

## VO<sub>2</sub> máximo obtido com e sem teste ergométrico

## VO<sub>2</sub> max obtained with and without ergometric testing

Cléo Pereira Ribeiro, Luciane Sanchotene Etchepare Daronco, Luciane Flores Jacobi,  
Luciano Panosso da Silva

### Como citar este artigo:

RIBEIRO, Cléo P.; DARONCO, Luciane S. E.; JACOBI, Luciane F.; DA SILVA, Luciano P.; VO<sub>2</sub> máximo obtido com e sem teste ergométrico. Revista Saúde (Sta. Maria). 2019; 45 (3).

### Autor correspondente:

Nome: Cléo Pereira Ribeiro  
E-mail: cleopr68@gmail.com  
Telefone: (11) 98555-5315  
Formação Profissional: Especialista em Pesquisa e Ensino do Movimento Humano

Filiação Institucional: Núcleo de Estudos em Medidas e Avaliação em Exercício Físico e Saúde. Centro de Educação Física e Desportos. Universidade Federal de Santa Maria.

Endereço para correspondência: Rua: Waldemar Simões Cavalheiro, 55.

Bairro: Camobi  
Cidade: Santa Maria  
Estado: Rio Grande do Sul  
CEP: 97110-810

### Data de Submissão:

2015/09/18

### Data de aceite:

27/08/2019

**Conflito de Interesse:** Não há conflito de interesse



## RESUMO

**Objetivo:** verificar a concordância e a correlação entre duas metodologias distintas, utilizadas na obtenção do VO<sub>2</sub> máx, as propostas por Foster et al. (T1) e Jackson et al., modelo 2, (T2). **Metodologia:** Os dados para análise, pertencentes a uma clínica privada em nosso município, foram obtidos mediante a assinatura dos Termos de Confidencialidade e Autorização Institucional. De acordo com os critérios de inclusão, 106 sujeitos (29 homens; 77 mulheres) formaram a amostra. O teste de Shapiro-Wilk, a análise descritiva, a análise de Bland e Altman e o coeficiente de correlação de Pearson, compuseram a análise estatística (nível de significância de 5%). **Resultados:** apesar das semelhanças, entre as médias obtidas, as metodologias demonstraram concordância somente no grupo masculino. **Conclusão:** em função dos resultados obtidos, e da enorme praticidade, sugere-se o método T2 para fins de prescrição do exercício, mas, o método T1 torna-se indispensável para avaliar a integridade do sistema cardiorrespiratório.

**PALAVRAS-CHAVE:** Consumo de Oxigênio; Avaliação; Teste Ergométrico; IMC.

## ABSTRACT

**Objective:** To assess the agreement and the correlation between two different methodologies used to obtain the VO<sub>2</sub> max, those proposed by Foster et al. (T1) and Jackson et al., Model 2 (T2). **Methodology:** The data for analysis, belonging to a private clinic in our county, it was obtained by signing the Terms of Confidentiality and institutional authorization. According to the inclusion criteria, 106 subjects (29 men, 77 women) formed the sample. The Shapiro-Wilk test, descriptive analysis, the Bland and Altman analysis and the Pearson correlation coefficient, composed statistical analysis (5% significance level). **Results:** despite the similarities between the averages, methodologies showed agreement only in the male group. **Conclusion:** according to the results obtained, and the enormous practicality, it is suggested the T2 method for exercise prescription purposes, but the T1 method is indispensable to assess the integrity of the cardiorespiratory system.

**KEYWORDS:** Oxygen Consumption; Evaluation; Stress test; BMI.

## INTRODUÇÃO

O teste ergométrico máximo (TEM), constitui-se numa importante ferramenta para verificar com certa exatidão, o consumo máximo oxigênio (VO<sub>2</sub> máx)<sup>1,2,4</sup>. Entretanto, por exigir alta complexidade e grande motivação para executá-lo, sua aplicabilidade acaba limitada ao ambiente laboratorial e clínico<sup>3-5</sup>. Fundamentalmente, utiliza-se a estimativa do VO<sub>2</sub> máx para prescrever exercício físico ou para avaliar a integridade do sistema cardiorrespiratório<sup>1</sup>. Dentro deste modelo clássico, envolvendo o TEM, encontra-se o método de Foster et al.<sup>6</sup>, validado a partir das equações de predição do ACSM<sup>1</sup>.

