

**REPRODUTIBILIDADE DO LIMIAR DA VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA  
CARDÍACA IDENTIFICADO POR DOIS CRITÉRIOS EM TESTE PROGRESSIVO EM  
CICLOERGÔMETRO.**

MARILENE GONÇALVES QUEIROZ<sup>1</sup>, GUILHERME SILVA UMEMURA<sup>2</sup>; CAMILA  
TURETTA<sup>3</sup>, BRUNO PEREIRA MELO<sup>4</sup>, JOSÉ ANTÔNIO ROCHA MENDONÇA<sup>5</sup>, FERNANDO  
ROBERTO DE OLIVEIRA<sup>6</sup>

**RESUMO**

Com o avanço dos estudos em fisiologia do exercício, tem-se admitido que o indivíduo, em teste progressivo, passa por mudanças no metabolismo que caracterizam três domínios fisiológicos divididos por dois pontos de transição (PT). Por isto, o objetivo deste trabalho foi verificar a reprodutibilidade do LVFC segundo os critérios de Lima & Kiss e de Tulppo. Para tanto, doze voluntários (22,25 ± 4,47 anos; 66,98 ± 11,82 kg; 171,13 ± 10,48 cm), participaram do presente estudo após assinarem o termo de consentimento livre e esclarecido. Os indivíduos foram submetidos a um teste progressivo em cicloergômetro que consistiu em um aquecimento de 3 minutos em carga de 30W. O teste iniciou com uma após carga de 15W a cada minuto com carga inicial de 30W a frequência de pedalada foi entre 60 e 70 rpm. Após um intervalo de 48 horas, os voluntários compareceram novamente ao laboratório para realizarem outro teste progressivo, idêntico ao primeiro, para a verificação da reprodutibilidade do LVFC. A comparação entre os valores dos limiares dos testes foi feita através do coeficiente de correlação intraclasse (CCI) e para expressão da dispersão das diferenças dos dados foi feita a plotagem de Bland-Altman ( $p < 0,05$ ). As análises estatísticas foram feitas através do pacote MedCalc versão 10.2. O coeficiente de correlação intraclasse entre as cargas máximas atingidas nos dois testes foi significativo ( $p=0,9805$ ), demonstrando que os dois testes foram semelhantes em intensidade. Também foram obtidos valores significativos para correlação intraclasse entre as cargas obtidas correspondentes ao  $LVFC_{lima}$  ( $p=0,8031$ ) e ao  $LVFC_{tulppo}$  ( $p=0,9106$ ).

**Palavras-chaves:** Limiar da Variabilidade da Frequência Cardíaca, Reprodutibilidade, Ponto de transição, Teste Progressivo, Cicloergômetro

**INTRODUÇÃO**

Com o avanço dos estudos em fisiologia do exercício, tem-se admitido que o indivíduo, em teste progressivo, passa por mudanças no metabolismo que caracterizam três domínios fisiológicos divididos por dois pontos de transição (PT). Diversas variáveis e métodos são utilizados para identificar os PT, entre as quais o consumo de oxigênio ( $VO_2$ ) (BRUNETTO et al., 2005), a concentração de lactato sanguíneo ([La]), a glicemia (SIMÕES et al., 1998) e o comportamento da frequência cardíaca (FC) (CAMBRI et al., 2006) e de sua variabilidade (VFC) (FRONCHETTI et al., 2006).

---

<sup>1</sup> Graduanda em Licenciatura em Educação Física, DEF/ UFLA, bolsista PIVIC, marilenedu20@hotmail.com.

<sup>2</sup> Graduando em Licenciatura em Educação, DEF/UFLA, bolsista CNPQ, guilhermeumemura@gmail.com.

<sup>3</sup> Graduanda em Licenciatura em Educação Física, DEF/UFLA, bolsista PIBID, k\_turetta@hotmail.com.

<sup>4</sup> Graduando em Licenciatura em Educação Física, DEF/UFLA, brunomelo89@yahoo.com.br

<sup>5</sup> Graduando em licenciatura em Educação Física, DEF/UFLA, titonhorocha@yahoo.com.br

<sup>6</sup> Professor Doutor Auxiliar, DEF/UFLA, deoliveirafr@hotmail.com

Com o aumento da intensidade do exercício o organismo necessita de uma maior taxa de produção de energia, o que é obtido com o apoio integrado de todas as reações envolvidas na produção de energia, na disponibilização de substrato, nos mecanismos de termo regulação, e na modulação autonômica e hormonal de todos os processos (ABAD et al., 2007). Estas alterações no metabolismo energético são determinadas em primeira instância por uma diminuição gradativa da participação parassimpática e por um posterior aumento da participação simpática (POWERS & HOWLEY, 2005).

