

# Energética e desempenho em 200 m nado *crawl* realizado sob máxima intensidade

## Energetic and performance in 200 m front crawl under maximal intensity

CASTRO FAS, MOTA CB. Energética e desempenho em 200 m nado *crawl* realizado sob máxima intensidade. **R. bras. Ci. e Mov** 2010;18(2):67-75.

**RESUMO:** A prova de 200 m nado livre apresenta condições energéticas que oferecem desafios para nadadores, treinadores e cientistas do esporte. Objetivos deste estudo foram identificar (1) a energia total associada a uma prova de 200 m nado livre simulada; (2) a contribuição do metabolismo aeróbio e anaeróbio à energia total; e (3) as correlações entre desempenho, contribuição aeróbia, contribuição anaeróbia e energia total. Participaram 12 nadadores do sexo masculino (idade:  $18,3 \pm 2,9$  anos), cujo melhor tempo na prova de 200 m nado livre era  $125,2 \pm 2,7$  s. Além de variáveis antropométricas, foram obtidos, de 200 m nado *crawl*, executados em piscina de 25 m, sob máxima intensidade, desempenho em s, transformados em valores pontuais (DESP), considerando o recorde mundial da prova como 1000 pontos. Antes da realização dos 200 m foram identificados o consumo de oxigênio ( $VO_{2r}$ ) e a concentração de lactato, ambos de repouso ([LAR]). Após os 200 m foram identificados o consumo de oxigênio pós esforço ( $VO_{2e}$ ), pelo método de retroextrapolação e o pico de concentração de lactato P[LA]. Para identificar os valores de  $VO_2$  foi utilizado um analisador de gases portátil e para os valores de [LA] um lactímetro portátil. Dos valores de  $VO_2$  e [LA] foram calculados os valores líquidos dos mesmos ( $VO_{2l}$  e [LAL]) e a energia total (Etot) relativa aos 200 m. O desempenho dos nadadores avaliados foi de  $130,2 \pm 2,8$  s ( $711,8 \pm 29,1$  pontos). Valores de  $VO_{2l}$ , [LAL] e Etot foram de, respectivamente,  $55,5 \pm 5,5 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ,  $11,15 \pm 1,17 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$  e  $67,2 \pm 5,5 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ . A contribuição aeróbia foi de aproximadamente 80%. Correlações significativas e negativas foram encontradas entre DESP e  $VO_{2l}$  e entre DESP e Etot. Nadadores mais econômicos apresentam melhor desempenho na prova de 200 m nado livre.

**Palavras-chave:** Natação; Desempenho; Energética; Economia.

**ABSTRACT:** Two-hundred meters freestyle event shows unique metabolic energetic conditions offering a challenge for swimmers, coaches and researchers. The aims of this study were to identify (1) total energy associated to 200 m freestyle simulated event; (2) aerobic and anaerobic contribution to the total energy; e (3) correlations between performance and aerobic and anaerobic contribution and total energy. Twelve male swimmers (age:  $18.3 \pm 2.9$  years; best time in the event:  $125.2 \pm 2.7$  s) participated in this study. In addition to anthropometrics variables were obtained, from the 200 m freestyle performed in a 25 m pool at maximal intensity, performance in seconds, transformed in points values (DESP) – considering the world record as 1000 points. Prior to the 200 m test resting oxygen consumption and lactate concentrations were determined. After the 200 m test post oxygen consumption, by the backward extrapolation method, and lactate concentration peak [LA] were evaluated. To identify the oxygen consumption values ( $VO_2$ ) and the lactate concentration ([LA]) a portable respiratory gas analyzer and a lactate meter, respectively, were used. From the  $VO_2$  and [LA] were calculated the net values ( $VO_{2l}$  and [LAL]) and the total expended energy (Etot) during the 200 m. The swimmers' performance was  $130.2 \pm 2.8$  s ( $711.8 \pm 29.1$  points). Whereas  $VO_{2l}$ , [LAL] and Etot were, respectively,  $55.5 \pm 5.3 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ,  $11.15 \pm 1.17 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$  and  $67.2 \pm 5.5 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ . Aerobic contribution was around 80%. Significant and negative correlations were found between DESP and  $VO_{2l}$  and DESP and Etot. More economic swimmers show better performance in 200 m freestyle event.

**Key Words:** Swimming; Performance; Energetic; Economy.

Flávio A. de S. Castro<sup>1</sup>  
Carlos B. Mota<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratório de Pesquisa do Exercício, Escola de Educação Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

<sup>2</sup>Laboratório de Biomecânica, Centro de Educação Física e Desportos, Universidade Federal de Santa Maria

Enviado: 25/03/2010  
Aceito: 21/01/2011

## Introdução

Natação competitiva, em piscina, é composta por provas nos quatro estilos olímpicos (livre, costas, peito e borboleta), envolvendo distâncias que variam dos 50 aos 1500 m. De modo mais específico, a prova de 200 m nado livre (provas as quais são executadas, normalmente, em nado crawl), devido às suas características metabólicas com grande participação do sistema glicolítico<sup>11</sup> apresenta uma condição de desafio tanto para o técnico, quanto para o nadador. De modo mais específico, a fim de se computar um balanço energético completo do nado, dois parâmetros<sup>28</sup> devem ser considerados: (1) a energia gasta para cobrir determinada distância e (2) a eficiência com a qual esta energia é transformada em trabalho mecânico.