No extremo oposto, dispensando-se o TEM, encontram-se outros métodos de estimativa do VO<sub>2</sub> máx. De forma Simplificada, estes, facilitam a coleta de dados e geram condições extremamente favoráveis a aplicabilidade cotidiana<sup>7-9</sup>. Nesta configuração metodológica, destaca-se na literatura a proposta de Jackson et al.<sup>10</sup> (modelo 2).

Os métodos de Foster et al., e Jackson et al., diferenciam-se na exatidão e aplicabilidade de suas medidas. No primeiro, obtêm-se exatidão<sup>1,4,6</sup>, mas, perde-se aplicabilidade, situação inversa, observa-se no segundo método<sup>7</sup>. Em comum, encontra-se a capacidade generalista, atribuída pelos autores. Diferenças e similaridades que merecem atenção e cuidado para escolher o método que melhor ajusta-se a amostra desejada<sup>11</sup>. Neste estudo, pretende-se, avaliar a concordância entre eles e não a exatidão de suas medidas, situações que diferenciam-se, especialmente, na abordagem estatística<sup>12,13</sup>. Nosso objetivo foi verificar a concordância e a correlação entre duas metodologias distintas, utilizadas para prever o VO<sub>2</sub> máx, as propostas por Foster et al. (T1) e Jackson et al., modelo 2, (T2).

## MÉTODO

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Santa Maria (parecer CAAE: 10912513.5.0000.5346). Os autores declaram que não há conflitos de interesse associados à publicação deste artigo. Esta pesquisa caracteriza-se como descritivo correlacional. As variáveis foram obtidos por meio de banco de dados pertencentes a Revitalle Clínica de Nutrição e Avaliação Física LTDA, localizada em nosso município. Os dados foram coletados e analisados entre janeiro e abril de 2013, mediante a assinatura dos Termos de Confidencialidade e Autorização Institucional.

### **Critérios para seleção da amostra**

A amostra foi intencional. De 500 prontuários cedidos para análise, restaram 106, 29 homens e 77 mulheres. Os critérios adotados para inclusão foram os seguintes:

---

a) Idade entre 20 e 60 anos;

b) Indivíduos assintomáticos e aparentemente saudáveis sem mais do que um fator de risco coronariano e inatividade física, definida pela combinação de atividades sedentárias e nenhum exercício regular ou atividades recreacionais ativas<sup>1</sup>.

c) Submetidas a teste ergométrico máximo, segundo o protocolo de Balke e Ware<sup>14</sup> em esteira rolante;

d) Frequência cardíaca máxima, atingida, de pelo menos 85% do previsto (estabelecida pela equação de Tanaka et al.<sup>5</sup>, para sedentários  $[190 - (\text{idade} \times 0,6)]$ ).

Observações: anotaram-se as seguintes variáveis para uso nas equações preditivas: idade, estatura, massa corporal total, gênero e o percentual de alicive atingido no TEM.

### **Estimativa do VO<sub>2</sub> máx com TEM (T1)**

Equação preditiva de Foster et al.<sup>6</sup> (ml/kg.min)

Masculino e Feminino (para caminhada sem apoio no corrimão)

$$\text{VO}_2 \text{ máx} = 0,869 \times (\text{VO}_2) - 0,07$$

Onde (ACSM1):

$$\text{VO}_2 = R + H + V$$

$$R = 3,5 \text{ ml/Kg.min}$$

$$H = 0,1 \times \text{velocidade de caminhada em metros por minuto}$$

$$V = 1,8 \times \text{velocidade (em metros por minuto)} \times \text{grau (como um decimal)}$$