A liberação da acetilcolina pelos terminais parassimpáticos exerce sua influência na despolarização do nodo sinoatrial e, por apresentar uma velocidade de remoção muito rápida, provoca oscilações na duração dos intervalos R-R, acarretando variações rítmicas na FC. Inversamente, a noradrenalina, liberada pelos terminais simpáticos, possui uma velocidade de remoção lenta, ocasionando uma variação rítmica na FC, que pode ser observada somente em registros de longo prazo. Os intervalos R-R (duas ondas R consecutivas em um eletrocardiograma) que correspondem à duração dos ciclos cardíacos, não são constantes, ocasionando uma variação entre intervalos R-R consecutivos denominada VFC (CAMBRI et al., 2008).

TULPPO et al. (1998) e YAMAMOTO et al. (1992) sugerem que a intensidade de esforço correspondente ao término da retirada vagal e ao início da participação mais significativa da modulação simpática coincide com o primeiro limiar ventilatório ( $LV_1$ ). Tendo em vista que a atividade simpática elevada está relacionada à elevação da [La], LIMA & KISS (1999) compararam a intensidade de esforço físico em que se encerrou a retirada vagal, denominada de limiar de variabilidade da frequência cardíaca (LVFC).

Uma vez que a VFC é determinada pelo equilíbrio simpático-parassimpático, uma análise do seu comportamento tem sido indicada para identificar o primeiro PT, através do LVFC, cuja determinação tem sido realizada mais comumente através de dois critérios: o critério de Lima & Kiss (LIMA & KISS, 1999) que identifica o LVFC na primeira intensidade de exercício que apresenta o SD1 inferior a 3ms; e o critério de Tulppo (TULPPO et al., 1998) que considera que o LVFC ocorre na carga em que a diferença entre o SD1 de dois estágios consecutivos é menor que 1ms. O SD1 representa a variabilidade instantânea dos intervalos R-R dado pelo eixo transversal da elipse produzido pela plotagem de Poincaré (CAMBRI et al., 2008).

A partir destes critérios, vários estudos foram realizados utilizando o LVFC como indicador de aptidão aeróbia (NAKAMURA et al., 2005; FRONCHETTI et al., 2006) e comparando este limiar a outras variáveis indicadoras de PT (BRUNETTO et al., 2005; ZANATTA et al., 2009). O LVFC é indicador de faixas seguras de intensidade de exercício, uma vez que, devido à influência de alguns fatores de risco cardiovasculares, muitos indivíduos podem ter comprometimento em ambos os ramos do sistema nervoso autônomo (CAMBRI et al., 2008).

Apesar de o LVFC ser uma variável consolidada para a identificação de PT e para a prescrição de exercício, nenhum estudo de reprodutibilidade foi feito para esta variável. Assim, o objetivo deste trabalho foi verificar a reprodutibilidade.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Dados coletados**

12 voluntários ( $22,25 \pm 4,47$  anos;  $66,98 \pm 11,82$  kg;  $171,13 \pm 10,48$  cm), sem histórico de doenças graves, devidamente informados sobre os procedimentos do teste, participaram do presente estudo após assinarem o termo de consentimento livre e esclarecido (Anexo 1) seguindo as recomendações impostas pela Declaração de Helsinski (1964). Todas as etapas do projeto foram realizadas no Laboratório de Estudos do Movimento Humano (LEMOH), Departamento de Educação Física da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

Os indivíduos foram instruídos a não ingerirem bebidas alcoólicas e produtos com cafeína, além de não praticarem exercícios físicos nas 24 h antecedentes ao teste.

Ao chegarem ao laboratório, foram tomadas as medidas antropométricas referentes a estatura (estadiômetro Asimed) e peso (balança digital Britânia) dos indivíduos e, após um período de 5 minutos de repouso, eles foram submetidos a um teste progressivo em cicloergômetro para membros inferiores (Ergofit 167). O protocolo do teste consistiu de um aquecimento de 3 minutos em carga de

30W, após o qual houve um incremento de carga de 15W a cada minuto com carga inicial de 30W. O voluntário foi instruído a manter uma frequência de pedalada entre 60 e 70 RPM, sendo que o critério para finalização do teste foi a exaustão voluntária dos indivíduos ou quando os mesmos não conseguiam manter o ritmo pré-estabelecido. Após um intervalo de 48 horas, durante o qual deveriam se abster da prática de exercícios físicos, os voluntários compareceram novamente ao laboratório para realizarem outro teste progressivo, idêntico ao primeiro, para a verificação da reprodutibilidade do LVFC.

Durante todo o teste os sujeitos portaram um monitor cardíaco (Polar S810i) para registro dos intervalos R-R que foi analisado através do programa Polar Precision Performance no qual é possível obter os índices SD1 da VFC através da plotagem de Poincaré.

