1999 e SANTOS et al, 2006), pode-se afirmar que o LS é um método alternativo fidedigno na determinação do LL no protocolo descontínuo aplicado ao exercício resistido para os membros inferiores, alvo desta investigação.

A análise de Bland-Altman (1986) do componente SD1 também se mostrou consistente quanto à sua heterocedasticidade e uma moderada correlação (CHAN, 2003) foi evidenciada no presente estudo ( $r = 0,78$ ). A média da diferença entre as médias dos limiares identificados pela SD1 foi de aproximadamente -5 kg, sendo este valor inferior a 3%CMD.

Embora existam trabalhos na literatura que correlacionam LV com VFC, não existem dados que confrontam o LL diretamente com VFC, como desenvolvido no presente estudo. Yamamoto, Hughson e Petersen (1991), Yamamoto e Hughson (1992), Alonso et al. (1998), Tullpo et al. (1998) investigaram a resposta da VFC, com e sem bloqueio parassimpático (e.g. uso de atropina), durante testes incrementais contínuos do tipo rampa e

também de graus em diferentes ergômetros. Esses autores afirmam haver uma relação de causa e efeito entre o  $VO_{2max}$  e a VFC, independente do parâmetro de análise utilizado, no entanto, nenhum dos autores verificou a correlação existente entre estas variáveis ou fizeram qualquer menção à sua correlação com o  $\dot{V}a$ .

Ferreira (2003) e Teixeira (2003), avaliando 45 sujeitos de ambos os gêneros de larga faixa etária (20 a 60 anos) postularam ser possível a identificação do limiar de anaerobiose pelos parâmetros do domínio do tempo ( $rMSSD$  = raiz quadrada da média dos quadrados dos  $RRi$  sucessivos e válidos) da VFC por meio da utilização de modelos matemáticos/estatísticos. Contudo nenhuma das autoras também comparou e correlacionou os referidos limiares com outros limiares identificados por diferentes parâmetros, fossem eles metabólicos ou ventilatórios.

Baldissera (1992) investigando tanto atletas quanto indivíduos sedentários ( $n=18$ ) em diferentes protocolos incrementais em cicloergômetro, encontrou moderada correlação ( $r = 0,70$ ) entre os limiares de anaerobiose identificados pela técnica ciclo a ciclo respiratório (SEG) e a técnica da integral da variabilidade da frequência cardíaca (FCi). Encontrou ainda, forte correlação ( $r = 0,80$ ) entre a potência e o  $VO_{2max}$  no momento do limiar de anaerobiose, quando estes foram identificados pela FCi, sugerindo desta maneira uma relação de causa e efeito.

Osonov et al. (2002) obteve fortes correlações cruzadas da ordem de 0,84 a 0,99 entre os limiares de anaerobiose identificados por meio da análise espectral da VFC e os identificados por parâmetros ventilatórios, evidenciando assim também uma relação de causa e efeito entre as duas variáveis.

Embora não fosse o foco do estudo de Silva (2002) investigar a transição do metabolismo aeróbio-anaeróbio, este mostrou haver correlação negativa moderada ( $r = -0,64$ ) entre a amplitude do sinal EMG ( $RMS$  = raiz quadrada da média dos quadrados sucessivos do

sinal eletromiográfico) e a rMSSD durante o protocolo incremental contínuo do tipo degrau em cicloergômetro.

Recentemente Cottin et al. (2006) identificou não somente o LV mas também o limiar ventilatório dois (LV2) ou limiar de compensação respiratório (RCT), pelo  $VE/VO_2$  e  $VE/VCO_2$  respectivamente e encontrou fortes correlações com os limiares identificados pela análise espectral da VFC ( $R^2 = 0,94$  e  $0,96$ , respectivamente).

Contudo Brunetto et al. (2005) usando o mesmo critério de Tulppo et al. (1998) evidenciou correlação fraca ( $r = 0,46$ ), porém significativa ( $p < 0,05$ ) entre a SD1 e o LV.

Abad (2006) em proposta semelhante à de Cottin et al. (2006), verificou ser possível a identificação de dois pontos de quebra tanto nas respostas do La- como do componente da VFC a rMSSD e a SD1, quando estes eram ajustados por rotina matemática no *software* MATLAB. Entretanto o autor não evidenciou o mesmo nível de correlação encontrado por Cottin et al. (2006), onde as correlações foram em ambos os limiares (1 e 2) de  $r = 0,52$  para o La- vs rMSSD e de  $r = 0,17$  par La- vs SD1 no primeiro limiar e de  $r = 0,57$ , sendo que nenhuma das correlações foram significantes. No entanto, como já mencionado, existem detalhes metodológicos que diferenciam esses trabalhos do presente estudo, especialmente quanto aos protocolos adotados pelos mesmos.

Desta maneira, é possível afirmar que o componente SD1, que avalia a banda parassimpática do balanço vago-simpático (TULPPO et al. 1996; TULPPO et al. 1998; BRUNETTO et al., 2005; PISKORSKI e GUZIK, 2005; ABAD, 2006), é capaz de fornecer subsídios para a predição do ponto de transição do metabolismo aeróbio-anaeróbio com eficiência, para a modelagem experimental adotada nesta investigação.

A identificação dos limiares em kg (TABELA 05 e FIGURA 18) mostrou diferenças já esperadas, entre os gêneros, que corroboram com a literatura quando a expressão

do desempenho se processa em valores absolutos nas comparações entre gêneros (NEBER et al., 1999; BHAMBHANI, MAIKALA e ESMAIL, 2001; HUNTER e ENOKA, 2001; BILLAT et al., 2003; BHAMBHANI, KELL e BHAMBHANI, 2003; CLARK et al., 2003; KILBREDE et al., 2003; MARCEL et al., 2003; HUNTER et al., 2004; CLARK et al., 2005).

Já a expressão dos LL,LLS e LSD1 em %CMD, não mostram diferentes significativamente entre si e estão de acordo com as investigações anteriores de Agostini (2000), Barros et al. (2004), Azevedo et al.(2005) e Oliveira et al. (2006) neste tipo de teste incremental descontinuo em exercícios resistidos.

Os resultados aqui apresentados corroboram e podem ser considerados como seqüência de outros trabalhos desenvolvidos no nosso laboratório, onde Agostini (2000), Barros et al. (2004) e Azevedo et al. (2005) mostraram que o LL ocorre em média aproximadamente a 28 %1RM.

Além disso, Oliveira et al. (2006) recentemente demonstraram ser possível predizer o limiar de anaerobiose por meio das respostas glicêmicas, mais precisamente pelo menor ponto na curva glicêmica, em dois exercícios resistidos distintos em sua biomecânica e massa muscular envolvida (e.g. LP e SR). Tais limiares mantiveram correlações de moderada a forte (acima de 0,73) com os limiares identificados pela lactatemia. A expressão dos limiares em %CMD do referido estudo ficou situado entre 31% a 36%CMD. Depreende-se dessas informações que devam existir mecanismos cooperativos que influenciam diretamente a ocorrência de tais limiares, que vão desde uma maior atividade simpático-adrenal e neuroendócrina até o colabamento dos vasos periféricos com posterior limitação na oferta de O<sub>2</sub>, como já mencionado. Tais fatores culminariam num desequilíbrio da atividade enzimática glicolítica, face à solicitação crescente de substrato, para a manutenção da contração muscular requerida durante o teste de esforço.

Outra informação importante obtida desses estudos refere-se à semelhança dos valores dos limiares, expressos em % da CMD (20 a 40%), com o presente trabalho (20 a 50%). Provavelmente a natureza de tal verossimilhança seja devido ao fato de que o teste incremental descontínuo empregado neste estudo é idêntico ao utilizado por Oliveira et al. (2006). Portanto pode concluir que as respostas do  $La^-$  (concentração e velocidade) ao exercício incremental é protocolo-dependente, conforme já postulado por Denadai (2000).

