

# RELAÇÃO ENTRE CONSUMO MÁXIMO E SUBMÁXIMO DE OXIGÊNIO EM CORREDORES E REMADORES DE RENDIMENTO

## Relation between submaximum and maximum oxygen uptake of elite distance runners and elite rowers

Marcus Peikriszwili Tartaruga, Débora Dutra Beilke, Marcelo Coertjens, Rafael Reimann Baptista, Leonardo Alexandre Peyré Tartaruga, Luiz Fernando Martins Krueel

### Resumo

O objetivo do estudo foi relacionar o consumo de oxigênio no limiar anaeróbio ( $VO_{2la}$ ) com o consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2máx}$ ) de corredores e remadores de rendimento, a partir da relativização do  $VO_2$  absoluto, pela massa corporal total, pelo expoente alométrico e pela massa magra. Dez corredores e quinze remadores realizaram um teste progressivo máximo. Para os corredores, a velocidade inicial foi de  $10\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ , com incremento de  $0,5\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$  a cada 30s. Para os remadores, a carga inicial foi de 150w, com incremento de 50w a cada minuto. Para ambos os grupos, o  $VO_{2máx}$  e o  $VO_{2la}$  foram determinados pela análise das respostas ventilatórias. Para os remadores, especificamente, também foi utilizado o comportamento da curva de lactato vs potência. Foi feita análise de normalidade e homogeneidade (Shapiro-Wilk e Levene), teste *t-Student* para amostras independentes e correlação Produto Momento de Pearson, com  $p<0,05$ . Foram verificadas boas correlações ( $r>0,5$ ) entre o  $VO_{2la}$  e o  $VO_{2máx}$  nos corredores, em todas as formas de expressão do  $VO_2$ : massa corporal total e expoente alométrico de 0,968 ( $r=0,70$ ) e massa magra ( $r=0,74$ ). Baixas correlações foram verificadas nos remadores, quando o  $VO_2$  foi determinado pela curva de lactato: massa corporal total e massa magra ( $r=0,26$ ) e expoente alométrico de 0,690 ( $r=0,07$ ). Porém, quando o  $VO_2$  foi determinado pelas respostas ventilatórias, houve boas correlações: massa corporal total ( $r=0,64$ ), expoente alométrico de 0,690 ( $r=0,54$ ) e massa magra ( $r=0,60$ ). Os resultados mostram que a relação entre  $VO_{2la}$  e o  $VO_{2máx}$ , de ambos os grupos, possuem o mesmo comportamento, independente da forma de relativização do  $VO_2$ . Mas, a forma de determinação do  $VO_2$  pode ser uma variável importante na relação entre  $VO_{2la}$  e  $VO_{2máx}$ .

**Palavras-chave:** Consumo de Oxigênio, Limiar Anaeróbio, Desempenho.

### Abstract

The objective of the study was to relate the oxygen uptake in the anaerobic threshold ( $VO_{2la}$ ) and the maximum aerobic power ( $VO_{2max}$ ) of elite distance runners and elite rowers of income from the relativization of the absolute  $VO_2$  for the body mass, expoent allometric and lean mass. Ten runners and fifteen rowers had executed gradual a maximum test. For the runners, the initial velocity was of  $10\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ , with increment of  $0,5\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$  to each 30s. For the rowers, the initial load was of 150w, with increment of 50w to each minute. For both groups, the  $VO_{2max}$  and the  $VO_{2la}$  had been determined by the analysis of the ventilation. For the rowers, specifically, also the behavior of the lactate curve was used versus power. It was made analysis of normality and homogeneity (Shapiro-Wilk and Levene), test *t-Student* for independent samples and correlation Product Moment of Pearson, with  $p<0.05$ . Good correlations had been verified ( $r>0.5$ ) between  $VO_{2la}$  and the  $VO_{2max}$  in the runners, in all the forms of expression of the  $VO_2$ : body mass and expoent allometric of 0.968 ( $r=0.70$ ) and lean mass ( $r=0.74$ ). Low correlations had been verified in the rowers when the  $VO_2$  was determined by the lactate curve: body mass and lean mass ( $r=0,26$ ) and expoent allometric of 0.690 ( $r=0.07$ ). However, when the  $VO_2$  was determined by the ventilation, it had good correlations: body mass ( $r=0.64$ ), expoent allometric of 0.690 ( $r=0.54$ ) and lean mass ( $r=0.60$ ). The results show that the relation between  $VO_{2la}$  and the  $VO_{2max}$  of both the groups possess behavior the same, independent of the form of relativization of the  $VO_2$ . But the form of determination of the  $VO_2$  can be an important variable in the relation between  $VO_{2la}$  and  $VO_{2max}$ .

**Key words:** Oxygen Uptake, Anaerobic Threshold, Performance.

1. Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Porto Alegre - RS - Brasil.

Recebido em 28.02.2008. Aceito em 12.05.2008.

Revista de Educação Física 2008;141:22-33

## INTRODUÇÃO

Desde 1923, ano em que Archibald Vivian Hill e Hartley Lupton ganharam o prêmio Nobel, o consumo de oxigênio ( $VO_2$ ) passou a ter presença freqüente em publicações sobre as respostas fisiológicas durante o exercício (Silva e Oliveira, 2004). Tal interesse se justifica pela associação do  $VO_2$ , em esforço submáximo e máximo, com dimensões de saúde e de rendimento desportivo (Saltin e Astrand, 1967). Os modelos apresentados, há mais de oito décadas, têm sido intensamente rediscutidos nos últimos quinze anos, justificando abordagens sobre o estado da arte existente sobre esta variável (Silva e Oliveira, 2004).

Atualmente, o  $VO_2$ , medido inicialmente de forma absoluta, tem sido expresso de diferentes formas. Medidas relativas à massa corporal total e a um percentual dessa massa (coeficientes alométricos diferentes de 1) têm sido adotadas, objetivando uma real comparação do condicionamento físico entre sujeitos (Svedenhag e Sjodin, 1994; Svedenhag, 1995; Vanderburgh e Dooman, 2000), principalmente devido ao fato de existirem muitos tipos de locomoção, requerendo, cada um, uma massa corporal a ser movida (Saltin e Astrand, 1967). De acordo com Denadai (1995), valores relativos são mais utilizados para comparações entre indivíduos que diferem na massa corporal total, na massa magra, na estatura e no percentual de gordura, pois a musculatura envolvida na atividade influencia nessas variáveis.