### **Estimativa do VO<sub>2</sub> pico sem TEM (T2)**

Equação preditiva de Jackson et al.<sup>10</sup> (ml/kg.min)

Masculino e Feminino (modelo 2)

$$\text{VO}_2 \text{ pico} = 56,363 + 1,921(\text{PA-R}) - 0,381(\text{idade}) - 0,754(\text{IMC}) + 10,987(\text{gênero})$$

Onde:

MCT = Massa Corporal Total

PA-R = Physical Activity Rating

IMC = Índice de Massa Corporal (MCT / Altura<sup>2</sup>)

Gênero = feminino 0 e masculino 1

Observação: conforme critério de inclusão, "Inatividade Física", adotou-se o escore ZERO (0) para a variável PA-R.

### Análise Estatística

Os dados foram analisados através do pacote estatístico STATISTICA versão 9.0 e pelo programa R (versão Free<sup>15</sup>). Utilizou-se o teste de Shapiro-Wilk para verificar a normalidade das variáveis, a análise descritiva para caracterizar a amostra, a análise de Bland e Altman para verificar a concordância entre os métodos e o coeficiente de correlação de Pearson (o nível de significância adotado foi de 5%).

## RESULTADO

A caracterização da amostra (n=106) é apresentada na tabela 1, por meio dos valores da média, mínimos, máximos e desvio padrão das variáveis: idade, massa corporal total (MCT), altura, índice de massa corporal (IMC), % de alicive, T1 VO<sub>2</sub> máx, T2 VO<sub>2</sub> pico. O teste de normalidade de Shapiro-Wilk não foi significativo (p> 0,05) para todas as variáveis.

**Tabela 1.** Caracterização da amostra total.

Gênero	Variável	Média	Mínimo	Máximo	DP
Mulheres (n = 77)	Idade (anos)	38,16	20,00	60,00	10,89
	MCT (Kg)	63,66	42,10	98,40	10,75
	Altura (m)	1,62	1,47	1,75	0,06
	IMC (kg/m <sup>2</sup> )	24,24	18,22	34,45	3,70
	% de alicive	11,43	7,00	17,00	2,13
	T1 VO <sub>2</sub> máx	26,88	20,65	34,72	3,00
	T2 VO <sub>2</sub> pico	23,55	10,39	32,97	4,94
Homens (n = 29)	Idade (anos)	38,34	21,00	54,00	10,20
	MCT (Kg)	87,67	57,60	110,50	12,99
	Altura (m)	1,76	1,63	1,89	0,06
	IMC (kg/m <sup>2</sup> )	28,30	19,81	36,85	4,00
	% de alicive	14,24	8,00	18,00	2,50
	T1 VO <sub>2</sub> máx	30,84	22,05	36,13	3,52
	T2 VO <sub>2</sub> pico	31,40	20,94	41,74	4,82

A figura 1 apresenta a plotagem proposta por Bland e Altman para verificar a concordância. No eixo y estão plotadas as diferenças individuais entre os valores  $VO_2$  obtidos pelos métodos, e no eixo x as médias dos valores de  $VO_2$  máx. Conforme o gráfico, os valores de limites de concordância situaram-se na ordem de -5,46 a 12,12 ml/kg.min com viés de 3,33 ml/kg.min e -10,48 a 9,36 ml/kg.min com viés de -0,56 ml/kg.min, para mulheres e homens, respectivamente. Indicando boa concordância entre T1 e T2 somente no grupo masculino.