O LS e SD1 mostraram se concordantes (TABELA 07 e FIGURA 20, 21 e 22), com o lactato sangüíneo (padrão ouro) reconhecido como marcador da via glicolítica (GLADDEN, 2000a, 2000b, 2001, 2004; ROBERGS, GHASVAND E PARKER, 2004), e com boas correlações pelas análises de comparações adotadas (BLAND e ALTMAN, 1986; PETERSEN et al., 1997; ATKINSON e NEVILL, 1998; BLAND e ALTMAN, 1999; CHAN, 2003), todavia não foi possível evidenciar um único ponto de transição aeróbio-anaeróbio no protocolo estudado. Não há um fator ou a combinação de vários fatores que expliquem completamente a coincidência ou não dos limiares metabólicos.

Tokmakidis, Léger e Pilianidis (1998) afirmam que o fato de nenhuma metodologia mostrar limiares coincidentes não implica em concluir que ele não aconteça no ambiente celular. Esses autores sustentam ainda que a chave é conhecer e entender o real significado, bem como a consequência fisiológica dos marcadores e modelagens metodológicas escolhidas. Além disso, os níveis de  $La^-$  são ótimos indicadores para a predição de desempenho, para a montagem e controle de programas de treinamento.

Como já demonstrado nos trabalhos anteriores (AGOSTINI, 2000; BARROS et al., 2004; AZEVEDO et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2006) neste tipo de protocolo, as respostas do  $La^-$  se mantiveram em níveis estáveis até a carga de 30%CMD (TABELA 02 e FIGURA 14) quando então, começaram a exibir respostas exponenciais crescentes

desproporcionais à sobrecarga imposta e com diferenças estatísticas significantes em relação a carga de controle (10%CMD).

Assim, a partir da carga de 35%CMD o grupo dos homens apresentou uma resposta exponencial mais acentuada em relação às mulheres até a fadiga voluntária. Ainda que não apresentem diferenças estatísticas significantes, a relevância biológica de tal achado exige uma análise mais detalhada do fenômeno fisiológico, a qual proceder-se-á mais adiante neste discussão.

Da mesma forma, o LS (TABELA 03 e FIGURA 15) mostrou resposta semelhante ao do  $La^-$  em ambos os grupos, ou seja, estabilidade no aparecimento no fluido salivar até a uma dada %CMD, que no caso dos homens ocorreu estatisticamente até 40% da CMD e 30%CMD para as mulheres, com posterior crescimento exponencial até a carga de instalação da fadiga.

As concentrações menores evidenciadas neste estudo, do LS em relação ao  $La^-$  (FIGURA 16A e 16B) durante o TILP, estão de acordo com os estudos anteriores que investigaram as respostas do LS em testes incrementais ou durante exercícios em estado estável (BORDON, CEDOR E KOLLBERG, 1983; SEGURA et al. 1996, PEREZ et al. 1999; ZAGATTO et al. 2004; SANTOS et al. 2006).

A resposta do lactato salivar nesta investigação pode ser explicada pelo retardo entre a produção e remoção do lactato no compartimento muscular para a corrente sangüínea, transporte, e posterior expressão no fluido salivar para que pudesse ser detectado (BORDON, CEDOR e KOLLBERG, 1983; SEGURA et al. 1996; PÉREZ et al., 1999), bem como a própria característica da modelagem experimental adotada. Assim o fluxo salivar e a concentração dos seus componentes são dependentes do SNA, e a maior atividade simpática supra limiar anaeróbio, provoca uma vasoconstricção dos vasos que irrigam as glândulas

salivares resultando em um distúrbio na sua biossíntese (SECURA et al. 1996; CHICHARRO et al. 1998; ZAGATTO et al., 2004, HORSWILL et al.2006, SANTOS et al., 2006).

As alterações metabólicas no ambiente celular exercem forte influência na resposta cardiovascular por conta do controle exercido pelo SNA (ROWELL e. O'LEARY, 1990; ALONSO, 1998; GLADWELL e. COOTE, 2002).

O pH e as catecolaminas (noradrenalina e adrenalina) mantêm uma forte correlação com o  $La^-$  (MAZZEO e MARSHALL, 1989; SCHNEIDER, McLELLAN e GASS, 2000; McMORRIS et al., 2002), assim é possível supor que as eferências parassimpáticas e simpáticas sobre o nó sinusal decorrentes das aferências dos mecanoreceptores e metaboloreceptores periféricos (ROWELL e. O'LEARY, 1990; YAMAMOTO e HUGHSON, 1992; TULPPO et al. 1996; TULPPO et al. 1998; ALLONSO et al., 1998; GLADWELL e. COOTE, 2002; McMORRIS et al., 2002). Dessa forma é possível supor que as respostas da VFC evidenciadas neste estudo (TABELA 04 e FIGURA 17) estejam diretamente correlacionadas ao exposto acima.

A progressiva retirada vagal, constatadas pelo decréscimo do índice SD1, reconhecido como um marcador parassimpático (TULPPO et al. 1996; TULPPO et al., 1998; SILVA, 2002; BRUNETTO et al., 2005; PISKORSKI e GUZIK, 2005, ABAD 2006), reforça a tese de que na intensidade acima de 30%CMD (no protocolo em questão), a ativação simpática tenha ocorrido por conta das catecolaminas circulantes e pela ação dos metaboloreceptores e mecanoreceptores aferentes, iniciada na musculatura ativa.

As respostas da VFC evidenciadas na comparação entre gêneros estão de acordo com as relatadas por Bonnemeier et al. (2003). Embora este tenha avaliado a função autonômica em repouso, e com as de Sato e Miyake (2004). Porém contradizem os dados evidenciados por Kuo et al. (1999).



Desta maneira, diversas influências humorais e neurogênicas contribuíram para os ajustes nos processos metabólicos e cardiovasculares, e explicam as similaridades entre os limiares identificados pelas variáveis ( $La^-$ , LS e SD1) adotadas no estudo em questão.

As comparações entre gêneros das variáveis fisiológicas estudadas, evidenciaram respostas metabólicas diferentes em relação à mesma sobrecarga relativa (TABELAS 2 e 3, FIGURAS 14 e 15).

Ruby, Coogan e Zderic (2002) investigando a cinética da glicose sanguínea próximo ao LL (70% e 90% do LL) em 6 mulheres e 5 homens fisicamente ativos (atletas recreacionais) encontram respostas similares do  $La^-$  as encontradas nesta investigação, ou seja, os homens apresentavam uma maior concentração de  $La^-$  que as mulheres na intensidade mais próxima ao limiar. Outro fato interessante é que os homens apresentavam uma maior taxa de oxidação de carboidratos nas intensidades de 70 e 90% do LL e também uma maior taxa de aparecimento ( $Ra$ ) e de desaparecimento ( $Rd$ ) da glicose sanguínea que as mulheres na intensidade de 90% do LL em exercício contínuo no cicloergômetro.

Os autores sugerem que tal fenômeno ocorra devido ao fato das mulheres possuírem uma menor habilidade de maximizar os estoques de glicogênio que os homens para na mesma intensidade relativa de esforço, e estão de acordo com as afirmações de Marlliss et al. (2000).

Contudo é possível também especular, em face aos resultados apresentados pelos autores acima, que possivelmente as mulheres mantenham o trabalho muscular em intensidades próximas ou supralimiais de lactato à custa de uma maior participação do metabolismo aeróbio que do anaeróbio quando comparadas como os homens.

Recentemente Yasuda, Ruby e Gaskill (2006) também, investigando homens e mulheres durante testes incrementais em cicloergômetro de braço e perna, constataram que as mulheres oxidam mais gordura do que carboidrato como substrato energético para a mesma

intensidade relativa do LV, quando esta proporção é expressa em relação à massa corporal livre de gordura.

Confirmando os achados anteriores, Marcel et al. (2003), investigando 74 atletas de endurance entre 39 e 77 anos (51 homens e 23 mulheres) durante a performance nas corridas de 10 km e a sua relação com o LL, demonstraram que as mulheres, independentemente do fator idade, apresentavam um acúmulo 30% menor de  $La^-$  para as mesmas intensidade relativas de esforço quando comparadas aos homens.