Em um estudo desenvolvido por Bergh et al. (1991), que analisou a relação entre o  $VO_2$  e a massa corporal total de 151 jovens corredores de rendimento, verificaram uma forte relação entre essas variáveis, sugerindo o uso da massa corporal total como variável de relativização do  $VO_2$  em jovens corredores.

Entretanto, diversos autores, como Winter e Hamley (1976), Svedenhag e Sjodin (1994), Brisswalter et al. (1996), Jensen et al. (2001) e Loftin et al. (2001), têm demonstrado que a massa corporal total pode subestimar os valores reais de  $VO_2$ , influenciando nas comparações entre sujeitos.

Desta forma, alguns autores, como Brisswalter et al. (1996), West et al. (1997) e Darveau et al. (2002), apontam para a necessidade da utilização de parâmetros permitindo que variáveis fisiológicas, como o  $VO_2$ , sejam comparadas entre indivíduos com massas diferentes. A escala alométrica é um exemplo. Ela é representada por uma

equação de regressão, que indica o comportamento de uma variável fisiológica “Y” em relação à variável massa “X” ( $Y = aX^b$ ). O coeficiente “a” é característico da espécie analisada, podendo ser o consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2máx}$ ) absoluto. O expoente “b” determina o percentual da massa a ser associado com a variável “Y”, sendo denominado expoente alométrico. Esta função exponencial pode ser transformada, logaritmicamente, na função linear:  $\text{Log } y = \text{Log } a + b \text{ Log } x$ .

Já a massa magra, também, tem sido utilizada como parâmetro de relativização do  $VO_2$ , principalmente em intensidades submáximas. Em um estudo desenvolvido por Winter e Hamley (1976), analisando a influência da massa magra nos resultados de economia de corrida (ECO) de 32 corredores de rendimento, foram verificadas boas correlações ( $r > 0,6$ ) entre essas variáveis, em diferentes velocidades de corrida, demonstrando que quanto maior a velocidade de corrida, maior a influência da massa magra nos valores de ECO. De acordo com Powers et al. (1983), Kyrolainen et al. (2001) e Nummela et al. (2006), a ECO consiste no consumo submáximo de oxigênio ( $VO_{2submáx}$ ), para uma determinada velocidade submáxima de corrida. O mesmo conceito pode ser utilizado para outras modalidades esportivas (economia de nado e economia de movimento).

Tanto o  $VO_{2máx}$ , como a economia de movimento, têm sido considerados importantes na predição da *performance* de atividades desportivas com predomínio aeróbio, como na corrida e no remo. Se um grupo de pessoas apresenta uma alta variação de aptidão física (sedentários e atletas de elite), o  $VO_{2máx}$  é a variável mais preditiva para determinar o resultado em provas de resistência. No entanto, importantes variações têm sido encontradas entre corredores com  $VO_{2máx}$  similares (Sjodin e Svedenhag, 1985). É possível existir uma grande variação no desempenho entre corredores de mesmo  $VO_{2máx}$  (Conley e Krahenbuhl, 1980; Sjodin e Svedenhag, 1985; Svedenhag e Sjodin, 1994). Relativamente baixos valores de  $VO_{2máx}$  têm sido encontrados entre maratonistas de alto nível. Desta forma, o limiar anaeróbio (LA) parece possuir uma importância considerável na predição do rendimento de corredores de meia e longa distâncias (Denis et al., 1982; Kumagai et al., 1982; Yoshida et al., 1987; Daniels e Daniels, 1992; Novacheck, 1998; Meyer et al., 2003), bem como em atividades desportivas com predomínio aeróbio, como a natação, o ciclismo e o remo. A intensidade de

TABELA 1  
MÉDIA E DESVIO-PADRÃO DAS VARIÁVEIS: IDADE, MASSA CORPORAL, ESTATURA E CONSUMO MÁXIMO DE OXIGÊNIO RELATIVO.

	CORREDORES (10)	REMADORES (15)
IDADE (anos)	22,3 ± 10,4	24 ± 5,4
MASSA CORPORAL (kg)	61,7 ± 9,3	83,5 ± 7,2
ESTATURA (cm)	174,1 ± 8,8	185,5 ± 6,5
VO <sub>2máx</sub> (ml.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	57,2 ± 3,4	61,0 ± 3,4

exercício, necessária para obter a maior concentração constante de lactato sanguíneo, tem sido correlacionada com a *performance* de corrida (Costill, 1972; Farrell et al., 1979). Obviamente, outros fatores também influenciam no desempenho da resistência cardiorrespiratória (Denis et al., 1982; Kumagai et al., 1982; Yoshida et al., 1987; Daniels e Daniels, 1992; Novacheck, 1998; Meyer et al., 2003; Tartaruga et al., 2004).

A relação entre o consumo de oxigênio, no limiar anaeróbio (VO<sub>2la</sub>), e o VO<sub>2máx</sub> tem sido investigada, desde a década de 70, por Weltman e Katch (1979). De acordo com estes autores, a predição do VO<sub>2máx</sub> pelo VO<sub>2la</sub> pode ser de até 89% para sujeitos bem condicionados, destacando que a referida relação deve ser analisada do ponto de vista da acidose metabólica, e não do metabolismo causado pela hipoxia. Esta afirmação corrobora com os achados de Davis et al. (1976), onde os autores verificaram uma forte correlação entre o VO<sub>2la</sub>, determinado pela ventilação e pela lactacidemia ( $r = 0,95$ ).

Apesar de todas as formas de relativização do VO<sub>2</sub>, em situações máximas e submáximas de esforço, nenhum estudo tem sido desenvolvido analisando qual das formas de relativização implica em uma melhor relação entre VO<sub>2la</sub> e VO<sub>2máx</sub>. Desta forma, o objetivo do estudo foi relacionar o VO<sub>2la</sub> e o VO<sub>2máx</sub> de corredores e remadores de rendimento, a partir da relativização do VO<sub>2</sub> absoluto, pela massa corporal total, pelo expoente alométrico e pela massa magra.