Em natação, o gasto energético está relacionado<sup>25</sup> à velocidade de nado, à eficiência bruta, à eficiência propulsiva e à resistência do meio. Pesquisa de caráter fisiológico<sup>12</sup>, em natação, devido às condições ambientais, aos movimentos corporais e às viradas em piscinas de tamanho padrão, encontra maior nível de dificuldade de ser realizada. A fim de superar essas condições adversas, algumas metodologias têm sido desenvolvidas a fim de permitir a mensuração do consumo de oxigênio em condições mais próximas à realidade do atleta de natação.

Dentre essas técnicas, podem ser citadas a utilização do *swim flume*<sup>8,26</sup>, *tethered swimming*<sup>4,21</sup>; retro-extrapolação a partir da recuperação<sup>7,16,19,21,22</sup>; ergômetro de braço e perna<sup>15,20</sup> e natação com coleta durante o nado<sup>4,10,19</sup>. Cada método apresenta condições e efeitos distintos sobre os valores mensurados, devido às imposições do meio, como, por exemplo, o incremento de custo energético quando da obtenção das variáveis respiratórias, em método direto, com a utilização de máscaras durante o nado. Essas máscaras podem incrementar a área de superfície frontal, aumentando o arrasto e, conseqüentemente, o custo energético.

O total da energia metabólica despendida para transportar a massa corporal de um indivíduo por unidade de distância é definida como custo energético de locomoção e tem sido calculada tanto incluindo, quando subtraindo os valores de custo energético do repouso<sup>29</sup>. O custo energético tem sido descrito como o mais

importante determinante fisiológico para o melhor desempenho em diversas formas de locomoção humana, inclusive a natação<sup>6</sup> e tem sido estimado nos quatro estilos durante a natação em velocidades supra-máximas, nas quais a contribuição anaeróbica deve ser considerada para o cálculo do balanço energético total<sup>17</sup>. Para tal, devem ser considerados tanto o consumo de oxigênio, quanto a concentração de lactato, ambos líquidos, relacionados ao esforço para o qual se deseja mensurar o custo<sup>29</sup>.

Quando da análise de esforços máximos, que ocorrem sob condições metabólicas extremas, como a prova de 200 m nado livre, a variação das concentrações de lactato entre o repouso e a máxima concentração pós-esforço (concentração líquida de lactato) pode ser utilizada no cálculo do custo energético, somando-se a energia anaeróbia à energia obtida aerobicamente (identificada pelo consumo de oxigênio). É sugerido<sup>3</sup>, para o cálculo do custo energético, um equivalente de 2,7 mlO<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup>.mmol<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup> de lactato líquido, assim, aos valores de consumo de oxigênio, são somados os valores calculados a partir da taxa das concentrações líquidas de lactato.

Deste modo, este trabalho apresenta como objetivos, verificar: (1) a energia total associada a uma prova de 200 m nado livre simulada; (2) a contribuição do metabolismo aeróbio e anaeróbio à energia total; e (3) as correlações entre desempenho, contribuição aeróbia, contribuição anaeróbia e energia total.

## Materiais e métodos

A população deste estudo foi de nadadores competitivos com, no mínimo, 16 anos de idade e quatro anos de experiência na modalidade, com índice de participação em Campeonato Brasileiro de Natação. A amostra foi formada a partir da equação de erro de medida (estabelecido em 5%) para as variáveis (1) desempenho nos 200 m nado livre e (2) energia total para os 200 m nado livre. Os dados de entrada (média e desvio-padrão de cada variável) foram obtidos da página da Federação Gaúcha de Desportos Aquáticos (<http://www.fgda.com.br>), com os tempos dos dez melhores nadadores da prova de 200 m nado livre, em

torneio de natação realizado no ano de 2006 e da literatura<sup>29</sup>, com os valores de energia total. Os participantes deste estudo foram devidamente informados sobre todos os procedimentos realizados. Este estudo foi avaliado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade onde foi realizado, tendo sido aprovado sob número 2007691. As variáveis analisadas neste estudo foram o desempenho em 200 m nado *crawl*, realizado sob máxima intensidade, variáveis antropométricas, o consumo de oxigênio, a concentração de lactato sanguíneo, a energia total e o custo energético.