Os achados de Ruby, Coogan e Zderic (2002), Marcel et al. (2003) e de Yasuda, Ruby e Gaskill (2006) dão suporte aos resultados encontrados por Green et al. (2003) que investigando a taxa de percepção de esforço (TPE) em homens e mulheres (n = 18 e 16 respectivamente) verificaram que em testes de esforço máximo, tanto em cicloergômetro quanto em esteira, as mulheres exibiam uma menor TPE.

Estes dados também são muito semelhantes aos evidenciados por Kilbrede et al. (2003) que, ao avaliar a taxa de desconforto ventilatório entre 14 homens e 10 mulheres na faixa etária dos 23 anos, verificaram que os homens apresentavam maior desconforto que as mulheres.

Embora na presente investigação não tenha sido avaliada a  $Ra$  e  $Rd$  da glicose sanguínea, nem tão pouco a TPE ou mesmo a predominância da utilização do substrato a ser utilizado durante o TILP, os dados reportados nos estudos acima relatados (RUBY, COOGAN e ZDERIC. 2002; GREEN et al., 2003; MARCEL et al., 2003) vão de encontro aos evidenciados nesta investigação, quando comparados às respostas metabólicas entre homens e mulheres durante testes incrementais.

Provavelmente outros fatores, como os mecâno-biológicos (i.e. magnitude da carga, tempo de manutenção da tensão, amplitude e velocidade do ciclo de contração), tenham afetado a homeostase do  $O_2$  no ambiente celular do músculo ativo, o que resultaria na

estimulação de sinalizadores intracelulares e que teriam o poder de alterar a atividade de enzimas glicolíticas como a FPK e Phos (TOIGO e BOUTELLIER, 2006).

Para corroborar com tal afirmação o estudo Clark et al. (2005), sugere que diferenças no fluxo sanguíneo ou ainda do metabolismo muscular, podem conferir às mulheres vantagens sobre os homens na manutenção da capacidade de ressíntese energética. Para os mesmos autores as mulheres possuem uma maior capacidade relativa de recrutamento das unidades motoras (UMs) em altas intensidade de trabalho muscular comparadas aos homens, embora ponderem não ser possível atribuir uma relação de causa e efeito, corroborando com os estudos anteriormente conduzidos por Clark et al. (2003).

Essas estratégias neurofisiológicas no padrão de recrutamento nas unidades motoras (UMs) (FARINA, MERLETTI e ENOKA, 2004; TOIGO e BOUTELLIER, 2006), também integram o conjunto de fatores que possivelmente explicariam as respostas metabólicas encontradas neste estudo.

Richard et al. (2005) avaliando mulheres em teste relativo à carga máxima isométrica voluntária (CVM), concluíram que assincronia no disparo das UMs, gera diferentes padrões de ativação muscular, modulados pelo sistema nervoso central, facilitando a produção de força.

Em contraponto Hunter e Enoka (2001) afirmaram que não há influência do padrão de recrutamento, conseqüentemente as diferenças entre homens e mulheres estão relacionadas à intensidade absoluta e as limitações distais dos mecanismos de ativação envolvidos na resposta reflexo pressora.

Todavia em pesquisa posterior Hunter et al. (2004) também investigando homens e mulheres (homens, 10 e mulheres, 10) submetidos a séries intermitentes (6 seg de contração e 4 seg de descanso) de contrações submaximas (50% CVM) dos músculos flexores do cotovelo, verificaram que as mulheres desenvolviam torques semelhantes aos homens para

a mesma tarefa de força e que estas não eram estatisticamente significantes entre si. Porém o tempo para atingir a fadiga era quase duas vezes maior para as mulheres quando comparado aos homens sendo esta diferença significativa.

Após análise EMG os autores concluíram que tais diferenças não poderiam ser atribuídas às intensidades absolutas de carga, mas sim a mecanismos que envolviam condições de perfusão e, além disso, os homens tendem a diminuir mais rapidamente o *drive* para a manutenção de torques similares aos das mulheres.

Deve-se destacar também que as características histoquímicas das fibras musculares predominantes em cada indivíduo, a qual tem importância decisiva no aparecimento e remoção do  $\text{La}^-$  no compartimento muscular para o circulatório (IVY et al. 1980; PAGLIASSOTTI e DONOVAN, 1990; LANE et al., 1998; GLADDEN, 2001 e 2004)

Alway et al. (1989) em estudo histológico, para a mesma área de secção do músculo bíceps braquial em fisiculturistas, mostrou que os homens possuem significativamente mais fibras glicolíticas que as mulheres e as fibras oxidativas não diferem entre ambos. Estes dados estão de acordo com os reportados anteriormente por Schantz et al. (1983). Entretanto estes achados não se confirmaram em estudos posteriormente conduzidos por Miller et al. (1993) em homens e mulheres ativos fisicamente.

Em teste incremental no cicloergômetro foi mostrado que as mulheres apresentavam uma diminuição do percentual máximo de oxigenação ( $\%Oxi_{max}$ ) do músculo quadríceps a 30 e 45% do consumo de máximo de oxigênio ( $VO_{2max}$ ), mas não a 60 e 75%, quando esta relação se invertia para quase o dobro em relação aos homens (BHAMBHANI, MAIKALA e BUCKLEY, 1998).

Bhambhani, Kell e Bhambhani (2003) encontraram respostas cardiovasculares e hemodinâmicas semelhantes ao estudo anterior em tarefa de levantamento de peso, e

também sugerem uma maior vantagem às mulheres em relação aos homens quando a oxigenação muscular é expressa em valores relativos.

Contudo, Bhambhani, Maikala e Esmail (2001) verificaram não haver diferenças no %Oxi<sub>max</sub> entre homens e mulheres em três condições diferentes de teste, sendo um incremental em cicloergômetro e outros em teste de Wingate de 30 s e de 45 s.

Os trabalhos de Bhambhani, Maikala e Buckley (1998), Bhambhani, Maikala e Esmail (2001) e Bhambhani, Kell e Bhambhani (2003) utilizaram-se da técnica de NIRS para quantificar o %Oxi<sub>max</sub> da musculatura investigada.

Em suma os ajustes nos processos metabólicos, decorrentes da mudança no ambiente fisiológico, frente à sobrecarga crescente da taxa de trabalho muscular, expressam complexos mecanismos cooperativos. A quantificação do limiar de anaerobiose por diferentes marcadores fisiológicos, não necessariamente apresentaram coincidência temporal na identificação do ponto de transição metabólica.

## **5.1 Aplicações Práticas**

Programas de exercícios resistidos têm sido recomendados não apenas para melhoria da aptidão funcional de jovens e idosos sedentários saudáveis e atletas (ACSM, 1998a, 1998b, 2002; AHA, 2001; SHEPHARD E BALADY, 1999; KAWAKAMI, 2005), mas também como forma de tratamento não medicamentoso de várias patologias (ACSM, 2000a, 2000b, 2001, 2004; AHA, 2001-2002; NIEMAN, 2003; MAcGUIGAN, NEWTON, e KRAEMER, 2006).

Assim é relevante que métodos individualizados para avaliação funcional nos exercícios resistidos em diferentes populações como crianças, idosos, diabéticos, cardiopatias ou portadores de outras disfunções crônico-degenerativas, sejam investigados.

Não obstante, métodos que propiciem uma técnica de manuseio (coleta, estocagem e análise) e interpretação mais simplificada são ferramentas importantíssimas ao cotidiano dos profissionais da saúde.

Deste modo acredita-se que os métodos não invasivos, critérios e também a modelagem experimental adotados para a identificação do ponto de transição aeróbio-anaeróbio no exercício resistido de membro inferior, sugerem novas e promissoras ferramentas de avaliação, prescrição e controle das cargas de treinamento, podendo ser utilizados em outros exercícios resistidos independentemente da massa muscular e biomecânica envolvida nos mesmos.