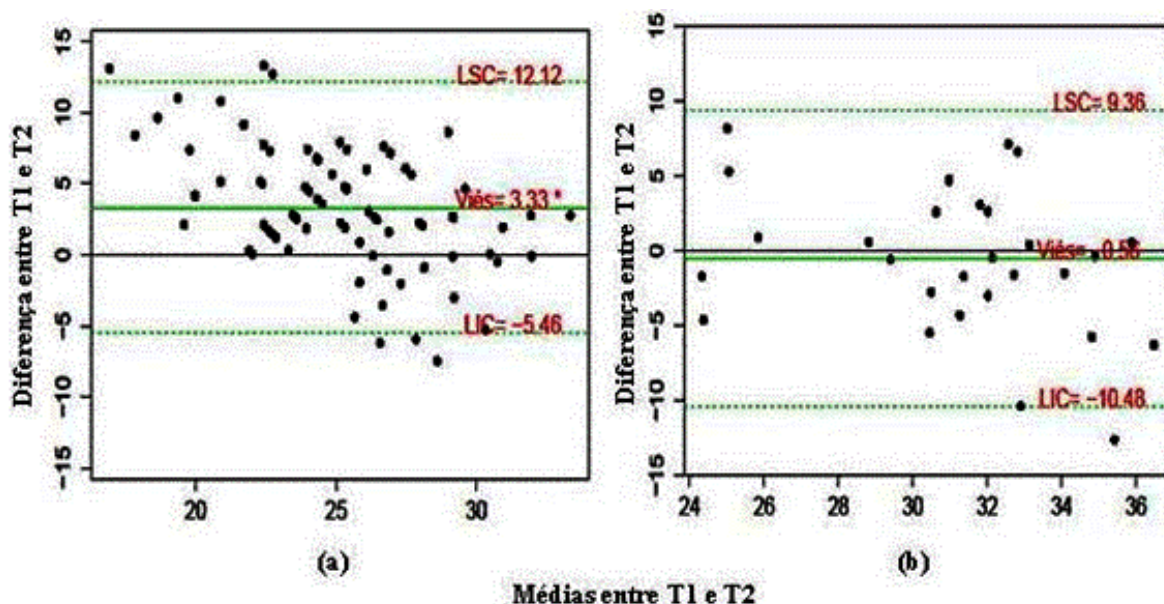


Figura 1. Plotagem de Bland-Altman para comparações entre os valores observados pelo T1 e T2. (a) Mulheres (b) Homens.

As correlações, encontradas, demonstraram fraca associação entre os métodos T1 e T2, em mulheres ( $r=0,48$ ) e homens ( $r=0,33$ ), indicando uma clara diferença entre eles na forma de prever a variável  $VO_2$ , conforme figura 2.