Todos os protocolos de avaliação foram aplicados em piscina de 25 m, coberta e aquecida (entre 30,2 e 31,3°C) e as coletas foram realizadas na mesma hora do dia, entre 10 e 12 h. Após um período de repouso (15 min), à borda da piscina, os nadadores realizaram aquecimento, nadando 800 m, nado livre em baixa intensidade, após realizaram um teste máximo de 200 m, no estilo *crawl*. Os protocolos para obtenção e processamento das variáveis foram:

a) Desempenho (DES): definido como o tempo (dois cronômetros manuais, Casio, Japão, resolução de 0,1 s) obtido na distância de 200 m e expresso em pontos (DESP) do recorde mundial da prova<sup>2</sup>. A velocidade média de nado (VN), associada ao desempenho geral, foi o quociente entre a distância e o tempo.

b) Variáveis antropométricas: características físicas dos participantes foram obtidas anteriormente à realização da repetição máxima de 200 m. Massa corporal foi obtida quando o participante, trajando apenas sunga de natação, permaneceu em pé, com um mínimo de oscilações corporais, de frente para o avaliador e para a régua de marcação, sobre uma balança (Filizola, modelo 31, Brasil, resolução de 0,1 kg). Estatura foi obtida quando o participante permaneceu em pé, posicionado sobre a balança e de costas para a régua, utilizando-se o estadiômetro (resolução de 0,1 cm) da balança. Envergadura foi mensurada com uma trena (3M, Brasil, resolução de 0,1 cm) estando o participante na posição de decúbito dorsal, sobre um colchonete de 3 cm de espessura, no solo, ombros abduzidos a 90°, cotovelos, punhos e dedos em extensão, sobre o solo. A máxima

distância entre as extremidades das mãos (terceiro dedo) foi considerada como a envergadura.

c) Variáveis fisiológicas: a coleta dos dados de consumo de oxigênio e de lactato sanguíneo foi realizada em dois momentos: (1) indivíduo em repouso: após permanecer 15 min em repouso na posição de decúbito dorsal, sobre um colchonete, à borda de piscina e (2) após a repetição de 200 m, do protocolo de 200 m, segundo protocolo previamente descrito<sup>21</sup>. Previamente à obtenção dos valores de repouso, o ergoespirômetro portátil (KB1C, Aerosport, EUA) foi mantido ligado por 30 min e foi auto-calibrado duas vezes. Foram armazenados, no mesmo, os dados de massa corporal total, pressão atmosférica no momento da coleta (valor obtido junto a órgão oficial de meteorologia), estatura, idade e sexo. Para o repouso foi utilizado um pneumotacógrafo de fluxo baixo. Conectou-se o equipamento ao indivíduo após 10 min de repouso. O indivíduo respirava pela boca em uma máscara de neoprene acoplada ao ergoespirômetro. Após mais 5 minutos, registraram-se os valores de consumo de oxigênio por 2 min. Neste momento obtinha-se, também uma amostra de sangue da extremidade distal do dedo indicador da mão esquerda do nadador para verificação da concentração de lactato (Accusport, Roche, EUA) em repouso. Durante o aquecimento, o pneumotacógrafo de baixo fluxo, utilizado no repouso, era substituído por um de médio fluxo e o ergoespirômetro era calibrado novamente.

Após o aquecimento, e antes da realização dos 200 m, era obtida mais uma amostra de sangue para a verificação da concentração de lactato. Entre a finalização dos 200 m e a primeira expiração na máscara observou-se um tempo máximo de 3 s, sendo o nadador estimulado a não respirar antes da colocação da máscara. Observou-se que o primeiro valor considerado de  $VO_2$  fosse após um período completo de 20 s de respiração na máscara. Os valores de  $VO_2$  foram obtidos a cada 20 s para ambas as coletas. O consumo de oxigênio do repouso foi identificado como média dos últimos 2 min de repouso (máscara acoplada aos 10 min do repouso). O consumo de oxigênio relativo à repetição de 200 m foi estimado pelos

três valores da recuperação, com aplicação de um modelo matemático de ajustamento linear<sup>24</sup>.

A coleta de sangue da extremidade distal do dedo indicador da mão esquerda, para verificação da concentração de lactato sanguíneo, foi realizada após os 15 min de repouso e após o aquecimento (800 m nadando livre sob baixa intensidade (auto-determinada) e 1, 3, 5, 7 e 9 min após os 200 m (realizaram-se coletas até que a concentração reduzisse).

Foi encontrado o valor líquido do consumo de oxigênio pela aplicação da Equação 1<sup>9</sup>:

Equação 1

$$VO_{2l} = VO_{2e} - VO_{2r}$$

$VO_{2l}$  é o valor de consumo de oxigênio líquido,  $VO_{2e}$  o consumo de oxigênio relativo ao esforço de 200 m e  $VO_{2r}$  o consumo de oxigênio do repouso. Foi calculada a taxa de concentração líquida de lactato, correspondente à variação entre o maior valor encontrado pós 200 m e o valor de repouso, pós-aquecimento (pré 200 m), pela aplicação da Equação 2<sup>3</sup>:

Equação 2

$$TLAl = \frac{LAe - LAr}{t}$$

$TLAl$  é a taxa da concentração sanguínea líquida de lactato,  $LAe$  a concentração máxima de lactato pós-esforço, independente do momento que foi identificada,  $LAr$  a concentração sanguínea de lactato do repouso e  $t$  é o tempo decorrido para a realização dos 200 m, em minutos. O valor da concentração líquida de lactato ( $LAL$ ) foi considerado apenas como a subtração apresentada na Equação 2, considerado o incremento líquido de lactato sanguíneo.