## 6 CONCLUSÕES

Os dados evidenciados no presente estudo sugerem que é possível identificar mudança do padrão de resposta cinética tanto do lactato salivar como do índice SD1 da variabilidade da frequência cardíaca, e que tais variáveis, independentemente do gênero respondem de forma semelhante ao lactato sanguíneo no padrão de exercício estudado. Ambos os métodos não invasivos se mostraram concordantes e com alta correlação entre si. Desta maneira, tanto o LS como o índice SD1 da VFC apresentam grande potencial como métodos alternativos não invasivos e como marcadores de intensidade de esforço, podendo ser utilizados na prescrição e controle da carga de trabalho nos exercícios resistidos. Além disso, há diferenças entre os gêneros nas intensidades de esforço acima do limiar que devem ser consideradas na prescrição do treinamento resistido.

## REFERÊNCIAS

- ABAD, C. C. C. **Pode a variabilidade da frequência cardíaca identificar os limiares metabólicos?** São Paulo, 2006. 88p. Dissertação (Mestrado em Educação Física) – Escala de Educação Física e Esportes, Universidade de São Paulo.
- AGOSTINI, G. G. **O estudo do limiar de lactato em exercício resistido.** São Carlos, 2000. 133p. Dissertação (Mestrado em Ciências Fisiológicas). – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos.
- ALONSO, D. O.; FORJAZ, C. L. M.; REZENDE, L. O.; BRAGA, A. M. F. W.; BARRETTO, A. C. P.; NEGRÃO, C. E.; RONDON, M. U. P. B. Comportamento da Frequência Cardíaca e da Sua Variabilidade Durante as Diferentes Fases do Exercício Físico Progressivo Máximo. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v.71, n.6, p.787-792, 1998.
- ALWAY, S. E.; GRUMBT, W. H.; GONYEA, W. J.; STRAYGUNDERSEN, J. Contrast in muscle and myofibers of elite male and female bodybuilders. **Journal of Applied Physiology**, v.67, n.1, p.24-31, 1989.
- AMANN, M.; SUBUDHI, A.; W., FOSTER, C. Predictive validity of ventilatory and lactate thresholds for cycling time trial performance. **Scandinavian Journal of Medicine Science and Sports**, v.16, p.27–34, 2006.
- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. Position Stand on The Recommended Quantity and Quality of Exercise for Developing and Maintaining Cardiorespiratory and Muscular Fitness, and Flexibility in Adults. **Medicine Science of Sports and Exercise**, v.30, n.6, p.975-991, 1998a.
- \_\_\_\_\_. Position Stand on Exercise and Physical Activity for Older Adults. **Medicine Science of Sports and Exercise**, v.30, n.6, p.992-1008, 1998b.
- \_\_\_\_\_. Guidelines for exercise testing and prescription. **Baltimore: William & William**, 2000.
- \_\_\_\_\_. Position Stand on the Appropriate Intervention Strategies for Weight Loss and Prevention of Weight Regain for Adults. **Medicine Science of Sports and Exercise**, v.33, n.12, p.2145–2156, 2001.
- \_\_\_\_\_. Position Stand on Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults. **Medicine Science of Sports and Exercise**, v.34, n.2, p.364–380, 2002.



\_\_\_\_\_. Position Stand: Exercise and Hypertension. **Medicine Science of Sports and Exercise**, v.36, n.3, p.533-553, 2004.

AMERICAN HEART ASSOCIATION. Scientific Statement. Exercise Standards for Testing and Training. A Statement for Healthcare Professionals From the American Heart Association. **Circulation**, v.104, p.1694-1740, 2001.

\_\_\_\_\_. Scientific Statement. Secondary Prevention of Coronary Heart Disease in the Elderly (With Emphasis on Patients >75 Years of Age) An American Heart Association Scientific Statement From the Council on Clinical Cardiology Subcommittee on Exercise, Cardiac Rehabilitation, and Prevention. **Circulation**, v.105, p.1735-1743, 2002.

AZEVEDO, P. H. S. M. Limiar Anaeróbico: Metodologias, Determinação e Aplicação. **Atualidades em Fisiologia e Bioquímica do Exercício**, v.1, n.1, p.4-9, 2005.

ATKINSON, G.; NEVILL, A. M. Statistical Methods for Assessing Measurement Error (Reliability) in Variables Relevant to Sports Medicine. **Sports Medicine**, v.26, n.4, p.217-238, 1998.

AZEVEDO, P. H. S. M.; OLIVEIRA, J. C.; AGUIAR, A. P.; POIAN, P. A. F. O.; MARQUES, A. T.; BALDISSERA, V. Estudo do limiar de lactato em exercício Resistido: Rosca Direta e Mesa Flexora. **Lecturas: Educación Física y Deportes**, v.10, n. 87, p.1, 2005.

BACON, L.; KERN, L. Evaluating a test protocol for predicting maximum lactate steady state. **Journal of Sports and Medicine Physiological Fitness**, v.4, n.39, p.300-308, 1999.

BALDISSERA, V. **Estudo da Variabilidade do Limiar de Anaerobiose e Frequência Cardíaca de Indivíduos Sedentários e Atletas Durante Exercício Físico Dinâmico em Cicloergômetro, Utilizando-se Degraus e Rampas Corrigidas**. Ribeirão Preto, 1992. 180p. Tese (Doutorado em Fisiologia) – Departamento de Fisiologia, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo.

BARROS, C.L.M.; AGOSTINI, G.G.; GARCIA, E. S.; BALDISSERA, V. Limiar de lactato em exercício resistido. **Revista Motriz**, v.10, p.31-36, 2004.

BIGGER Jr, J. R.; FLEISS, J. L.; STEINMAN, R. C.; ROLNITZKY, L. M.; SCHNEIDER, W. J.; STEIN, P. K. RR variability in healthy, middle-age persons compared with patients with chronic coronary heart disease or recent acute myocardial infarction. **Circulation**, v.91, p.1936-1943, 1995.

- BILLAT, V.; LEPRETRE, P.M.; HEUGAS, A.M.; LAURENCE, M. H.; SALIM, D.; KORALSZTEIN, J. P. Training and Bioenergetic Characteristics in Elite Male and Female Kenyan Runners. **Medicine Science of Sports and Exercise**, v.35, n.2, p.297–304, 2003.
- BINZONI, T. Saturation of the lactate clearance mechanism difference from the “Lactate Shuttle” determines the lactate threshold: Prediction from the Bioenergetics Model. **Journal Physiologic Anthropological Applied Human Science**, v.24, n.2, p.175-182, 2005.
- BHAMBHANI, Y.; MAIKALA, R.; ESMAIL, S. Muscle oxygenation during incremental arm and leg exercise in men and women. **European Journal Applied Physiology**, v.78, p. 422-431,1998.
- BHAMBHANI, Y.; MAIKALA, R.; BUCKLEY, S.. Oxygenation trend in vastus lateralis muscle during incremental and intense anaerobic cycle exercise in young men and women. **European Journal Applied Physiology**, v.84, p.547-556,2001.
- BHAMBHANI, Y.; KELL, R. T.; BHAMBHANI, Y. Cardiorespiratory and hemodynamic responses during repetitive incremental lifting and lowering in healthy males and females. **European Journal of Applied Physiology**, v.90, p1-9, 2003.
- BLAND J. M.; ALTMAN, D. G. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. **LANCET**, v.8, n.1, p.307-310, 1986.
- \_\_\_\_\_. Measuring agreement in method comparison Studies. **Statistical Methods in Medical Research**, v.8, p.135-160,1999.
- BONNEMEIER, H.; RICHARDT, G.; POTRATZ, J.; WIEGAND U. K.; BRANDES A.; KLUGE N.; KATUS HA. Circadian profile of cardiac autonomic nervous modulation in healthy subjects: differing effects of aging and gender on heart rate variability. **Journal Cardiovascular Electrophysiology**, v.14,n.8, p.791-799, 2003.
- BORDON, A.; CEDER, O.; KOLLBERG, H. Cystic fibrosis-like changes in saliva of healthy persons subjected to anaerobic exercise. **Clinica Chimica Acta**, v.133, n.3, p.311-316, 1983.
- BORG, G.; HASSMEN, P.; LAGERSTROM, M. Perceived exertion related to heart rate and blood lactate during arm and leg exercise. **Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v.56, n.6, p.679-685, 1987.