Através dos dados obtidos pelo programa foi determinado o LVFC para cada indivíduo, nos dois testes, através dos dois critérios.

### **Análise estatística**

A comparação entre os valores dos limites dos testes foi feita através do coeficiente de correlação intraclassa (CCI) e para expressão da dispersão das diferenças dos dados foi feita a plotagem de Bland-Altman ( $p < 0,05$ ). As análises estatísticas foram feitas através do pacote MedCalc versão 10.2.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

**Tabela 1.** Média, desvio padrão e amplitude das cargas máximas atingidas ( $W_{max}$ ) e do LVFC seguindo critério de Lima ( $LVFC_{lima}$ ) e de Tulppo ( $LVFC_{tulppo}$ ) expressos em Watts (W) obtidos nos dois testes em cicloergômetro

|               | 1º teste  |               |                 | 2º teste  |               |                 |
|---------------|-----------|---------------|-----------------|-----------|---------------|-----------------|
|               | $W_{max}$ | $LVFC_{lima}$ | $LVFC_{tulppo}$ | $W_{max}$ | $LVFC_{lima}$ | $LVFC_{tulppo}$ |
| Média         | 208,17    | 112,50        | 106,25          | 219,42    | 115,00        | 108,75          |
| Desvio Padrão | 69,95     | 53,32         | 47,20           | 64,47     | 38,55         | 36,81           |
| Amplitude     | 228       | 165           | 135             | 215       | 120           | 120             |

Foram obtidos valores significativos para correlação intraclassa entre as cargas obtidas correspondentes ao  $LVFC_{lima}$  ( $p=0,8031$ ) e ao  $LVFC_{tulppo}$  ( $p=0,9106$ ), assim como também foi significativa a correlação entre a FC correspondente ao  $LVFC_{lima}$  ( $p=0,7767$ ) e ao  $LVFC_{tulppo}$  ( $p=0,8527$ ). A correlação obtida utilizando a carga correspondentes aos LVFC do primeiro e segundo teste em ambos os critérios também foi significativa ( $p=0,8911$ ), o mesmo acontecendo quando comparada a FC ( $p=0,8487$ ).

Ao realizar a plotagem de Bland-Altman, que consiste em fazer uma plotagem da dispersão da diferença dos dados, com os valores obtidos no dois testes correspondentes à carga do  $LVFC_{lima}$  (Figura 1a) foi identificado que está próxima a zero e a plotagem das diferenças dos dados terem uma tendência de estarem próximos a média. Este mesmo fenômeno foi observado quando comparamos as cargas correspondentes ao  $LVFC_{tulppo}$  (Figura 1b), a FC correspondente ao  $LVFC_{lima}$  (Figura 2a) e  $LVFC_{tulppo}$  (Figura 2b). Este comportamento evidencia a semelhança dos dados obtidos entre os dois testes realizados.

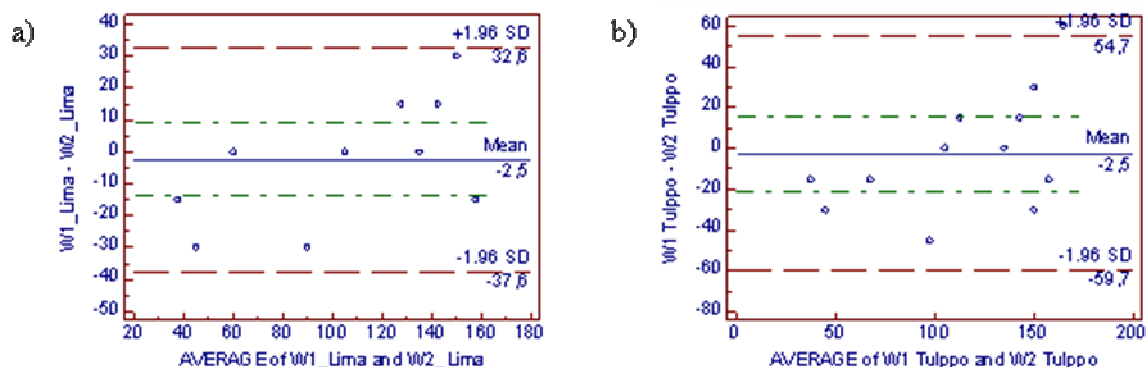


Figura 1. Plotagens de Bland-Altman para as cargas correspondes ao LVFC. a) Critério de Lima. b) Critério de Tulppo.