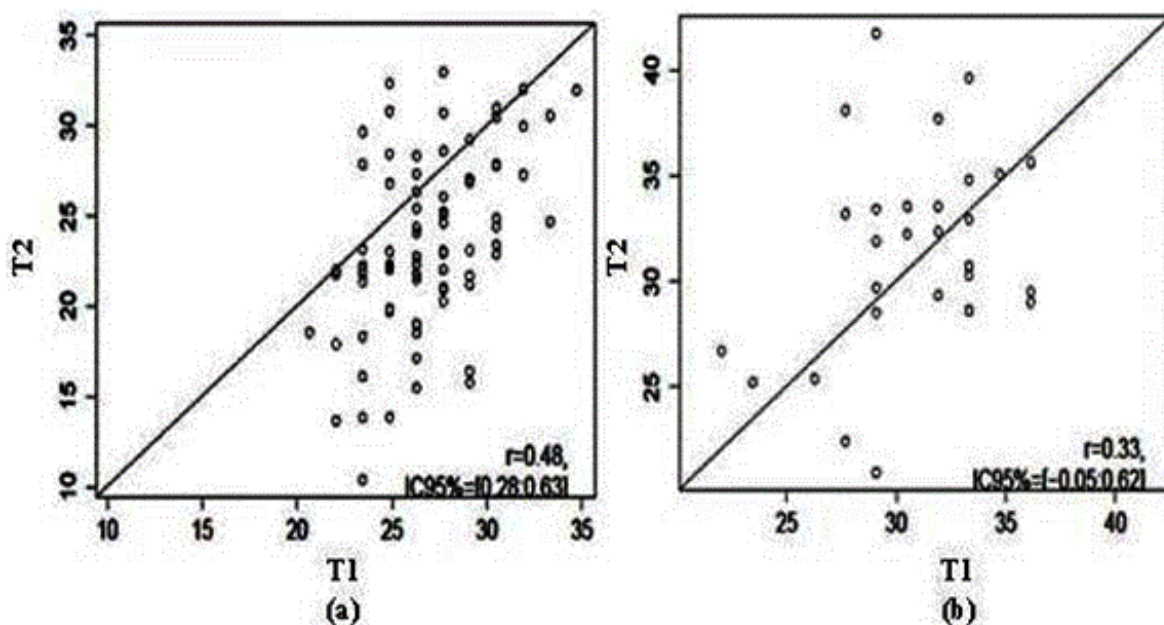


Figura 2. Correlação de Pearson entre T1 e T2. (a) Mulheres (b) Homens.

Em função da fraca correlação entre os métodos, verificou-se a associação das principais variáveis preditoras, de cada um deles, com a presente amostra. Os resultados indicaram distintos graus de associação, com destaque ao “% de aclave” no método T1, a “Idade” e o “IMC” no método T2, em ambos os gêneros, conforme a tabela 2.

**Tabela 2.** Correlação das variáveis preditoras com a presente amostra.

Gênero	Método	Idade (anos)	MCT(Kg)	Altura (m)	IMC (kg/m <sup>2</sup> )	% de aclave
<b>Mulheres</b>	T1	-0,25	-0,35	0,19	-0,48	1,00
	T2	-0,83	-0,38	0,24	-0,54	0,48
<b>Homens</b>	T1	-0,30	-0,04	0,20	-0,14	1,00
	T2	-0,78	-0,50	0,08	-0,59	0,33

## DISCUSSÃO

O presente estudo buscou analisar a concordância e a correlação entre dois métodos que, através de diferentes parâmetros, estimam o VO<sub>2</sub> máx. Os termos adotados, por cada metodologia, para a variável VO<sub>2</sub> foram mantidos (Foster et al., = VO<sub>2</sub> máx; Jackson et al., = VO<sub>2</sub> Pico), e não serão discutidas aqui. Pelo visto, esta opção encontra-se diretamente ligada às circunstâncias e critérios para sua obtenção<sup>16-18</sup>.

Em resposta ao objetivo central deste estudo, a análise de concordância, entre Foster et al.<sup>6</sup> (T1) e Jackson et al.<sup>10</sup> (T2), foi satisfeita somente no grupo masculino, destacando-se assim, em função da praticidade, uma preferência pelo uso do método T2. O viés masculino entre T1 e T2 foi de -0,56 ml/kg.min, indicando discreta subestimativa do método T1 comparado ao T2 e vice versa.

De modo geral, nos processos de validação de equações preditivas, encontram-se erros aceitáveis, em média ao redor de 5 ml/kg.min, em relação a suas medidas critérios<sup>1,6,10</sup>. Neste sentido, um viés de -0,56 ml/kg.min certamente reforça essa concordância e apoiaria uma possível substituição de um método pelo outro, dependendo das circunstâncias e objetivos no momento. Mas, encontraram-se variações significativas nos limites de concordância, remetendo razoável cautela, em alguns casos (-10,48 a 9,36 ml/kg.min).

Para analisar a discordância no grupo feminino, parti-se da afirmativa de que, o trabalho físico máximo atingido no TEM, representa a variável preditora de maior correlação com o VO<sub>2</sub> máx<sup>1-3,8</sup>, neste caso, o método T1 ofereceria melhor exatidão na estimativa. Sendo assim, os valores previstos por T2 teriam subestimado o VO<sub>2</sub> no grupo feminino. Notoriamente, dentro do modelo explicativo proposto por T2, as preditoras idade e IMC assumem uma relação

---

inversamente proporcional ao  $VO_2$  previsto<sup>10</sup>, condição explicativa corroborada por este estudo, conforme verifica-se na tabela 2.