- BRAUNWALD, A. **Tratado de Medicina Cardiovascular**. 5. ed. São Paulo; Roca, 1999.v.1 e 2.
- BROOKS, G. A.; DUBOCHAUD, H.; BROWN, M.; SICURELLO, J. H.; BUTZ, C. E. Role of Mitochondrial Lactate Dehydrogenase and Lactate Oxidation in the Intracellular Lactate Shuttle. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v.96, n.3, p.1129-1134, 1999.
- BROOKS, G. A. Intra- and extra-cellular lactate shuttles. **Medicine Science of Sports and Exercise**, v.32, n.4, p.790–799, 2000.
- BRUNETTO, A. F.; SILVA, B. M.; ROSEGUINI, B. T.; HIRAI, D. M.; GUEDES, D. P. Limiar Ventilatório e Variabilidade da Frequência Cardíaca em Adolescentes. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v.11, n.1, p.21-27, 2005.
- CABRERA, M. E.; SAIDEL, G. M.; KALHAN, S. C. Role of O<sub>2</sub> in Regulation of Lactate Dynamics during Hypoxia: Mathematical Model and Analysis. **Annals of Biomedical Engineering**, v.26, p.1–27, 1998.
- \_\_\_\_\_. Lactate metabolism during exercise: analysis by an integrative systems model. **American Journal of Physiology (Regulation Integrated Comparative Physiology)**, v.277, n.46, p.R1522–R1536, 1999.
- CALVO, F.; CHICHARRO, J. L.; BANDRÉS, F.; LUCIA, A.; ALVAREZ, J.; MOJARES, L. L.; VAQUERO, A. F.; LEGIDO, J.C. Anaerobic threshold determination with analysis of salivary amylase. **Canadian Journal of Applied Physiology**, v.22, p.553-561, 1997.
- CARTER, J. B.; BANISTER, E. W.; BLABER, A. P. The Effect of Age and Gender on Heart Rate Variability after Endurance Training. **Medicine Science of Sports and Exercise**, v. 35, n. 8, p. 1333–1340, 2003.
- CHAN, Y. H. Biostatistics 104: Correlation Analysis. **Singapore Medicine**, v. 44. n. 12. p. 614-619, 2003.
- CHICHARRO, J. L.; CALVO, L.; ALVAREZ, J.; VAQUERO, A. F.; BANDRES F.; LEGIDO, J. C. Anaerobic threshold in children: determination from saliva analysis infield tests. **European Journal of Applied Physiology**, v.70, p.541-544, 1995.

- CHICHARRO, J. L.; VAQUERO, A. F.; TELLO, R.; PEREZ, M.; LUCIA, A. Relationship between lactate and ammonia thresholds in heart transplant patients. **Chest**, v.110, p.693-697, 1996.
- CHICHARRO, J. L.; LUCÍA, A.; PÉREZ, M.; VAQUERO, A. F.; UREÑA, R. Saliva Composition and Exercise. **Sports Medicine**, v.28, n.1, p.17-27,1998.
- CLARK, B. C.; MANINI, T. M.; THE, D. J.; DOLDO, N.; PLOUTZ-SNYDER, L. L. Gender differences in skeletal muscle fatigability are related to contraction type and EMG spectral compression. **Journal of Applied Physiology**, v.94, n.6, p. 2263–2272, 2003.
- CLARK, B. C.; COLLIER, S. R.; MANINI, T. M.; PLOUTZ-SNYDER, L. L. Sex differences in muscle fatigability and activation patterns of the human quadriceps femoris. **European Journal of Applied Physiology**, v.94, n.1-2, p.196-206, 2005.
- COEN, B.; URHAUNSEN, A.; KINDERMANN, W. Individual Anaerobic Threshold: Methodological Aspects of its Assessment in Running. **International Journal Sports of Medicine**, v.22, p.8-16, 2001.
- CONCONI, F.; FERRARI, M.; ZIGLIO, P.G.; DROGUETTI, P.; CODECA, L. Determination of the anaerobic threshold by a non invasive field test in runners. **Journal of Applied Physiology**, v.52, p.986-873, 1982.
- COTTIN, F.; MÉDIGUE, C.; LEPRÊTRE, P. M.; PAPELIER, Y.; KORALSZTEIN, J. P.; BILLAT, V. Heart Rate Variability during Exercise Performed below and above Ventilatory Threshold. **Medicine Science of Sports and Exercise**, v.36, n.4, p.594–600, 2004.
- COTTIN, F.; MÉDIGUE, C.; LOPES, P.; LEPRÊTRE, P. M.; HERBERT, R.; BILLAT, V. Ventilatory Thresholds Assessment From Heart Rate Variability During an Incremental Exhaustive Running Test. **International Journal of Sports Medicine**, 2006. Disponível em <DOI 10.1055/s-2006-924355>. Acessado em: 01 de novembro de 2006.
- CREWETHER, B.; CRONIN, J.; KEOGH, J. Possible Stimuli for Strength and Power Adaptation: Acute Metabolic Responses. **Sports Medicine**, v.36, n.1, p.65-78, 2006.
- DAVIS J. A.; VODAK, P.; WILMORE, J. H.; VODAK, J.; KURTZ, P.. Anaerobic threshold and maximal aerobic power for three modes of exercise. **Journal of Applied Physiology**, v.41, n.4, p.544-550, 1976.

DEMETRIOU, L.; SHARP, N. C. C.; DOHERTY, M. Circadian Effects on the Acute Responses of Salivary Cortisol and IgA in Well Trained Swimmers. **British Journal of Sports Medicine**, v.36, n.4, p.260–264, 2002.

DENADAI, B. S. **Avaliação aeróbia**. Rio Claro: Motrix, 2000. 84p.

FARINA, D.; MERLETTI, R.; ENOKA, R. M. The extraction of neural strategies from the surface EMG. **Journal of Applied Physiology**, v.96, p.1486–1496, 2004.

FERREIRA, V. **Influencia da Idade e da Reposição Hormonal Sobre a Modulação Autônoma do Coração e o Limiar de Anaerobiose**. São Carlos, 2003. 120p. Dissertação (Mestrado em Bioengenharia) – 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.

FERREL, P. A.; WILMORE, J. H.; COYLE, E. F.; BILLING, J. E.; COSTILL, D. L. Plasma lactate accumulation and distance running performance. **Medicine Science of Sports and Exercise**, v.11, n.4, p.338-344, 1979.

FLECK, S. J.; KRAEMER, W. J. **Fundamentos do Treinamento de Força Muscular**. 2.ed. Porto Alegre: Artmed., 1999. 38p.

GAMILLIN, F. X.; BERTHOIN, S.; BOSQUET, L.. Validity of Polar S810 Heart Monitor to Measure to R-R interval at Rest. **Medicine Science of Sports and Exercise**, v.38, p.887-893, 2006.

GLADDEN, L. B. The role of skeletal muscle in lactate exchange during exercise: introduction. **Medicine Science of Sports and Exercise**, v.32, n.4, p.753-755, 2000a.

GLADDEN, L. B. Lactic Acid: News roles in a new millennium. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v.98, n.2, p.395-407, 2001.

GLADDEN, L. B. Lactate Metabolism: The New Paradigm the Third Millenniums. **Journal of Applied Physiology**, v.558, p.5-30, 2004.

GLADWELL, F. V.; COOTE, J. H. Heart rate at the onset of muscle contraction and during passive muscle stretch in humans: a role for mechanoreceptors. **Journal of Physiology**, v.540, p.1095–1102, 2002.