A energia total ( $Etot$ ) foi obtida a partir do valor líquido de consumo de oxigênio e da taxa da concentração líquida de lactato. A fim de se obter a energia total

relativa ao esforço, em termos de consumo de oxigênio, a concentração líquida de lactato foi transformada em valores de consumo de oxigênio pela utilização da Equação 3<sup>3</sup>:

Equação 3

$$LAVO_2 = 2,7 * TLAl$$

$LAVO_2$  representa a taxa de concentração líquida de lactato em termos de consumo de oxigênio, 2,7 é o equivalente em  $mlO_2 \cdot kg^{-1} \cdot mmol^{-1}$  da taxa de acúmulo de lactato e  $TLAl$ , a taxa da concentração líquida de lactato<sup>3</sup>. Após, a energia total foi obtida pela Equação 4:

Equação 4

$$Etot = VO_2L + LAVO_2$$

$Etot$  é a energia total,  $VO_{2l}$  é o consumo de oxigênio, representativo da energia aeróbia e  $LAVO_2$  a concentração líquida de lactato expressa em termos de consumo de oxigênio, representativa da energia anaeróbia.

Foram calculadas médias e desvios-padrão. Verificada a normalidade dos dados (teste de Shapiro Wilk). Comparações foram realizadas com teste t de Student para medidas independentes e com análise de variância para medidas repetidas. Quando necessário foi utilizado o fator de correção Épsilon de Greenhouse-Geisser. Os efeitos principais foram verificados com um teste de Bonferroni. Estatística  $\chi^2$  foi aplicada em conjunto. As correlações foram verificadas com o teste de Correlação Linear Produto-Momento de Pearson, para  $\alpha$  de 5%. Utilizou-se o aplicativo SPSS 15.0.

## Resultados

A Tabela 1 apresenta as características físicas e os valores de desempenho dos participantes do estudo.

As concentrações de lactato sanguíneo, identificadas após 15 min de repouso, após o aquecimento e após 1, 3, 5 e 7 min (quando necessárias essas últimas medidas) são apresentadas na Figura 1. As comparações

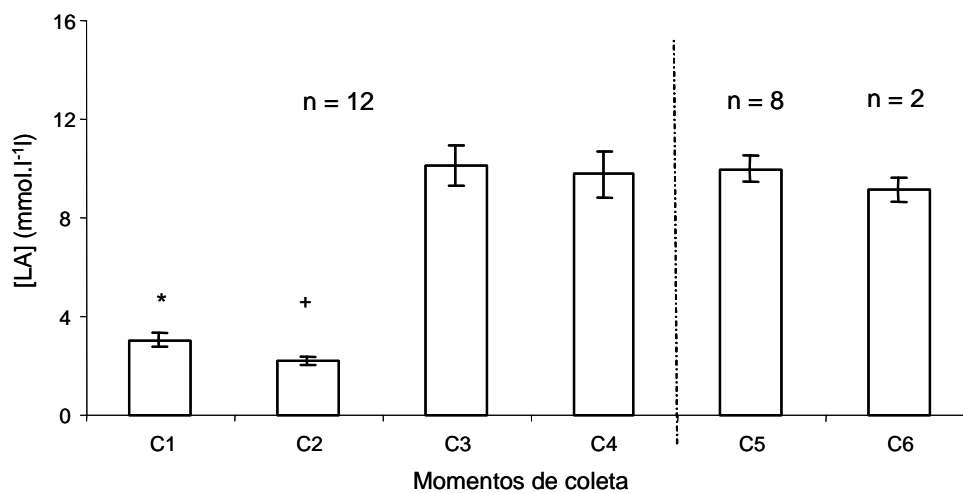
foram realizadas apenas entre as coletas de mesmo número de sujeitos. Diferenças foram encontradas entre as concentrações de lactato sanguíneo ( $F(2,01; 26,26) = 54,572; p < 0,001; \eta^2 = 0,808$ ).

A Tabela 2 apresenta os resultados do consumo de

oxigênio (repouso, esforço e líquido), do equivalente em consumo de oxigênio da taxa de acúmulo líquido de lactato sanguíneo e de energia total para a realização dos 200 m.