## METODOLOGIA

A amostra foi composta de 10 corredores meio-fundistas longos (1.500 a 3.000m), da Sociedade Ginástica de Porto Alegre (SOGIPA), e 15 remadores da classe sênior A, pertencentes à equipe de remo do Grêmio Náutico União

de Porto Alegre (GNU) (TABELA 1). Todos os atletas, selecionados por voluntariedade, eram do sexo masculino, saudáveis e com mais de três anos de experiência em provas de rendimento, em nível regional, nacional e internacional. Antes do início das avaliações, todos os indivíduos leram e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido, no qual constavam todas as informações pertinentes ao estudo referente à cada avaliação, sendo estas aprovadas pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Os testes para determinação do VO<sub>2máx</sub> foram realizados no Laboratório de Pesquisa do Exercício (LAPEX), da Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EsEF – UFRGS). Os atletas participaram de um teste progressivo máximo, correspondente à modalidade esportiva. No mesmo dia, foi feita uma avaliação da composição corporal e verificação das medidas antropométricas. O percentual de gordura corporal (%G) foi calculado através da fórmula de Siri (1961):

$$\%G = (495/D) - 450$$

Para o cálculo da densidade corporal (D), foi utilizada a equação desenvolvida por Jackson e Pollock (1978), validada por Petroski (1995), para homens com idade entre 18 e 61 anos, utilizando sete dobras cutâneas e os perímetros do abdome e antebraço.

$$D = 1,101 - 0,0004115 * (S7DC) + 0,00000069 * (S7DC)^2 - 0,00022631 * (ID) - 0,0059239 * (PAB) + 0,0190632 * (PAT)$$

onde:

S7DC = somatório das dobras cutâneas: subescapular, tríceps, peitoral, axilar média, supra-íliaca, abdominal e coxa;

ID = idade (anos);

MC = massa corporal (kg); e

PAB e PAT = perímetros do abdome e antebraço (m).

As medidas de dobras cutâneas e perímetros foram feitas por um profissional de Educação Física com experiência em avaliações antropométricas.

Os corredores realizaram um breve alongamento e, após a colocação do cardiofreqüencímetro (Polar S-610) e da máscara de coleta de gases, ficaram sentados por, aproximadamente, 10 minutos antes do início do teste. Foi aplicado um teste em esteira rolante com cargas progressivas, no estilo rampa. A velocidade inicial foi de 10 km·h<sup>-1</sup>, com um incremento de 0,5 km·h<sup>-1</sup>, a cada 30 segundos, até a exaustão. Os testes duraram de doze a quatorze minutos. Os critérios utilizados para validação do teste, conforme Howley et al. (1995) e Hsi et al. (1998), foram: platô de consumo de oxigênio em dois estágios consecutivos, ou seja, mesmo com incremento da carga, não se observou aumento do consumo de oxigênio; e da taxa de troca respiratória (QR >1,1), que é a relação entre a quantidade de gás carbônico produzido e o total do consumo de oxigênio.

Ambos os critérios deviam ser alcançados para a validação do teste.

Os indivíduos foram incentivados, verbalmente, para alcançarem a melhor *performance* no teste. Após a validação do mesmo, a velocidade da esteira foi diminuída, progressivamente, até que o indivíduo se sentisse recuperado o suficiente para sair da esteira.

Os remadores realizaram um teste máximo progressivo em remoergômetro (Concept II – VT, USA), com uma duração de estágios de cinco minutos. A carga inicial era de 150 Watts, com incremento de 50 Watts a cada estágio. O teste era interrompido quando o atleta referia não ter mais condições de manter a potência de remadas determinada. A freqüência cardíaca também foi monitorada.

Para ambos os grupos, o VO<sub>2máx</sub> e o VO<sub>2la</sub> foram determinados pela análise das respostas ventilatórias, através de um analisador de gases, modelo MGC, da Medical Graphics Corporation (St. Paul, EUA). A freqüência de amostragem foi *breath-by-breath*. Utilizou-se um bocal

e um oclisor nasal, limitando a respiração do indivíduo apenas pela boca. Cada grupo desenvolveu os testes em dias alternados e no mesmo horário. Considerou-se o valor de pico como o VO<sub>2máx</sub>.

Especificamente para os remadores, também, foi analisado o comportamento da curva de lactato vs potência, para determinação do limiar de lactato (LL). O sangue arterializado do lóbulo da orelha era coletado, durante 60 segundos, ao final de cada estágio, sendo analisado pelo lactímetro Accusport Roche. A utilização do lóbulo da orelha, como local de coleta de sangue, já foi anteriormente comparada com outras regiões em remadores, não tendo sido verificada diferença entre os locais de coleta (Forsyth e Farrally, 2000).

Os valores de VO<sub>2</sub> foram determinados de forma absoluta (l·min<sup>-1</sup>) e relativa, durante o LA e o máximo esforço. A relativização utilizada correspondeu à massa corporal total (método tradicional), ao expoente alométrico (método alométrico) e à massa magra, todos em l·kg<sup>-x</sup>·min<sup>-1</sup>, onde x corresponde ao valor referente à forma de relativização.

O LA, determinado pela ventilação, foi identificado por três fisiologistas do exercício, através da segunda quebra da curva de VE e equivalente respiratório – VE/VC<sub>O<sub>2</sub></sub>. Quando dois, dos três fisiologistas, encontravam igual valor de limiar anaeróbico, o mesmo era considerado como sendo o limiar anaeróbico. Quando todos os fisiologistas encontravam diferentes valores de LA, o valor intermediário era considerado como sendo o LA. Já o LA, determinado pela lactacidemia (limiar de lactato), foi determinado empregando-se a metodologia descrita primeiramente por Cheng et al. (1992) e, posteriormente, também utilizada por Nicholson e Sleivert (2001) e intitulada de D<sub>máx</sub> (Distância máxima). Esse método foi assim batizado porque utiliza uma técnica em sua determinação, na qual uma curva é criada, plotando-se os valores de lactato sangüíneo, em um gráfico do Microsoft Excel, criando-se uma linha de tendência exponencial no mesmo. Feito isso, uma reta é traçada entre o ponto inicial e o final da curva de tendência, sendo a maior distância entre a reta traçada e a curva criada pelo gráfico medida, proporcionando, assim, a determinação do LL.

O expoente alométrico “b” foi determinado a partir da função logarítmica “Log y = Log a + b Log x”, onde “y” é o VO<sub>2máxabs</sub> (em litros por minuto) e “x” é a massa corporal (em quilogramas). Foi calculado um expoente alométrico

médio, para cada um dos grupos, utilizando as médias dos valores de  $VO_{2máx}$  e massa corporal. Desta forma, foi obtida uma equação de reta com seu respectivo coeficiente de regressão.