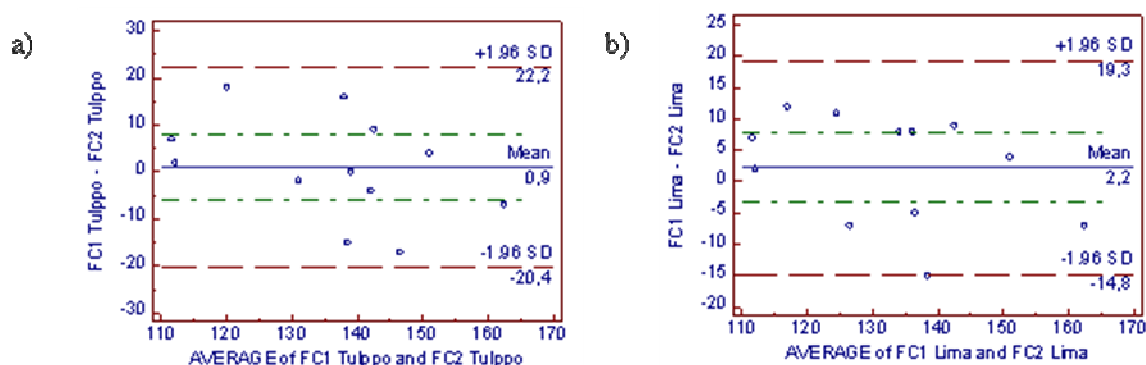


Figura 2. Plotagens de Bland-Altman para as FC correspondes ao LVFC. a) Critério de Lima. b) Critério de Tulppo.

## CONCLUSÃO

Foi verificada a reprodutibilidade do LVFC determinado pelo critério de Lima e pelo critério de Tulppo assim como a alta consistência dos valores obtidos pelos dois critérios. Apesar dos valores encontrados serem significativos, necessita-se de mais estudos utilizando outros métodos e critérios para verificar a reprodutibilidade desta variável.

## REFERÊNCIAL BIBLIOGRÁFICO

ABAD, C.C.C.; BARROS, R.V.; DE-OLIVEIRA, F.R.; LIMA, J.R.P.; PEREIRA, B.; KISS, M.A.P.M. 2007. O segundo platô da variabilidade da frequência cardíaca indica o segundo limiar de transição fisiológica? **EFDeportes**, 12(114).

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. 2008. Comportamento da frequência cardíaca e da sua variabilidade durante as diferentes fases do exercício progressivo máximo. **Arquivo Brasileiro de Cardiologia**, 71(6): 787-92.

CAMBRI, L.T., FOZA, V. NAKAMURA, F.Y., DE-OLIVEIRA, F.R. 2006. Frequência cardíaca e a identificação dos pontos de transição metabólica em esteira rolante. **Revista da Educação Física/UEM Maringá**, 17(2): 131-7.

**XIX CONGRESSO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFLA**  
**27 de setembro a 01 de outubro de 2010**

---

ZANATTA, C., MATSUSHIGUE, K.A., NAKAMURA, F.Y., DE-OLIVEIRA, F.R. 2008. Limiar de variabilidade da frequência cardíaca e resposta do lactato sanguíneo em exercícios de carga constante. **Revista da Educação Física/UEM Maringá**, 19(2): 251-260.

DENADAI, B.S., GRECO, C.C., DONEGA, M.R. 1997. Comparação entre a velocidade de limiar anaeróbio a velocidade crítica em nadadores com idade de 10 a 15 anos. **Revista Paulista da Educação Física**, 11(2): 128-33.

FIGUEIRA, T.R., DENADAI, B.S. 2004. Relações entre o limiar anaeróbio, limiar anaeróbio individual e máxima fase estável de lactato em ciclistas. **Revista Brasileira Cineantropometria e Movimento**, 12(2): 91-95.

CAMBRI, L.T., FRONCHETTI, L., DE-OLIVEIRA, F.R., GEVAERD, M.S. 2008. Variabilidade da frequência cardíaca e controle metabólico. **Arquivo Sanny Pesquisa Saúde**, 1(1): 72-82.

BILLMAN, G.E., KUKIELKA, M. 2006. Effects of endurance exercise training on heart rate variability and susceptibility to sudden cardiac death: protection is not due to enhanced cardiac vagal regulation. **Journal Applied Physiology**, 100: 896–906.

YAMAMOTO Y, HUGSON RL, NAKAMURA Y. 1992. Autonomic nervous system responses to exercise in relation to ventilatory threshold. **Chest**, 101:206-10.

TULPPO, M.P., MÄKIKALLIO T.H., SEPPÄNEN, T., LAUKKANEN, R.T., HUIKURI, H.V. 1998. Vagal modulation of heart rate during exercise: effects of age and physical fitness. **Am J Physiol**, 274: 424-29.

POWERS, S.K., HOWLEY, E.T. 2005. Fisiologia do exercício: teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho. 5ª edição. Barueri, **Editora Manole**, 576p.