**Tabela 1.** Características dos participantes, desempenho e velocidade de nado

Variável	média	dp	Mínimo	máximo
Idade (anos)	18,3	2,9	16	25
Estatura (cm)	174,3	5,8	165	186
Envergadura (cm)	181,1	7,5	170	193,5
Massa corporal total (kg)	66,4	6,3	56,8	78,5
DES (s)	130,2	2,83	124,6	133,6
DESP (pontos)	711,8	29,1	677,2	766,3
VN ( $m \cdot s^{-1}$ )	1,54	0,11	1,51	1,61



**Figura 1.** Concentrações de lactato sanguíneo ( $mmol \cdot l^{-1}$ ) nos momentos pós 15 min de repouso (C1, n = 12), pós aquecimento (C2, n = 12), pós 200 m: 1 min (C3, n = 12), 3 min (C4, n = 12), 5 min (C5, n = 8), e 7 min (C6, n = 2); \* indica diferenças de C1 para C2, C3 e C4 ( $p < 0,05$ ); + indica diferenças de C2 para C3 e C4 ( $p < 0,05$ ). Independente do momento, a concentração de lactato líquido ([LAL]) após os 200 m, foi de  $11,15 \pm 1,17 mmol \cdot l^{-1}$

**Tabela 2.** Consumo de oxigênio de repouso ( $VO_{2r}$ ), após os 200 m nado *crawl* ( $VO_{2e}$ ), líquido ( $VO_{2l}$ ), equivalente em consumo de oxigênio da taxa de acúmulo de lactato sanguíneo ( $LAVO_2$ ) e energia total (Etot); n = 12

	$VO_{2r}$ $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$	$VO_{2e}$ $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$	$VO_{2l}$ $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$	$LAVO_2$ $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$	Etot $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$
média	3,5	59,1	55,6	11,6	67,0
dp	1,0	5,7	5,3	2,3	5,2

Para a equação de regressão linear aplicada entre os valores de consumo de oxigênio durante a recuperação e o tempo decorrido, verificou-se o coeficiente de determinação para cada indivíduo. Para os 12 nadadores o valor médio do  $r^2$  foi de 0,92, com desvio-padrão de 0,07. As análises de correlação indicaram  $r = -0,885$  e  $p < 0,001$  entre DES e  $VO_{2l}$  (correlação negativa e significativa);  $r = 0,537$  e  $p = 0,072$  entre DES e  $LAVO_2$  (correlação

positiva e não-significativa) e  $r = -0,815$  e  $p = 0,001$  entre DES e Etot (correlação negativa e significativa).

## Discussão

Os valores de pico de concentração da lactato sanguíneo encontrados no presente estudo apresentaram similaridades com valores descritos na literatura<sup>2,5</sup>. No presente estudo foi encontrado um pico máximo de

concentração de lactato sanguíneo de  $11,15 \pm 1,17$   $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$  de sangue, independente do momento da coleta. Após a prova de 200 m nado livre, em competição, foram encontrados, previamente, independente do tempo após a realização do esforço, picos de concentração de lactato de  $12,79 \pm 1,27$   $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$  de sangue, para um grupo de nadadores de  $21,6 \pm 2,4$  anos de idade e de  $11,57 \pm 2,12$   $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$  de sangue para um grupo de nadadores de  $16,7 \pm 0,5$  anos de idade<sup>2</sup>. Estudo que buscou compreender a participação percentual de cada rota metabólica em esforços máximos de 50, 100 e 200 jardas, nos quatro estilos competitivos, encontraram, entre oito nadadores ( $19 \pm 1,22$  anos de idade) valores de  $11,4 \pm 1,6$   $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$  de sangue após esforço máximo de 200 jardas (182,9 m)<sup>5</sup>. Resultados semelhantes aos encontrados no presente estudo (Figura 1).

Em relação ao tempo até a identificação do pico de concentração de lactato, sete dos participantes do presente estudo, apresentaram o pico 1 min após os 200 m, quatro apresentaram aos 3 min e apenas um nadador aos 5 min. Esses resultados diferem da literatura<sup>9</sup>: o pico de concentração de lactato deveria ocorrer entre 5 e 7 minutos após o esforço máximo. O estado de treinamento dos participantes do presente estudo pode ter contribuído de modo fundamental para esta variação em relação à literatura. Já a realização do aquecimento em baixa intensidade (800 m) foi capaz de reduzir de modo significativo a concentração de lactato sanguíneo do repouso (Figura 1), que apresentou valores, respectivamente pré e pós-aquecimento, de  $3,13 \pm 1,21$   $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$  e  $2,24 \pm 0,66$   $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ . Esta redução, provavelmente, está relacionada à capacidade aeróbia dos indivíduos, facilitando os processos de remoção de lactato residual<sup>27</sup>. Quando bem condicionados aerobicamente, dois fenômenos paralelos devem ocorrer: ao mesmo, após esforço máximo, uma concentração reduzida de lactato e uma taxa elevada de remoção do lactato durante a recuperação<sup>27</sup>. A variância explicada nos valores de concentração de lactato, pelos momentos de coleta, em relação às primeiras quatro medidas de lactato, nos momentos pós-repouso, pós-aquecimento, 1 min após os 200 m e três min após os 200 m (quando havia dados dos

12 participantes), foi cerca de 82%. Este valor possivelmente indica que os momentos escolhidos para a obtenção dos valores de concentração foram adequados.