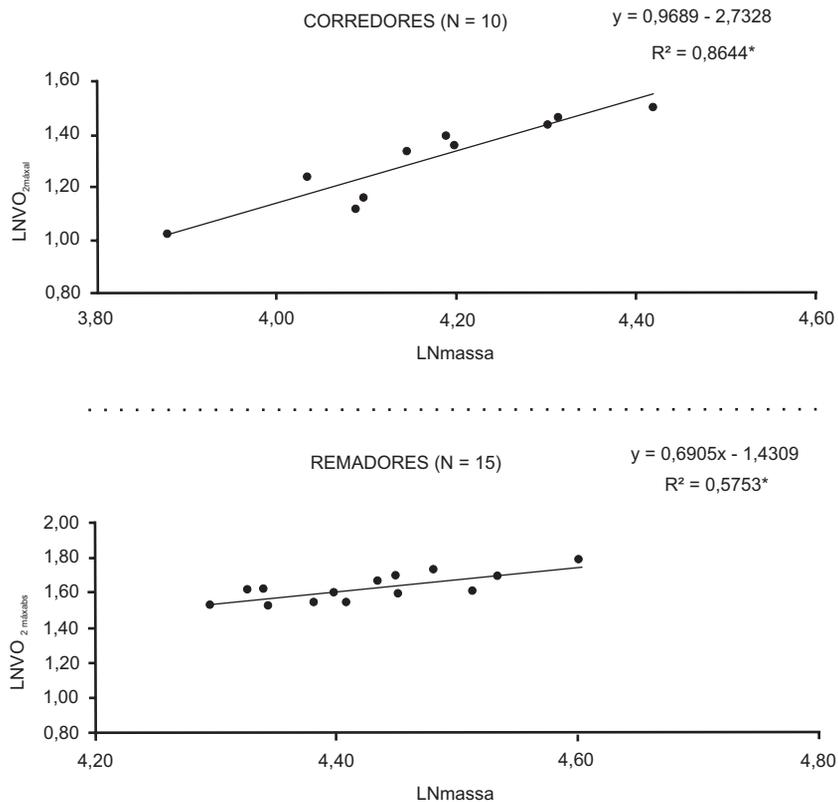
Foi utilizada a estatística descritiva, com média e desvio-padrão, para verificação das respostas de  $VO_2$  absoluto e relativo à massa corporal total, ao expoente alométrico e à massa magra, nas situações de LA e máximo esforço, determinadas pelas respostas ventilatórias, para corredores e remadores e, somente na situação de LA, pela lactacidemia, para remadores. A normalidade e a homogeneidade dos dados foram analisadas através dos testes de Shapiro-Wilk e Levene. Foi utilizado, ainda, o teste *t-Student* para amostras independentes, com o objetivo de analisar os resultados do %G, do  $VO_{2la}$  e do  $VO_{2máx}$ , entre corredores e

remadores, comparando os resultados do  $VO_{2la}$  determinados pelas respostas ventilatórias e pela lactacidemia nos remadores. Foi realizada a correlação linear Produto Momento de Pearson, para verificação das relações sem causa-efeito entre os valores de  $VO_{2la}$  e o  $VO_{2máx}$ , determinados pelas respostas ventilatórias, para os corredores e remadores, e pela lactacidemia, apenas para os remadores, todos relativos às três formas de relativização. O índice de significância adotado foi de 0,05. Foi utilizado o pacote estatístico SPSS, versão 11.0.

## RESULTADOS

Os corredores apresentaram um %G médio de 11,62, correspondente a uma média de massa magra de 57,5 kg. Os remadores apresentaram um %G médio de 13,68, correspondente a uma média de massa magra de 72,09 kg.

FIGURA 1  
EQUAÇÕES DA RETA PARA CORREDORES E REMADORES, UTILIZADAS PARA A DETERMINAÇÃO DO EXPOENTE ALOMÉTRICO (COEFICIENTE ANGULAR) ATRAVÉS DO LOGARITMO NATURAL DO CONSUMO DE OXIGÊNIO ABSOLUTO PELO LOGARITMO NATURAL DA MASSA CORPORAL.



LNVO<sub>2maxabs</sub> (l·min<sup>-1</sup>) = Logaritmo Natural do Consumo de Oxigênio Absoluto

LNmassa (Kg) = Logaritmo Natural da Massa Corporal

\* p < 0,05

Ambos os percentuais de gordura corporal apresentaram diferenças estatisticamente significativas. O expoente alométrico dos corredores foi de 0,9689 e dos remadores foi de 0,6905 (FIGURA 1).

Os valores médios do  $VO_2$  absoluto e relativo à massa corporal total, ao expoente alométrico e à massa magra, de corredores e remadores, nas situações de máximo esforço e no LA, determinados pelas respostas

TABELA 2  
MÉDIA E DESVIO-PADRÃO DO  $VO_2$  ABSOLUTO E RELATIVO À MASSA CORPORAL TOTAL, AO EXPOENTE ALOMÉTRICO E À MASSA MAGRA DE CORREDORES E REMADORES NAS SITUAÇÕES DE MÁXIMO ESFORÇO E NO LA, DETERMINADOS PELAS RESPOSTAS VENTILATÓRIAS, E  $VO_2$  ABSOLUTO E RELATIVO À MASSA CORPORAL TOTAL, AO EXPOENTE ALOMÉTRICO E À MASSA MAGRA DE REMADORES NO LA, DETERMINADOS PELA LACTACIDEMIA.

	CORREDORES (10)	REMADORES (15)
Respostas Ventilatórias		
$VO_{2máx}$ (l.min <sup>-1</sup> )	3,72 ± 0,58	5,08 ± 0,40 <sup>a</sup> (p = 0,001)
$VO_{2máx}$ (ml.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	57,22 ± 3,37	60,97 ± 3,44 <sup>(p = 0,685)</sup>
$VO_{2máx}$ (ml.kg <sup>-exp</sup> .min <sup>-1</sup> )	65,13 ± 3,82	239,51 ± 11,98 <sup>a</sup> (p = 0,001)
$VO_{2máx}$ (ml.kg <sup>-mm</sup> .min <sup>-1</sup> )	64,78 ± 4,30	70,63 ± 3,62 <sup>a</sup> (p = 0,001)
$VO_{2La}$ (l.min <sup>-1</sup> )	3,47 ± 0,59 (93,3%)	4,38 ± 0,33 <sup>a</sup> (p = 0,018) (86,2%)
$VO_{2La}$ (ml.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	53,29 ± 4,20 (93,1%)	52,54 ± 2,96 <sup>(p = 0,145)</sup> (86,2%)
$VO_{2La}$ (ml.kg <sup>-exp</sup> .min <sup>-1</sup> )	60,66 ± 4,77	206,40 ± 10,34 <sup>a</sup> (p = 0,005)
$VO_{2La}$ (ml.kg <sup>-mm</sup> .min <sup>-1</sup> )	60,33 ± 5,13	60,88 ± 3,3 <sup>(p = 0,141)</sup>
Lactacidemia		
$VO_{2La}$ (l.min <sup>-1</sup> )		3,34 ± 0,28 <sup>b</sup> (p = 0,016) (65,7%)
$VO_{2La}$ (ml.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )		40,12 ± 2,22 <sup>b</sup> (p < 0,001) (65,8%)
$VO_{2La}$ (ml.kg <sup>-exp</sup> .min <sup>-1</sup> )		157,62 ± 7,99 <sup>b</sup> (p < 0,001)
$VO_{2La}$ (ml.kg <sup>-mm</sup> .min <sup>-1</sup> )		46,50 ± 2,80 <sup>b</sup> (p < 0,001)

Consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2máx}$ ), consumo de oxigênio no limiar anaeróbio ( $VO_{2la}$ ), expoentes alométricos (exp) para corredores de 0,986 e remadores de 0,690; massa magra (mm) de cada sujeito. Valores percentuais referentes ao  $VO_{2máx}$ . (a) diferenças estatisticamente significativas, calculadas a partir do teste *t-Student* para amostras independentes, entre corredores e remadores; (b) diferenças estatisticamente significativas, calculadas a partir do teste *t-Student* para amostras dependentes, entre o consumo de oxigênio no limiar anaeróbio determinado pela ventilação e pela lactacidemia em remadores.

TABELA 3  
CORRELAÇÃO ENTRE OS VALORES DE  $VO_2$  RELATIVO À MASSA CORPORAL TOTAL, AO EXPOENTE ALOMÉTRICO DO GRUPO E À MASSA MAGRA INDIVIDUAL, COM O  $VO_{2LA}$  RELATIVO À MASSA CORPORAL TOTAL, AO EXPOENTE ALOMÉTRICO DO GRUPO E À MASSA MAGRA INDIVIDUAL, DETERMINADOS PELAS RESPOSTAS VENTILATÓRIAS E PELA LACTACIDEMIA.

	CORREDORES (10)	REMADORES (15)
$VO_{2máx(ventilação)} (ml.kg^{-1}.min^{-1}) - VO_{2La(ventilação)} (ml.kg^{-1}.min^{-1})$	0,698*	0,641*
$VO_{2máx(ventilação)} (ml.kg^{-exp}.min^{-1}) - VO_{2La(ventilação)} (ml.kg^{-exp}.min^{-1})$	0,696*	0,541*
$VO_{2máx(ventilação)} (ml.kg^{-mm}.min^{-1}) - VO_{2La(ventilação)} (ml.kg^{-mm}.min^{-1})$	0,741*	0,603*
$VO_{2máx(ventilação)} (ml.kg^{-1}.min^{-1}) - VO_{2La(lactato)} (ml.kg^{-1}.min^{-1})$		0,257
$VO_{2máx(ventilação)} (ml.kg^{-exp}.min^{-1}) - VO_{2La(lactato)} (ml.kg^{-exp}.min^{-1})$		0,074
$VO_{2máx(ventilação)} (ml.kg^{-mm}.min^{-1}) - VO_{2La(lactato)} (ml.kg^{-mm}.min^{-1})$		0,257

$VO_2$  determinado pelas respostas ventilatórias -  $VO_{2máx(ventilação)}$ ;  
 $VO_{2la}$  determinado pelas respostas ventilatórias -  $VO_{2la(ventilação)}$  e pela lactacidemia  $VO_{2la(lactato)}$   
\*  $p < 0,05$

ventilatórias, bem como o  $VO_2$  absoluto e relativo à massa corporal total, ao expoente alométrico e à massa magra de remadores no LA, determinado pela lactacidemia, são demonstrados na TABELA 2. Os resultados demonstraram um maior  $VO_{2máx}$  dos remadores, na forma absoluta e nas três formas relativas, determinados pelas respostas ventilatórias. Entretanto, não foram observadas diferenças significativas entre os grupos, quando o  $VO_{2máx}$  foi relativizado pela massa corporal total. Em relação ao  $VO_{2la}$ , determinado pelas respostas ventilatórias, foram observados maiores valores nos remadores, na forma absoluta e nas relativizações pelo expoente alométrico, com diferenças significativas, e na massa magra. Os valores relativos à massa corporal total foram maiores para os corredores.

Todos os valores de  $VO_2$ , absoluto e relativos, no LA, para os remadores, foram maiores e significativos, quando determinados pelas respostas ventilatórias em comparação com a lactacidemia.

Os deltas percentuais do  $VO_2$  absoluto e relativo, no LA, determinados pelas respostas ventilatórias, foram maiores nos corredores em relação aos remadores. Nos remadores, os deltas percentuais do  $VO_2$  absoluto e

relativo, no LA, foram maiores, quando determinados pelas respostas ventilatórias em comparação com a lactacidemia.

A TABELA 3 demonstra os resultados de correlação verificados entre os valores de  $VO_{2máx}$  relativo à massa corporal total, ao expoente alométrico e à massa magra, com o  $VO_{2la}$  relativo à massa corporal total, ao expoente alométrico e à massa magra, determinados pelas respostas ventilatórias e pela lactacidemia. Pode-se verificar que, independente da forma de relativização do  $VO_2$  e do grupo analisado, todas as correlações foram boas ( $r > 0,5$ ), quando determinadas pelas respostas ventilatórias. Entretanto, baixas correlações ( $r < 0,49$ ) foram verificadas entre o  $VO_{2máx}$ , determinado pelas respostas ventilatórias, e o  $VO_{2la}$ , determinado pela lactacidemia, em todas as formas de relativização.

## DISCUSSÃO

Apesar das diferenças metodológicas adotadas nos testes de consumo máximo de oxigênio, para cada uma das modalidades, e da determinação do limiar anaeróbio pela lactacidemia apenas nos remadores, os resultados verificados são passíveis de discussão devido a relevâncias fisiológicas.