No entanto, esta relação inversa não ocorre de forma uniforme na população<sup>1</sup>, fatores como inatividade física e mudanças na composição corporal<sup>19</sup>, respondem por grande parte das reduções observadas no  $VO_2$  máx. Dois estudos, com amostras femininas, jovens<sup>3</sup> e mais velhas<sup>8</sup>, investigando a validade de T2, reforçam a subestimativa encontrada neste estudo, mas, discordando, Williford et al.<sup>20</sup>, confirmaram, sua viabilidade em um grupo expressivo de 165 mulheres, embora tenha encontrado discreta subestimação do  $VO_2$  previsto (idade média de 29,0 anos). Diante disto, infere-se atenção nos resultados obtidos por equações preditivas baseadas nas preditoras idade e IMC.

Sobre a capacidade generalista. Neste sentido, a limitada amostra de mulheres envolvidas nos estudos poderia gerar certa limitação. Foster et al.<sup>6</sup>, utilizou um total de 90 sujeitos, desses, somente 40 eram mulheres (32 na validação simples e 8 na validação cruzada). Já, no estudo de Jackson et al.<sup>10</sup>, apesar da amostra expressiva (2.009 funcionários da NASA), somente 193 eram mulheres (150 na validação simples e 43 na validação cruzada). Explicitamente, o amplo predomínio masculino desfavorece a generalização dessas equações em amostras femininas<sup>7,8,11</sup>.

Nos dois métodos, observam-se fortes coeficientes de correlação em seus processos de validação (Foster et al.,  $r=0,995$ , erro padrão 4,8 ml/Kg.min; Jackson et al.,  $r=0,783$ , erro padrão 5,70 ml/Kg.min). Mas, as fracas associações encontradas entre eles, nesse estudo (Figura 2: masculino  $r=0,33$ ; feminino  $r=0,48$ ), demonstram claramente suas diferenças em prever o  $VO_2$ . Variáveis preditoras antropométricas, como as encontradas no método T2, mesmo que aceitas pela literatura exibem modesto poder explicativo na previsão do  $VO_2$  máx.<sup>10</sup>.

Por fim, tratando-se de amostras inativas ou destreinadas, com baixo risco para doença coronariana, metodologias sem TEM, como T2, suprem um importante espaço para prover boa adaptação e aderência em programas envolvendo o condicionamento físico focado em saúde<sup>1</sup>. Contudo, o uso de procedimentos indiretos, com ou sem TEM, de modo geral, comparados com a medida direta, subestimam ou superestimam a obtenção do  $VO_2$  máx.<sup>21</sup>. Logo, precisa-se melhorar a precisão destes métodos, ampliando sua capacidade de generalização a diferentes grupos populacionais<sup>3,8</sup>, considerando-se, no caso do Brasil, as diferenças regionais<sup>7,9</sup>.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sendo assim, conclui-se que, os dois métodos fornecem resultados equiparáveis, em amostras masculinas, com perfil semelhante ao do presente estudo. Ainda, a falta de concordância na amostra feminina, limita a equiparação entre os métodos, no entanto, nas mãos de um profissional habilidoso, esta diferença, resguardada a ampla variação na adaptação fisiológica, seria absorvida em intensidades moderadas. A complexidade envolvida, em métodos de estimativa, acaba por vezes limitando e afastando da rotina de avaliação, do profissional do exercício físico, o correto

diagnóstico de variáveis importantes, como o VO<sub>2</sub>, gerando-se com isto, prescrições equivocadas, incertezas e a volta ao empirismo prático. Sugere-se, neste sentido, estudos que aperfeiçoem e subsidiem a escolha por métodos simplificados com razoável aplicabilidade cotidiana que favoreçam, especialmente, coletas de campo e domiciliares.