- GONÇALVES, M. Limiar de fadiga eletromiográfico. In: DENADAI, B. S. **Avaliação aeróbia**. Rio Claro: Motrix, 2000. 91p.
- GRASSI, BRUNO, QUARESIMA, V.; FERRARI, C. M.; CERRETELLI, P. Blood lactate accumulation and muscle deoxygenation during incremental exercise. **Journal of Applied Physiology**, v.87, n.1, p.348–355, 1999.
- GREEN, J. M.; CREWS, T. R.; BOSAK, A. M.; PEVELER, W. W. Overall and Differentiated Ratings of Perceived Exertion at the Respiratory Compensation Threshold: Effects of the gender and mode. **European Journal of Applied Physiology**, v.89, p.445-450, 2003.
- HAUTALA, A.; TULPPO, N. P.; MAËKIKALLIO, T. H.; LAUKKANEN, R.; NISSILA S.; HUIKURI, H. V. Changes in cardiac autonomic regulation after prolonged maximal exercise. **Clinical Physiology**, v.21, n.2, p. 238-245, 2001.
- HEDELIN, R.; BJERLE, P.; HENRIKSSON-LARSEN, K. Heart rate variability in athletes: relationship with central and peripheral performance. **Medicine Science of Sports and Exercise**, v.33, n.8, p.1394–1398, 2001.
- HECK, H.; MADER, A.; HESS, G.; MUCKE, S.; MULLER, S.; HOLLMANN, W. Justification of the 4mmol/l lactate threshold. **International Journal Sports of Medicine**, v.6, n.3, p.117-130, 1985.
- HOLLMAN, K. 42 years ago-desenvolvement of the concepts of ventilatory and lactate threshold. **Sports Medicine**, v.31, n.5, p. 315-320, 2001.
- HORSWILL, C. A.; STOFAN, J. R.; HORN, M. K.; EDDY, D. E.; MURREY, R.. Effect of exercise and fluid composition on salivary flow and pH. **International Journal Sports of Medicine**, v.27, p.500-504, 2006.
- HUG, F.; LAPLAUD, D.; LUCÍA, A.; GRELOT, L. EMG Threshold Determination in Eight Lower Limb Muscle During Cycling Exercise: A Pilot Study. **International Journal Sports of Medicine**, Agosto, 2005, Disponível em: <DOI 10.1055/s-2005-865787>, Acessado em: 30 setembro de 2005.
- HUIKURI H. V.; SEPPÄNEN, T.; KOISTINEN, M. J.; AIRAKSINEN, J.; IKÄHEIMO, M. J.; CASTELLANOS, A.; MYERBURG, R. J. Abnormalities in beat-to-beat dynamics of heart rate before the spontaneous onset of life-threatening ventricular tachyarrhythmias in patients with prior myocardial infarction. **Circulation**, v.93, n.10, p.1836-44, 1996.

- HUNTER, S. K.; R. M. ENOKA. Sex differences in the fatigability of arm muscles depends on absolute force during isometric contractions. **Journal of Applied Physiology**, v.91, p.2686–2694, 2001.
- HUNTER, S. K.; CRITCHLOW, A.; SHIN, IN-S.; ENOKA, R. M. Men are more fatigable than strength-matched women when performing intermittent submaximal contractions. **Journal of Applied Physiology**, v.96, p.2125–2132, 2004.
- IVY, J.L.; WITHERS, R.T.; VAN HANDEL, P.J.; ELGER, D. H.; COSTILL, D. L. Muscle respiratory capacity and fiber type as determinants of the lactate threshold. **Journal of Applied Physiology (Respiration Environment of Exercise Physiology)**, v.48, n.3, p.523-527, 1980.
- JUEL, C.; HOLTEN, M. K.; DELA, F. Effects of strength training on muscle lactate release and MCT1 and MCT4 content in healthy and type 2 diabetic humans. **The Journal of Physiology**, v.556, n.1, p.297-304, 2004.
- KARA, M.; GOKBEL, H.; BEDIZ, C.; ERGENE, N.; UCOK, K.; UYSAL, H. Determination of the heart rate deflection point of the dmax method. **Journal of Sports and Medicine Physiological Fitness**, v.36, p.31-34, 1996.
- KATHLEEN, T. **Medida e Avaliação em Educação Física e Esportes**. 5° ed. São Paulo: Manole, 2003. Cap 05 e 06.
- KAWAKAMI, Y., The effects of Strength Training on Muscle Architecture in Humans. **International Journal of Sports and Health Science**, v.3, p.208-217, 2005.
- KILBRIDE, E.; McLOUGHLIN, P.; GALLAGHER, C. G.; HARTY, H. R. Do gender differences exist in the ventilatory response to progressive exercise in males and females of average fitness? **European Journal of Applied Physiology**, v.89, p.595–602, 2003.
- KINDERMANN, W.; SIMON, G.; KUEL, J. The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensity endurance training. **European Journal of Applied Physiology**, v.1, n.42, p.25-35, 1979.
- KINGSLEY, M.; LEWIS, M. J.; E MARSON, R. E. Comparison of Polar 810s and Ambulatory ECG System for R-R Interval Measurement Durant Progressive Exercise. **International Journal of Sports Medicine**, v.26, n.1, p.26-39, 2005.

- KRAEMER, W. J.; HÄKKINEN, K.; NEWTON, R. U.; NINDL, B. C.; VOLEK, J. S.; MCCORMICK, M.; GOTSHALK, L. A.; GORDON, S. E.; FLECK, S. J.; CAMPBELL, W. W.; PUTUKIAN, M.; EVANS, W. J. Effects of heavy-resistance training on hormonal response patterns in younger vs. older men. **Journal of Applied Physiology**, v.87, n.3, p.982–992, 1999.
- KUO, T. B.; LIN, T.; YANG, C. C.; LI, C. L.; CHEN, C. F.; CHOU, P. Effect of aging on gender differences in neural control of heart rate. **American Journal of Physiology (Heart and Circulatory Physiology)**, v.277, n.6 (pt.2), p.H2233-H2239, 1999.
- LAC, G., MARQUET, P., CHASSAIN, A. P., GALEN, F. X. Dexamethasone in resting and exercising men. II. Effects on adrenocortical hormones. **Journal of Applied Physiology**, Vol. 87, No. 1, pp: 183–188, 1999.
- LANE, R. J. M.; BARRETT, M. C.; WOODROW, D.; MOSS, J.; FLETCHER, R.; ARCHARD, L. C. Muscle fibre characteristics and lactate responses to exercise in chronic fatigue syndrome. **Journal of Neurology and Neurosurgery Psychiatry**, v.64, p.362–367, 1998.
- LIMA, J. R. P. **Frequência Cardíaca em Cargas Crescente de Trabalho: Ajuste Sigmóide, ponto de inflexão e variabilidade de frequência cardíaca.** São Paulo, 1997. Tese (Doutorado em Educação Física). Escola de Educação Física e Esportes, Universidade de São Paulo.
- LIMA, J. R. P.; KISS, M. A. P. D. M. Limiar de variabilidade da frequência cardíaca. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde**, v.4, n.1, p.29-38, 1999.
- MADER, A.; HECK, H. A theory of the metabolic origin of anaerobic threshold. **International Journal of Sports Medicine**, v.7, p.45–65. 1986.
- MAcDAOUGALL, J. D.; SALE, D. G.; MCCARTNEY, N.; LEE, P.; GARNER, S. Muscle substrate utilization and production weightlifting. **Canadian Journal of Applied Physiology**, v.24, n.3, p.209-215, 1999.
- MAcGUIGAN, M. R.; NEWTON, R. U.; KRAEMER, W. J. Resistance Training for Better Health in Older Adults. **International Journal of Sports and Health Science**, v.4, p.19-28, 2006.
- MATHIAS, A. P.; FERREIRA, C. E. S.; SIQUEIRA, T. T. S.; SOUSA, W. L. S. Ácido láctico: Fato ou Ficção? **Revista Digital Vida & Saúde**, v.2, n.5, 2003. Disponível em: [http://www.jvianna.com.br/jefe/artv2n5\\_01.PDF](http://www.jvianna.com.br/jefe/artv2n5_01.PDF), Acessado em: 21 de outubro de 2005.