Valores de consumo de oxigênio mensurados durante a recuperação têm sido utilizados a fim de, por extrapolação, identificar o consumo de oxigênio do esforço prévio, durante esforços máximos na natação<sup>13</sup>. As equações de predição do consumo de oxigênio relativo aos 200 m, apresentaram coeficiente médio de determinação de  $0,92 \pm 0,07$ , contra 0,85 encontrado previamente<sup>24</sup>. O presente estudo utilizou três valores de consumo, obtidos de equipamento com caixa de mistura, ao longo de, aproximadamente, 1 min após o esforço de 200 m, enquanto anteriormente<sup>24</sup> foram utilizados balões meteorológicos para a obtenção dos valores, que foram obtidos de 11 períodos entre 13 e 17 s de duração.

Pode-se verificar que, a despeito dos variados métodos utilizados para a identificação dos valores de consumo de oxigênio encontrados na literatura<sup>21,22</sup> os valores do presente estudo são, de modo geral, similares aos da literatura. De modo mais específico, em estudo<sup>22</sup> que utilizou valores da recuperação, por 30 s, em equipamento que permitia medidas de  $\text{VO}_2$  *breath-by-breath*, após nado máximo de 400 m ( $57,4 \pm 7,8$   $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) e comparou os valores obtidos de dois distintos grupos de nadadores contra valores de  $\text{VO}_2$  obtidos de testes progressivos em esteira e em ciclo-ergômetro, nenhuma diferença nos valores na comparação entre os métodos foi encontrada. Já valor de  $\text{VO}_2$  ( $48,4 \pm 2,8$   $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) identificado pós nado máximo de 200 jardas (183 m)<sup>21</sup> com coleta dos gases em sacos de neoprene, por 20 s, foram comparados a valores de  $\text{VO}_2$  de três situações: em nado estacionário, após 500 jardas e após 200 jardas e não foram encontradas diferenças estatísticas entre os valores. Os estudos citados buscaram mensurar o consumo máximo de oxigênio, assumindo, ou não, os picos de valores de consumo de oxigênio como o consumo máximo.

Determinações de consumo máximo de oxigênio, em natação, a partir dos valores de recuperação<sup>16</sup>, podem ser aceitas desde que quatro condições básicas sejam respeitadas: (1) exercício deve ser progressivo e contínuo,

levando à exaustão, em mais de 4-5 min; (2) não haver nenhum atraso entre o fim do exercício e o início da coleta de gases; (3) coleta de gases deve começar no início da primeira expiração e terminar aproximadamente 20 s após; e (4) o exercício não seja de intensidade supra-máxima ou de curta duração (menor que 5 min). Considerando essas questões, os valores de  $\text{VO}_2$  identificados neste estudo, pós 200 m, não podem ser identificados como de consumo máximo de oxigênio, mas permitiram a identificação dos consumos de oxigênio relativo ao esforço prévio de 200 m. Ainda, o método de retro extrapolação pode superestimar os valores de consumo de oxigênio para o esforço relacionado<sup>7</sup>.

O valor de  $\dot{V}_{O_2}$  encontrado no presente estudo (Tabela 2) foi similar ao valor encontrado na literatura<sup>3</sup>, quando os nadadores realizavam um teste de economia de nado, com velocidade submáximas entre 1,4 e 1,6  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ . No presente estudo, a velocidade média de nado foi de  $1,54 \pm 0,11 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , e em uma repetição máxima de 200 m.

Para esforços máximos de 183 m, que duraram em média 112 s, realizados a velocidade média de  $1,62 \pm 0,05 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , por volta de 61% da energia total liberada viriam dos processos aeróbios para obtenção de energia, enquanto que os outros 39% viriam tanto dos processos anaeróbios lácticos, quanto de processos anaeróbios aláticos<sup>6</sup>. No presente estudo, considerando apenas os processos aeróbios e anaeróbio láctico, analisando o consumo de oxigênio líquido (representativo da energia aeróbia) e a taxa de acúmulo de lactato líquido, expressa em valores de consumo de oxigênio (representativa da energia anaeróbia láctica), foram encontrados aproximadamente 80% de contribuição aeróbia e 20% de contribuição anaeróbia. Esforços máximos, com durações até 120 s devem apresentar por volta de 63% de contribuição aeróbia e com durações até 180 s deveriam apresentar por volta 73% de contribuição aeróbia<sup>11</sup>.

Podem ser levantadas três questões relacionadas às diferenças encontradas entre os resultados do presente estudo e a literatura: (1) a época da temporada de treinamento quando foram realizadas as avaliações do presente estudo. Os nadadores do presente estudo estavam em um período de treinamento cujas características eram

mais extensivas, com grande percentual de séries de características aeróbias, que tendem a elevar a participação do metabolismo aeróbio na liberação de energia total e reduzir as capacidades anaeróbias, o que pode reduzir as concentrações de lactato para esforços máximos<sup>18</sup>. (2) Outra questão que pode estar relacionada às diferenças encontradas é a não identificação do total de energia provinda do metabolismo anaeróbio alático neste estudo. E (3), finalmente, os valores de lactato líquido em repouso que podem ter sido superestimados pelo equipamento utilizado, levando a menores valores de lactato líquido.