A função logarítmica demonstrou um maior expoente alométrico no grupo dos corredores, em relação ao grupo dos remadores. Como consequência, os valores de  $VO_{2máx}$  e  $VO_{2la}$  foram, significativamente, maiores nos remadores, em comparação com os corredores. Uma das principais justificativas para responder às diferenças nos expoentes alométricos, verificados em ambos os grupos, pode estar relacionada às diferenças significativas verificadas no %G dos corredores e remadores. Loftin et al. (2001), observando o comportamento do valor de pico do  $VO_{2máx}$  em meninas obesas e não obesas, utilizando o método tradicional (relativização pela massa corporal total) e o alométrico (função logarítmica do  $VO_{2máx}$  absoluto e da massa corporal total), encontraram, para as meninas não obesas, um expoente alométrico de 0,92 e, para as obesas, um expoente alométrico de 0,46, demonstrando uma diminuição do b, proporcional ao aumento do %G. Pelo método tradicional, os valores de capacidade aeróbia dos dois grupos eram similares. Entretanto, quando os valores da massa corporal foram corrigidos pelo método alométrico, houve uma diferença 50% menor no grupo de obesas, quando se observou o  $VO_2$  relativo à massa. Tartaruga et al. (2007) destacam, também, a importância da superfície corporal no desenvolvimento de diferentes tarefas mecânicas, ou seja, na forma com que a massa corporal do sujeito (ou animal) é sustentada durante uma tarefa, bem como a resistência mecânica oferecida pelo meio onde a tarefa é desenvolvida, como variáveis que podem influenciar na determinação do expoente alométrico. Assim, uma outra possível justificativa para o menor b, encontrado para os remadores, além do %GC, seria a questão do deslocamento do peso corporal durante o exercício. O barco de remo permite um deslocamento mais fácil do peso corporal, devido à sua aerodinâmica, em comparação com a corrida em pista. Além disto, o remador apresenta uma menor área projetada, resultando em uma menor resistência ao avanço durante o seu deslocamento.

Os valores de  $VO_{2máx}$ , determinados pelas respostas ventilatórias, tanto na forma absoluta, como na forma relativa ao expoente alométrico e à massa magra, foram significativamente maiores nos remadores, em relação aos corredores. Da mesma forma, os valores de  $VO_{2la}$  foram maiores nos remadores, quando analisados na forma absoluta e relativa ao expoente alométrico. Estes resultados demonstram que a forma de expressar o  $VO_{2máx}$  e o  $VO_{2la}$  pode influenciar, de forma significativa, nas relações de

*performance* entre-sujeitos. Chamari et al. (2005) coletaram os dados de  $VO_{2máx}$  e de consumo submáximo de oxigênio ( $VO_{2submáx}$ ) em jogadores de futebol, jovens e adultos, e determinaram um único expoente alométrico para os dois grupos com relação às duas variáveis. Para o  $VO_{2máx}$ , foi encontrado  $b = 0,72$  e para o  $VO_{2submáx}$ ,  $b = 0,60$ . Comparando os valores de  $VO_2$  do método tradicional, com os valores obtidos após aplicação da escala alométrica, foram observadas diferenças. No método tradicional, o  $VO_{2máx}$  dos adultos foi subestimado, não havendo diferença com relação aos jovens. Entretanto, ele foi 5% maior, quando relativizado a 72% da massa corporal. Já o  $VO_{2submáx}$  dos jovens foi subestimado em 13%, quando analisado sob forma tradicional, não apresentando, porém, diferenças dos adultos, quando analisado sob o método alométrico. Em um estudo desenvolvido por Winter e Hamley (1976), analisando a influência da massa magra nos resultados de economia de corrida (ECO) de 32 corredores de rendimento, foram verificadas fortes correlações ( $r > 0,6$ ) entre essas variáveis, em diferentes velocidades de corrida, demonstrando que, quanto maior a velocidade de corrida, maior a influência da massa magra nos valores de ECO.

De acordo com Bassett e Howley (2000), o  $VO_{2máx}$  e o percentual do  $VO_{2la}$  em relação ao  $VO_{2máx}$ , influencia no comportamento da ECO e, conseqüentemente, no desempenho de corridas de meia e longas distâncias. A mesma análise pode ser feita para qualquer modalidade esportiva com predomínio aeróbio, como as provas de meio-fundo e fundo da natação, do ciclismo e do remo. Apesar dos resultados do presente estudo terem demonstrado um maior percentual do  $VO_{2la}$  em relação ao  $VO_{2máx}$ , dos corredores, independente da forma de expressão, não se pode afirmar que os corredores possuem um maior condicionamento físico do que os remadores, pois valores de  $VO_{2máx}$  e  $VO_{2la}$ , relativos à massa corporal total, não foram diferentes entre ambos os grupos.

Analisando-se apenas os remadores, relacionando-se os valores absolutos e relativos do  $VO_{2la}$ , determinados pelas respostas ventilatórias e pela lactacidemia, foram verificadas baixas correlações ( $r < 0,5$ ) entre ambas as formas de determinação do  $VO_{2la}$ , demonstrando que o método de determinação do  $VO_{2la}$  pode influenciar nos resultados de  $VO_2$  e, conseqüentemente, nas relações entre  $VO_{2máx}$  e  $VO_{2la}$ . Okano et al. (2006), relacionando o

LA, determinado pelo equivalente ventilatório de dióxido de carbono e pelas respostas de lactato sangüíneo, em oito ciclistas, demonstraram uma forte correlação ( $r=0,90$ ) entre os valores de  $VO_{2la}$  determinados pelos dois métodos. Da mesma forma, os trabalhos de Wasserman et al. (1973) demonstraram que os níveis de lactato apresentam uma forte correlação com a ventilação, em função do tamponamento dos íons hidrogênio ( $H^+$ ) pelo íon bicarbonato ( $HCO_3^-$ ), e a subsequente eliminação na forma de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) pela respiração ( $H^+ + HCO_3^- \leftrightarrow H_2CO_3 \leftrightarrow CO_2 + H_2O$ ).

As diferenças do presente estudo, em relação ao estudo de Okano et al. (2006), estão na metodologia adotada para a determinação do  $VO_{2la}$ . No estudo aqui relatado, o LA ventilatório foi determinado pela curva de ventilação e pelo equivalente ventilatório de dióxido de carbono. Já o LA lactacidêmico foi determinado pelo método  $D_{máx}$ , diferentemente do método utilizado por Okano et al. (2006), no qual foi utilizado o ponto de inflexão da curva lactato vs potência. Baptista et al. (2005) destacam que os métodos de determinação do  $VO_{2la}$ , através da lactacidemia, podem superestimar os resultados, sugerindo-se, conforme Stegmann et al. (1981), a utilização de um limiar anaeróbio individual. Este método, desenvolvido por pesquisadores da Alemanha, baseia-se na habilidade individual do atleta de manter um estado estável de lactato, durante um exercício prolongado. De fato, em um estudo subsequente, realizado por McLellan e Jacobs (1993), a intensidade de exercício, correspondente ao LA individual, mostrou ser a maior potência que pode ser mantida pelos atletas por um

período de exercício entre 15 a 20 minutos, sem um aumento no acúmulo de lactato sangüíneo, e é, por isso, também, chamado por alguns grupos de pesquisa como sendo o máximo estado estável de lactato ou, como muitas vezes é expresso na língua inglesa, pela sigla MLSS (*Maximal Lactate Steady State*) (Baptista et al., 2005).