- MARCELL, T. J.; HAWKINS, S. A.; TARPENNING, K. M.; HYSLOP, D. M.; WISWELL, R. A. Longitudinal Analysis of Lactate Threshold in Male and Female Master Athletes. **Medicine Science of Sports and Exercise**, v.35, n.5, p.810–817, 2003.
- MARLISS, E. B.; KREISMAN, S. H.; MANZON, A.; HALTER, J. B.; VRANIC, M.; NESSIM, S. J. Gender differences in glucoregulatory responses to intense exercise. **Journal of Applied Physiology**, v.88, p.457–466, 2000.
- 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.
- McMORRIS T.; SPROULE, J.; DRAPER, S.; CHILD, R.; SEXSMITH, J. R.; FOSTER, C. D.; PATTISON, J. The measurement of plasma catecholamine and lactate thresholds: a comparison of methods. **European Journal of Applied Physiology**, v.82, p.262-267, 2002.
- MILLER A. E.; MACDOUGALL, J. D.; TARNOPOLSKY, M. A.; SALE, D. G. Gender differences in strength and muscle fiber characteristics. **European Journal of Applied Physiology**, v.66, n.3, p.254-62, 1993.
- MORTON, R. H. Detection of a lactate threshold during incremental exercise? **Journal of Applied Physiology**, v.67, n.2, p.885-888, 1989.
- MYERS, J; ASHLEY, E. Dangerous curves. A perspective on exercise, lactate, and the anaerobic threshold. **Chest**, v.111, p.787-795, 1997.
- NEDER, J. A.; NERY, L. E.; SILVA, A. C.; ANDREONI, S.; WHIPP, B. J. Maximal Aerobic Power and Leg Muscle Mass and Strength Related to Age in Non-Athletic Males and Females. **European Journal of Applied Physiology**, v.79, p.522-530, 1999.
- NIEMAN, D. C. **Exercise testing and prescription**. A health related approach. 5 ed., McGraw-Hill, 2003.
- OYONO-ENGUELLE, S., J. MARBACH, A. HEITZ, C. OTT, M. GARTNER, A. PAPE, J. C. VOLLMER, AND H. FREUND. Lactate removal ability and graded exercise in humans. **Journal of Applied Physiology**, v.68, n.3, p.905-911, 1990.

- OLIVEIRA, J.C., BALDISSERA, V.; SIMÕES, H. G.; AGUIAR, A. P.; AZEVEDO, P. H. S. M.; POIAN, P. A. F. O.; PEREZ, S. E. A. Identificação do limiar de lactato e limiar glicêmico em exercício resistido. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v.12, n.6, 333-338, 2006.
- OSONOV, O.; PATZAK, A.; KONONOVICH, Y.; PERSSON, P. B.. High-Frequency Oscillations of the Heart Rate During Ramp Load Reflect the Anaerobic Threshold. **European Journal of Applied Physiology**, v.83, p.388-394, 2000.
- PAGLIASSOTTI, M. J.; DONOVAN, C. M. Roll of cell type in net lactate removal by skeletal muscle. **American Journal of Physiology (Endocrinology and Metabolism)**, v.258, n.21, p.E635-E642, 1990.
- PÉREZ, M.; LUCÍA, A.; CARVAJAL, A.; PARDO, J.; AND CHICHARRO, J. L. Determination of the Maximum Steady State of Lactate (MLSS) in Saliva: An Alternative to Blood Lactate Determination. **The Japanese Journal of Physiology**, v.49, n.4, p.395-400, 1999.
- PETERSEN, P. H.; STÖCK, D.; BLAABJERG, O.; PEDERSEN, B.; BIRKEMOSE, E.; THIENPONT, L.; LASSEN, J. F.; KJELDSSEN, J. Graphical interpretation of analytical data from comparison of a field method with a Reference Method by use of difference plots. **Clinical Chemistry**, v.41, n.11, p.2039-2046, 1997.
- PISKORSKI, J.; P. GUZIK, Filtering Poincaré plots. **Computational Methods in Science and Technology**, v.11, n.1, p.39-48, 2005.
- PORT, K. Serum and saliva cortisol responses and blood lactate accumulation during incremental exercise testing. **International Journal of Sports Medicine**, vol.12, p. 490-494, 1992.
- RIBEIRO, L. F. P.; BALAKIAN Jr, P.; MALACHIAS, P.; BALDISSERA, V. Stage length, spline function and lactate minimum swimming speed. **Journal of Sports Medicine and Physiological Fitness**, v.43, n.3, p.312-318, 2003.
- RICHARD, M. D.; UGRINOWITSCH, C.; PARCELL, A. C.; HILTON, S.; D.RUBLEY, M.; SAWYER, R.; POOLE, C. R. Effects of Rate of Force Developed on EMG Amplitude and Frequency. **International Journal of Sports Medicine**, v.26, p.66-70, 2005.
- ROBERGS, R. A. Recommendations and Resources For Teaching Metabolic Acidosis To The Undergraduate Student In Exercise Physiology. **Professionalization of Exercise Physiologyonline**, v.4, n.11, p.1-16, 2001a.

- ROBERGS, R. A. Exercise-Induced Metabolic Acidosis: Where do the Protons come from? **Sportscience**, v.5, n.2, 2001b. Disponível em: <http://www.sportsci.org/jour/0102/rar.htm>>. Acessado em 18 de outubro de 2005.
- ROBERGS, R. A., GHIASVAND, F., PARKER, D. Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. **American Journal Physiology (Regulation Integrated Comparative Physiology)**, v.287, p.R502-R516, 2004.
- ROWELL, L. B.; O'LEARY, D. S. Reflex control of the circulation during exercise: chemoreflexes and mechanoreflexes. **Journal of Applied Physiology**, n.69, p.407-418, 1990.
- RUBY, B. C., COGGAN, A. R.; ZDERIC, T., W. Gender differences in glucose kinetics and substrate oxidation during exercise near the lactate threshold. **Journal of Applied Physiology**, v.92, p.1125-1132, 2002.
- SALVADORI, R. Variabilidade da FC na Ventriculectomia Parcial Redutora. **Jornal Diagnóstico em Cardiologia**, 1ª ed, 1998.
- SANDERCOCK, S.; BRANDIE, D. A. The Use of the Heart Rate Variability Measures to Assess Autonomic Control During Exercise. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v.16, p. 302-313, 2006.
- SANTOS, R. V. T.; ALMEIDA, A. L. R.; CAPERUTO, E. C.; MARTINS JR., E.; COSTA ROSA, L. F. B. P. Effects of a 30-km race upon salivary lactate correlation with blood lactate. **Comparative Biochemistry and Physiology (Part B)**, v.145, p.114-117, 2006.
- SATO, N., MIYAKE, S. Cardiovascular Reactivity to Mental Stress: Relationship of Menstrual Cycle and Gender. **Journal Physiologic Anthropological Applied Human Science**, v.23, n.6, p.215-223, 2004.
- SCHANTZ, P.; RANDALL-FOX, E.; HUTCHISON W.; TYDEN, A.; ASTRAND, P. O. Muscle fibre type distribution, muscle cross-sectional area and maximal voluntary strength in humans. **Acta Physiology Scandinavian**, v.117, n.2, p.219-26, 1983.
- SCHIMITT, L.; HERLLARD, P.; MILLET, G. P.; ROELS, B.; RICHALET, J. P.; FOUILLOT, J.P. Heart Rate Variability and Performance at Two Different Altitudes in Well-Trained Swimmers. **International Journal of Sports Medicine**, v.27, n.6, p. 226-231, 2006.