## REFERÊNCIAS

1. Manual do ACSM para Teste de Esforço e Prescrição de Exercício. Rio de Janeiro: Revinter; 2000.
2. Lindemann H, Rutenfranz J, Mocellin R und Sbresny W. Methodische Untersuchung zur indirekten Bestimmung der maximalen O<sub>2</sub>-Aufnahme. *Europ. J. appl. Physiol* 1973; 32: 25 – 53.
3. Dolgener FA, Kolkhorst FW. Nonexercise model fails to predict aerobic capacity in college students with high VO<sub>2</sub> peak. *Res Q Exerc Sport* 1994; 65(1): 78-83.
4. De Jong AMA. Maximal Aerobic Power: An Important Clinical and Research Measurement. *ACSM'S Health & Fitness Journal* 2011; 15 (6): 43-45.
5. Tanaka H, Monahan KD, Seals DR. Age – predicted maximal heart rate revisited. *J Am Coll Cardiol* 2001; 37(1): 153-156.
6. Foster C, Crowe AJ, Daines E, Dumit M, Green MA, Lettau S, Thompson NN, Weymier J. Predicting functional capacity during treadmill testing independent of exercise protocol. *Med Sci in Sports Exerc* 1996; 28(6): 752-756.
7. Neto GAM, Farinatti PTV. Aplicabilidade epidemiológica de modelos sem exercício para estimativa da aptidão cardiorrespiratória: limitações e perspectivas. *Rev. bras. Educ. Fís. Esp.* 2006; 20 (supl5): 139-145.
8. Wier LT, Jackson AS, Ayers GW, Arenare B. Nonexercise Models for Estimating [latin capital V with dot above] O<sub>2</sub>max with Waist Girth, Percent Fat, or BMI. *Med Sci in Sports Exerc* 2006; 38(3): 555-561.
9. Cáceres JMS, Ulbrich AZ, Panigas TF, Benetti M. Equações de predição da aptidão cardiorrespiratória de



---

adultos sem teste de exercícios físicos. Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum 2012; 14(3): 287-295.

10. Jackson AS, Blair SN, Mahar MT, Wier LT, Ross RM, Stuteville JE. Prediction of functional aerobic capacity without exercise testing. Med Sci in Sports Exerc 1990; 22(6): 863-870.

11. Palmer PB, O'connell DG. Regression Analysis for Prediction: Understanding the Process. Cardiopulmonary Physical Therapy Journal 2009; 20(3): 23-26.

12. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods for clinical measurement. Lancet 1983; 327 – 8476 Feb (8):307-310.

13. Hirakata VN, Comey, SA. Análise de concordância entre métodos de Bland-Altman. Rev HCPA 2009; 29 (3): 261-268.

14. Balke B, Ware RW. An Experimental Study of Physical Fitness of Air Force Personnel. U.S. Armed Forces Medical Journal 1959; 10(6): 675-688.

15. R Development Core Team. R: A language and environment for statistical computing [Internet]. R Foundation for Statistical Computing: Vienna, Austria; Available from: <<http://www.R-project.org>> [2014 april 10].

16. Levine BD. VO<sub>2</sub>, max: what do we know, and what do we still need to know?. J Physiol 2008; 586 (1): 25–34.

17. Noakes TD. Maximal oxygen uptake: “classical” versus “contemporary” viewpoints: a rebuttal. Med Sci in Sports Exerc 1998; 30(9): 1381-1398.

18. Lemos T, Nogueira FS, Pompeu FAMS. Influência do Protocolo Ergométrico na Ocorrência de Diferentes Critérios de Esforço Máximo. Rev Bras Med Esporte 2011; 17 (1): 18-21.

19. Jackson AS, Wier LT, Ayers GW, Beard EF, Stuteville JE, Blair SN. Changes in aerobic power of women, ages 20-64 yr. Med Sci in Sports Exerc 1996; 28(7): 884-891.

20. Williford HN, Scharff-Olson M, Wang N, Blessing DI, Smith FH, Duey WJ. Cross-validation of non-exercise predictions of VO2 peak in women. *Med Sci in Sports Exerc* 1996; 28(7): 926-930.

21. Peserico CS, Mezzaroba PV, Nogueira GA, Moraes SMF, Machado FA. Comparação entre os Métodos Direto e Indireto de Determinação do Consumo Máximo de Oxigênio em Mulheres Corredoras. *Rev Bras Med Esporte* 2011; 17(4): 270-273.