Por fim, foi verificado que, independente da forma de expressão do  $VO_{2máx}$  e do  $VO_{2la}$ , ambos determinados pelas variáveis ventilatórias, a relação foi boa. De acordo com Weltman e Katch (1979), a predição do  $VO_{2máx}$ , pelo LA, pode ser de até 89% para sujeitos bem condicionados, destacando que a referida relação deve ser analisada do ponto de vista da acidose metabólica e não do metabolismo causado pela hipoxia. Essa afirmação corrobora com os achados de Davis et al. (1976), onde os autores verificaram uma forte correlação entre o LA, determinado pelas variáveis ventilatórias e pela lactacidemia, correspondente a  $r=0,95$ . Além disso, Cotes et al. (1969) e Jones e Pearson (1969) verificaram existir relação entre  $VO_{2máx}$  e  $VO_{2submáx}$  com parâmetros antropométricos e, conseqüentemente, relação entre  $VO_{2máx}$  e  $VO_{2submáx}$ .

## CONCLUSÃO

Com base nos resultados encontrados neste estudo, pode-se concluir que a forma de relativização do  $VO_2$  não influencia na relação entre  $VO_{2la}$  e  $VO_{2máx}$  em corredores e remadores de rendimento. No entanto, a forma de determinação do  $VO_2$  pode ser uma variável interveniente na relação entre  $VO_{2la}$  e  $VO_{2máx}$ .

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAPTISTA RR, OLIVEIRA LGD, FIGUEIREDO GBD, CONTIERI JR, LOSS JFE, OLIVEIRA ARD. Limiar de Lactato em Remadores: Comparação entre Dois Métodos de Determinação. Revista Brasileira de Medicina do Esporte 2005; 11(4):247-50.
- BASSETT DR, HOWLEY ET. Limiting Factors For Maximum Oxygen Uptake and Determinants of Endurance Performance. Medicine and Science in Sport and Exercise 2000; 32(1):70-84.
- BERGH U, SJODIN B, FORSBERG A, SVEDENHAG J. The Relationship Between Body Mass and Oxygen Uptake During Running in Humans. Medicine and Science in Sport and Exercise 1991; 23(2):205-11.
- BRISWALTER J, LEGROS P, DURAND M. Running Economy, Preferred Step Length Correlated to Body Dimensions in Elite Middle Distance Runners. The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness 1996; 36(1):7-15.
- CHAMARI K, MOUSSA-CHAMARI I, BOUSSAIDI L, HACHANA Y, KAOUECH F, WISLOFF U. Appropriate Interpretation of Aerobic Capacity: Allometric Scaling in Adult and Young Soccer Players. British Journal of Sports Medicine 2005; 39(2): 97-101.

- CHENG B, KUIPERS H, SNYDER AC, KEIZER HA, JEUKENDRUP A, HESSELINK M. A New Approach for the Determination of Ventilatory and Lactate Thresholds. *International Journal of Sports Medicine* 1992; 13(7):518-22.
- CONLEY DL, KRAHENBUHL GS. Running Economy and Distance Running Performance of Highly Trained Athletes. *Medicine and Science in Sport and Exercise* 1980; 12(5):357-60.
- COSTILL DL. Physiology of Marathon Running. *Jama* 1972; 221(9):1024-9.
- COTES JE, DAVIES CT, EDHOLM OG, HEALY MJ, TANNER JM. Factors Relating to the Aerobic Capacity of 46 Healthy British Males and Females, Ages 18 To 28 Years. *Proceedings of the Royal Society of London* 1996; 174(34):91-114.
- DANIELS J, DANIELS N. Running Economy of Elite Male and Elite Female Runners. *Medicine and Science in Sport and Exercise* 1992; 24(4):483-9.
- DARVEAU CA, SUAREZ RK, ANDREWS RD, HOCHACHKA PW. Allometric Cascade as a Unifying Principle of Body Mass Effects on Metabolism. *Nature* 2002; 417(6885):166-70.
- DAVIS JA, VODAK P, WILMORE JH, VODAK J, KURTZ P. Anaerobic Threshold and Maximal Aerobic Power for Three Modes of Exercise. *Journal of Applied Physiology* 1976; 41(4):544-50.
- DENADAI BS. Consumo Máximo de Oxigênio: Fatores Determinantes e Limitantes. *Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde* 1995; 1(1):85-94.
- DENIS C, FOUQUET R, POTY P, GEYSSANT A, LACOUR JR. Effect of 40 weeks of Endurance Training on the Anaerobic Threshold. *International Journal of Sports Medicine* 1982; 3(4):208-14.
- FARRELL PA, WILMORE JH, COYLE EF, BILLING JE, COSTILL DL. Plasma Lactate Accumulation and Distance Running Performance. *Medicine and Science in Sports* 1979; 11(4):338-44.
- FORSYTH JJ, FARRALLY MR. A Comparison of Lactate Concentration in Plasma Collected from the Toe, Ear and Fingertip after a Simulated Rowing Exercise. *British Journal of Sports Medicine* 2000; 34(1):35-8.
- HOWLEY ET, BASSETT DR JR, WELCH HG. Criteria for Maximal Oxygen Uptake: Review And Commentary. *Medicine and Science in Sport and Exercise* 1995; 27(9):1292-301.
- HIS WL., LAN C, LAI JS. Normal Standards For Cardiopulmonary Responses To Exercise Using A Cycle Ergometer Test. *Journal of the Formosan Medical Association* 1998; 97(5):315-22.
- JACKSON AS, POLLOCK ML. Generalized Equations for Predicting Body Density of Men. *The British Journal of Nutrition* 1978; 40(3):497-504.
- JENSEN K, JOHANSEN L, SECHER NH. Influence of Body Mass on Maximal Oxygen Uptake: Effect of Sample Size. *European Journal of Applied Physiology* 2001; 84(3):201-5.
- JONES PR, PEARSON J. Anthropometric Determination of Leg Fat and Muscle Plus Bone Volumes in Young Male and Female Adults. *The Journal of Physiology* 1969; 204(2):63-6P.
- KUMAGAI S, TANAKA K, MATSUURA Y, MATSUZAKA A, HIRAKOBA K, ASANO K. Relationships of the Anaerobic Threshold with the 5 Km, 10 Km, and 10 Mile Races. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 1982; 49(1):13-23.
- KYROLAINEN H, BELLI A, KOMI PV. Biomechanical Factors Affecting Running Economy. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 2001; 33(8):1330-7.
- LOFTIN M, SOTHERN M, TROSCLAIR L, O'HANLON A, MILLERJ, UDALL J. Scaling VO(2) Peak in Obese and Non-Obese Girls. *Obesity Research* 2001; 9(5):290-6.