- SCHNEIDER, D. A.; McLELLAN, T. M.; GASS, G. C. Plasma catecholamine and blood lactate responses to incremental arm and leg exercise. **Medicine Science of Sports and Exercise**, v.32, n.3, p.608–613, 2000.
- SCOTT, C. B. Contribution of Blood Lactate to Energy Expenditure of Weight Training. **Journal Strength and Conditional Reached**, v.20, n.2, p.404-411, 2006.
- SEGURA, R.; JAVIERRE, C.; VENTURA, J. L. L.; LIZARRAGA, M. A.; CAMPOS, B.; GARRIDO, E. A new approach to the assessment of anaerobic metabolism: measurement of lactate in saliva. **British Journal of Sports Medicine**, v.30, p.305-309, 1996.
- SHEPHARD, R. J.; BALADY, G. J. Exercise as Cardiovascular Therapy. **Circulation**, v.99, p.963-972, 1999.
- SILVA, C. A. **Análise da Modulação Autonômica do Coração em Repouso e Atividade Eletromiográfica Relacionada à Variabilidade da Frequência Cardíaca Durante Exercício Dinâmico em Cicloergômetro**. São Carlos, 2002. 81p. Dissertação (Mestrado em Bioengenharia) – Programa de Pos-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.
- SIMÕES, H. G.; CAMPBELL, C. S. G.; KOKUBUN, E.; DENADAI, B. S.; BALDISSERA, V. Determination of maximal lactate steady state velocity: Coincidence with lower blood glucose. **Medicine Science of Sports and Exercise**, v.28, p.S68-S77, 1996.
- SIMÕES, H. G.; CAMPBELL, C. S. G.; KOKUBUM, E.; DENADAI, B. S.; BALDISSERA, V. Blood glucose responses in humans mirror lactate responses for individual anaerobic threshold and for lactate minimum in track test. **European Journal of Applied Physiology**, v.80, n.1, p.34-40, 1999.
- STEGMANN, H.; KINDERMANN, W.; SCHNABEL, A. Lactate kinetics and individual anaerobic threshold. **International Journal of Sports Medicine**, v.2, n.3, p.160-165, 1981
- STUPNICKI, R., OBMINSKI, Z. Glucocorticoid response to exercise as measured by serum and salivary cortisol. **European Journal of Applied Physiology**, v.65, p.546-549, 1992.
- TASK FORCE OF THE EUROPEAN SOCIETY OF CARDIOLOGY THE NORTH AMERICAN SOCIETY OF PACING ELECTROPHYSIOLOGY. Heart Rate Variability Standards of Measurement, Physiological Interpretation, and Clinical Use. **Circulation**, v.92, n.5, p.1043-1065, 1996.

- TAYLOR, A. C.; MCCARTNEY, N.; KAMATH, M. V.; WILEY, R. L. Isometric Training Lowers Resting Blood Pressure and Modulates Autonomic Control. **Medicine Science Sports and Exercise**, v.35, n.2, p.251-256, 2003.
- TECTBUR, U.; BUSSE, M. W.; BRAUMANM, K. M. Stimulation of an individual equilibrium between lactate production and catabolism during exercise. **Medicine Science Sports and Exercise**, v.25, n.5. p.1043-1065, 1996.
- TEIXEIRA, L. A. **Análise do Padrão de Resposta da Frequência Cardíaca pelo Métodos de Seres Temporais e Semi-paramétricas e de Sua Variabilidade na Determinação do Limiar de Anaerobiose**. São Carlos, 2003. 69p. Dissertação (Mestrado em Bioengenharia), Programa de Pos-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.
- THOMAS, C.; SIRVENT, P.; PERREY, S.; RAYNAUD, E.; MERCIER, J. Relationships between maximal muscle oxidative capacity and blood lactate removal after supramaximal exercise and fatigue indexes in humans. **Journal of Applied Physiology**, v.97, p.2132–2138, 2004.
- TOIGO, M.; BOUTELLIER, U. New fundamental resistance exercise determinants of molecular and cellular muscle adaptations. **European Journal of Applied Physiology**, v.97, p.643–663, 2006.
- TOKMAKIDIS, S. P.; LÉGER, L. A.; PILIANIDIS, T. C. Failure to obtain a unique threshold on the blood lactate concentration curve during exercise. **European Journal of Applied Physiology**, v.77, p.333-342, 1998.
- TULPPO, M. P.; MGKIKALLIO, T. H.; TAKALA, T. E. S.; SEPPHEN, T.; HUIKURI, H. K. Quantitative beat-to-beat analysis of heart rate dynamics during exercise. **American Journal of Physiology (Heart and Circulatory Physiology)**, v.271, n.40, p.H244- H252, 1996.
- TULPPO, M. P.; MÄKIKALLIO, T. H.; SEPPÄNEN, T.; LAUKKANEN, R.T.; HUIKURI, H. V. Vagal modulation of heart rate during exercise: effects of age and physical fitness. **American Journal of Physiology (Heart and Circulatory Physiology)**, v. 274, p.H424-H429, 1998.
- VAN HALL, G. Lactate as a fuel for mitochondrial respiration. **Acta Physiology Scandinavian**, v.168, n.4, p.643-56, 2000.

- VOET, D., VOET, J. PRATT, C. **Fundamentals of Biochemistry**. John Wiley & Sons. 1999
- WASSERMAN, K. Coupling of external to cellular respiration during exercise: the wisdom of the body revisited. **American Journal of Physiology (Endocrinology and Metabolism)**, v.266, n.29, E519-E539, 1994.
- WASSERMAN, K., MCLLROY, M.B. Detecting the Threshold of Anaerobic Metabolism in Cardiac Patients During Exercise. **American Journal of Cardiology**, v.14, p.844-52, 1964.
- WASSERMAN, K.; WHIPP, B. J.; KOYAL, S. N.; BEAVER, W. L. Anaerobic Threshold and Respiratory Gas Exchange During Exercise. **Journal of Applied Physiology**, v.35, p.236-43, 1973.
- WEINECK, J. **Treinamento Ideal**, 9<sup>o</sup> ed. Editora Manole. 1999. p.45-90.
- WELTMAM, A. **The blood lactate response to exercise**. Champaign: Human Kinetics. 1995. 130p.
- YAMAMOTO, Y., HUGSON, R. L. (1991). Coarse-graining spectral analysis: new method for studying heart rate variability. **Journal of Applied Physiology**, v.71, p.1143–1150, 1991.
- YAMAMOTO, Y.; HUGSON, R. L.; PETERSON. Autonomic control of heart rate exercise studied by heart rate variability spectral analysis. **Journal of Applied Physiology**, v.71, n. 3. p.206S-210S, 1991.
- YAMAMOTO, Y.; HUGSON, R. L.; NAKAMURA, Y. Autonomic nervous system responses to exercise in relation to ventilatory threshold. **Chest**, v.101, n.5, p.206S-210S, 1992.
- YANG, Y.; SO, R.; WONG, S.; CHAM, M. K. Ammonia threshold: comparison of lactate threshold, correlation other physiological parameters and responses of training. **Scandinavian Journal Medicine Science of Sports**, v.12, p.358-364, 2002.
- YASUDA, N.; RUBY, B. C.; GASKILL, S. E. Substrate oxidation during incremental arm and leg exercise in men and women matched for ventilatory threshold. **Journal of Sports Sciences**, v.24, n.12, p.1281-1289, 2006.

ZAGATTO, A. M.; PAPOTI, M.; CAPUTO, F.; MENDES, O. C.; DENADAI, B. S.; BALDISSERA, V.; GOBATTO, C. A. Comparação entre a utilização de saliva e sangue para determinação do lactato mínimo em cicloergômetro e ergômetro de braço em mesatenistas. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v.10, n.6, p.45-53, 2004.

## ANEXO A – Parecer de Aprovação do CEP- UFSCar


**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA**

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

propg@power.ufscar.br - www.propg.ufscar.br

**CAAE 0062.0.135.000-06**
**Título do Projeto:** Identificação do Limiar de Anaerobiose por Diferentes Variáveis Fisiológicas em Exercício Resistido Incremental
**Classificação:** Grupo III

**Pesquisadores (as):** João Carlos de Oliveira, Prof. Dr. Sergio Eduardo de Andrade Perez (orientador)
**Parecer Nº 118/2006**
**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 aprovatório 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: Mesmo sabendo que os sujeitos de pesquisa são universitários recomendamos:

- 1) Usar no TCLE uma linguagem menos técnica, acessível e de fácil compreensão, pois para o sujeito de pesquisa autorizar sua participação voluntária ele precisa compreender o que vai acontecer com ele durante a realização do projeto.

**3. Conclusão:**
Projeto aprovado com recomendação

São Carlos, 5 de junho de 2006.

 Prof. Dra. Márcia Niituma Ogata  
Coordenadora do CEP/UFSCar