As correlações significativas e negativas encontradas entre o desempenho e variáveis do metabolismo estão inter-relacionados: desempenho e consumo de oxigênio líquido ( $r = -0,885$ ) e desempenho e energia total ( $r = -0,815$ ). Consumo máximo de oxigênio é uma variável fisiológica relacionada à máxima capacidade de captação, transporte e utilização de oxigênio pelo corpo, o que, de certa forma, representa a capacidade aeróbia de um indivíduo. Entre atletas de alto nível, de similares características, o valor de consumo máximo de oxigênio não tem sido utilizado a fim de distinguir aqueles nadadores mais e menos aptos ao desempenho, mas sim, o custo energético parece ser a variável que melhor consegue fazer essa distinção<sup>23</sup>. O presente estudo não mensurou o consumo máximo de oxigênio, mas buscou identificar aquele consumo relacionado à necessidade de energia aeróbia para a realização dos 200 m em máxima intensidade. Assim como buscou identificar a contribuição energética para o mesmo evento, do sistema anaeróbio láctico, por meio do pico de concentração de lactato líquido encontrado após os 200 m. Por procedimentos já explicados, esses valores foram igualados nas suas unidades, possibilitando a identificação da energia total dispendida nos 200 m.

Em um estudo cujos objetivos eram semelhantes aos do presente, mas em relação à prova de 400 m nado livre, entre nadadores pré-púberes e púberes, foi encontrado coeficiente de correlação significativo e negativo entre o tempo nos 400 m e o pico de consumo de oxigênio identificado na recuperação após o esforço

máximo de 400 m<sup>13</sup>. Ou seja, para a maioria dos nadadores avaliados, quanto maior o valor de consumo de oxigênio de pico na recuperação, melhor o desempenho nos 400 m. Para este resultado há que se avaliar a duração do esforço avaliado ( $378,3 \pm 53,5$  s) e as características do grupo estudado (pré-púberes e púberes). Para esforços acima de 240 s, a participação do metabolismo aeróbio para o fornecimento de energia é acima de 71%<sup>11</sup>, assim, para o esforço de 400 m avaliado, há uma grande necessidade de capacidade aeróbia desenvolvida. Como os nadadores eram meninos no máximo púberes<sup>13</sup>, é de se esperar um grande desenvolvimento do metabolismo aeróbio, já que maturação do metabolismo anaeróbio deve ocorrer paralelamente à maturação sexual<sup>14</sup>. Assim, embora apresentem resultados de correlação inversos, o presente estudo, apresenta duas características fundamentais para este resultado: uma prova analisada cuja duração média foi menos da metade da duração da prova do estudo analisado<sup>13</sup> e uma amostra estudada já maturada (presente estudo).

Desse modo, melhor desempenho nos 200 m parece, então, estar mais relacionado àqueles indivíduos que gastam menos energia tanto de fonte aeróbia, quanto anaeróbia, possibilitando as correlações significativas e negativas citadas.

Por outro lado, é interessante notar que (1) a maior parte da energia gasta pelos nadadores foi de ordem aeróbia e (2) pelos valores encontrados de consumo de oxigênio (Tabela 2), os participantes deste estudo apresentam um nível alto de consumo de oxigênio.

Assim, além do desempenho nesta prova estar relacionado às questões de economia, parece que o desenvolvimento da capacidade aeróbia é uma peça fundamental para o rendimento nos 200 m nado livre. O melhor desempenho na prova avaliada parece estar relacionado, então à economia, principalmente relativa ao fornecimento aeróbio de energia.

#### Agradecimentos:

A CAPES pelo suporte financeiro. À equipe da coleta de dados. Aos atletas avaliados.