MCLELLAN TM, JACOBS I. Reliability, Reproducibility and Validity of the Individual Anaerobic Threshold. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 1993; 67(2):125-31.

MEYER T, WELTER JP, SCHARHAG J, KINDERMANN W. Maximal Oxygen Uptake During Field Running Does Not Exceed that Measured During Treadmill Exercise. *European Journal of Applied Physiology* 2003; 88(4-5):387-9.

NICHOLSON RM, SLEIVERT GG. Indices of Lactate Threshold and their Relationship with 10-Km Running Velocity. *Medicine and Science in Sport and Exercise* 2001; 33(2):339-42.

NOVACHEK TF. The Biomechanics of Running. *Gait Posture* 1998; 7(1):77-95.

NUMMELA AT, PAAVOLAINEN LM, SHARWOOD KA., LAMBERT MI, NOAKESTD, RUSKO HK. Neuromuscular Factors Determining 5 Km Running Performance and Running Economy in Well-Trained Athletes. *European Journal of Applied Physiology* 2006; 97(1):1-8.

OKANO AH, ALTIMARI LR, SIMÕES HG, MORAES ACD, NAKAMURA FY, CYRINO ES, BURINI RC. Comparação entre Limiar Anaeróbio Determinado por Variáveis Ventilatórias e pela Resposta do Lactato Sangüíneo em Ciclistas. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte* 2006;12(1):39-44.

PETROSKI EL. Desenvolvimento e Validação de Equações Generalizadas para Predição da Densidade Corporal. Santa Maria, RS: Programa de Pós-graduação da Escola de Educação Física, Universidade Federal de Santa Maria, 1995.

POWERS SK, DODD S, DEASONR, BYRD R, MCKNIGHT T. Ventilatory Threshold, Running Economy and Distance Running Performance of Trained Athletes. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 1983; 54(2):179-82.

SALTIN B, ASTRAND PO. Maximal Oxygen Uptake in Athletes. *Journal of Applied Physiology* 1967; 23(3):353-8.

SILVA AEL, OLIVEIRA FRD. Consumo de Oxigênio durante o Exercício Físico: Aspectos Temporais e Ajustes de Curvas. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desenvolvimento Humano* 2004; 6(2):73-82.

SIRI WE. Body Composition from Fluid Spaces and Density. Washington, USA: National Academy of Science (Techniques for measuring body composition), 1961.

SJODIN B, SVEDENHAG J. Applied Physiology of Marathon Running. *Sports Medicine* 1985; 2(2):83-99.

STEGMANN H, KINDERMANN W, SCHNABEL A. Lactate Kinetics and Individual Anaerobic Threshold. *International Journal of Sports Medicine* 1981; 2(3):160-5.

SVEDENHAG J. Maximal and Submaximal Oxygen Uptake during Running: How Should Body Mass Be Accounted for? *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 1995;5(4):175-80.

SVEDENHAG J, SJODIN B. Body-Mass-Modified Running Economy and Step Length in Elite Male Middle and Long-Distance Runners. *International Journal of Sports Medicine* 1994; 15(6):305-10.

TARTARUGA LAP, COERTJENS M, TARTARUGA MP, MEDEIROS MHD, KRUEL LFM. Influence of the Allometric Scale on the Relationship Running Economy and Biomechanical Variables in Runners. *Medicine and Science in Sport and Exercise* 2007; 39(5):S208-S209.

TARTARUGA LAP, TARTARUGA MP, RIBEIRO JL, COERTJENS M, RIBAS LR, KRUEL LFM. Correlação entre Economia de Corrida e Variáveis Cinemáticas em Corredores de Alto Nível. *Revista Brasileira de Biomecânica* 2004; 5(9):51-8.

VANDEBURGH PM, DOOMAN C. Considering Body Mass Differences, Who Are the World's Strongest Women? *Medicine and Science in Sport and Exercise* 2000;32(1):197-201.

WASSERMAN K, WHIPP BJ, KOYL SN, BEAVER WL. Anaerobic Threshold and Respiratory Gas Exchange During Exercise. *Journal of Applied Physiology* 1973; 35(2):236-43.

WELTMAN A, KATCH VL. Relationship between the Onset of Metabolic Acidosis (Anaerobic Threshold) and Maximal Oxygen Uptake. The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness 1979; 19(2):135-42.

WEST GB, BROWN JH, ENQUIST BJ. A General Model for the Origin of Allometric Scaling Laws in Biology. Science 1997; 276(5309):122-6.

WINTER, EM, HAMLEY EJ. Sub Maximal Oxygen Uptake Related to Fat Free Mass and Lean Leg Volume in Trained Runners. British Journal of Sports Medicine 1976; 10(4):223-5.

YOSHIDA T, CHIDA M, ICHIOKA M, SUDA Y. Blood Lactate Parameters Related to Aerobic Capacity and Endurance Performance. European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology 1987; 56(1):7-11.

**Endereço para correspondência:**

Marcus Peikriszwili Tartaruga  
Laboratório de Pesquisa do Exercício - EsEF / UFRGS  
Rua Felizardo, 750 - Jardim Botânico, Porto Alegre / RS  
CEP: 90690-200  
Tel.: (51) 33085820 / (51) 33085842  
e-mail: mtartaruga@bol.com.br



REVISTA DE  
**EDUCAÇÃO FÍSICA**

Resgatando a memória da Educação Física no Brasil.  
Construindo o conhecimento futuro.

Acesse: [www.revistadeeducacaofisica.com.br](http://www.revistadeeducacaofisica.com.br)