#### Referências

1. Avlonitou E. Maximal lactate values following competitive performance varying according to age, sex and swimming style. **J Sport Med Phys Fit** 1996;36:24-30.
2. Avlonitou E, Georgiou E, Douskas G, Louizi A. Estimation of Body Composition in Competitive Swimmers by Means of Three Different Techniques. **Int J Sport Med** 1997;18:363-368.
3. Barbosa T, Fernandes R, Keskinen KL, Colaço P, Cardoso C, Silva J, Vilas-Boas JP. Evaluation of the energy expenditure in competitive swimming strokes. **Int J Sport Med** 2006;27(11):894-899.
4. Bonen A, Wilson BA, Yarkony M, Belcastro AN. Maximal oxygen uptake during free, tethered, and flume swimming. **J Appl Physiol** 1980;48(2):232-235.
5. Capelli C, Pendergast D, Termin B. Energetics of swimming at maximal speed in humans. **Eur J Appl Physiol** 1998;78:385-393.
6. Capelli C. Physiological determinants of best performance in human locomotion. **Eur J Appl Physiol** 1999;80:298-307.
7. Carré F, Dassonville J, Beillot J, Prigent JY, Rochcongar P. Use of oxygen uptake recovery curve to predict peak oxygen uptake in upper body exercise. **Eur J Appl Physiol** 1994;69:258-261.
8. Demarie S, Sardella F, Billat V, Magini W, Faina M. The VO<sub>2</sub> slow component in swimming. **Eur J Appl Physiol** 2001;84:95-99.
9. Diprampero P, Pendergast D, Wilson D, Rennie D. Blood lactic acid concentrations in high velocity swimming. In: Eriksson B, Furberg B (Eds). **Swimming Medicine IV 1978**. Baltimore: University Park Press, 249-61.
10. Fernandes RJ, Cardoso CS, Soares SM, Ascensão A, Colaço PJ, Vilas Boas JP. Time Limit and VO<sub>2</sub> Slow Component at Intensities Corresponding to VO<sub>2</sub> max in Swimmers. **Int J Sport Med** 2003;24:576-581.
11. Gastin P. Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. **Sport Med** 2001;31(10):725-741.
12. Hólmér I. Physiology of swimming man. **Exer Sport Scien Rev** 1979;7:87-123.
13. Jürimäe J, Haljaste K, Cicchella A, Lätt E, Prge P, Leppik A *et al*. Analysis of Swimming Performance from Physical, Physiological, and Biomechanical parameters in Young Swimmers. **Ped Exerc Scie** 2007;19:70-81.
14. Kaczor JJ, Ziolkowski W, Popinigris J, Trnopolsky MA. Anaerobics and aerobic enzyme activities in human skeletal muscle from children and adults. **Ped Res** 2005;57(3):331-335.
15. Konstantaki M, Swaine IL. Lactate and Cardiopulmonary Responses to Simulate Arm-Pulling and



Leg-Kicking in Collegiate and Recreational Swimmers. **Int J Sport Med** 1999;20:118-121.

16. Montpetit R, Léger L, Lavoie JM, Cazorla G. VO<sub>2</sub> Peak During Free Swimming Using the Backward Extrapolation of the O<sub>2</sub> Recovery Curve. **Eur J App Physiol** 1981;47:385-391.

17. Ogita F. Energetics in competitive swimming and its application for training. **Rev Port Cien do Desporto** 2006;6(s2):117-121.

18. Olbrecht J. **The Science of Winning 2000. Planning, periodization and optimizing swim training.** Luton: Swimshop.

19. Poujade B, Hautier C, Rouard A. Influence de la morphologie, de VO<sub>2</sub>max et du coût énergétique sur la performance en natation chez de jeunes nageurs. **Scien Sport** 2003;18:182-187.

20. Prioux J, Ayoub J, Houel N, Berger M, Ramonatxo M, Préfaut C. Effets de l'entraînement sur les potentials aérobic et anaérobic de jeunes nageurs. **Exercise realize avec les bras. Scien Sport** 2001;16:306-314.

21. Rinehardt KF, Kraemmer RR, Gormely S, Colan S. Comparison of Maximal Oxygen Uptakes from the Tethered, the 183- and 457-Meter Unimpeded Supramaximal Freestyle Swims. **Int J Sport Med** 1991;12:6-9.

22. Rodríguez FA. Maximal oxygen uptake and cardiorespiratory response to maximal 400-m free swimming. Running and cycling tests in competitive swimmers. **Journal of sports Medicine and Physical Fitness** 2000;40:87-95.

23. Silva AJ, Reis VM, Marinho D, Carneiro AL, Novaes G, Aidar FJ. Economia de nado: factores determinantes e avaliação. **Rev Bras Cinean Des Hum** 2006;8(3):93-99.

24. Sleivert G, Mackinnon LT. The validation of backward extrapolation of submaximal oxygen consumption from the oxygen recovery curve. **Eur J App Physiol** 1991;63:135-139.

25. Toussaint HM, Hollander AP. Energetics of competitive swimming. Implications for training programmes. **Sport Med** 1994;18(6):384-405.

26. Wakayoshi K, D'acquisto LJ, Cappaert JM, Troup JP. Relationship Between Oxygen Uptake, Stroke Rate and Swimming Velocity in competitive Swimming. **Int J Sport Med** 1995;16:19-23.

27. Whitebread MT, Boyd JC, Magal M, Eschbach LC, Angelopoulos TJ, Zoeller RF. Post-Exercise Blood Lactate Decline After Training in Competitive Cyclists and Triathletes. **Res Quart Exer Sport** 2005;76(2):238-242.

28. Zamparo P, Bonifazi M, Faina M, Milan A, Sardella F, Schena F *et al.* Energy cost of swimming of elite long-distance swimmers. **Eur J App Physiol** 2005;94:697-704.

29. Zamparo P, Pendergast DR, Mollendorf J, Termin A, Minetti AE. An energy balance of front crawl. **European Journal of Applied Physiology** 2005;94:134-144.