**Artigo original**Fernando de Campos Mello<sup>1</sup>  
Emerson Franchini<sup>1</sup>

## VELOCIDADE CRÍTICA, CONCENTRAÇÃO DE LACTATO SANGÜÍNEO E DESEMPENHO NO REMO

CRITICAL VELOCITY, LACTATE CONCENTRATION AND ROWING PERFORMANCE ACRE, BRAZIL

### RESUMO

Existe, na literatura, a busca por testes simples e baratos para determinar a intensidade equivalente à máxima fase estável do lactato sangüíneo (MFELS). A velocidade crítica (VC) tem sido um dos métodos indiretos utilizados para determinar a MFELS. No entanto, os poucos estudos que utilizaram a VC no remo, não verificaram sua validade para estimar a MFELS. Assim, esse estudo teve como objetivos verificar a validade da VC para determinar a velocidade da MFELS e analisar seu valor preditivo para o desempenho no remo. Para isso, onze atletas de remo do sexo masculino foram submetidos a três estímulos até a exaustão para a identificação da VC. Uma prova de 2000 m no ergômetro de remo foi usada como critério de desempenho. Posteriormente, os sujeitos realizaram um teste contínuo na VC, sendo mensurada a concentração de lactato sangüíneo (LA) no decorrer do teste. Durante o teste contínuo na VC, a LA aumentou linearmente do repouso ( $2 \pm 0,2 \text{ mmol.L}^{-1}$ ) ao décimo minuto ( $10,9 \pm 3,7 \text{ mmol.L}^{-1}$ ), com valores ligeiramente superiores ( $11,6 \pm 2,3 \text{ mmol.L}^{-1}$ ) no momento da exaustão ( $10,4 \pm 3 \text{ min}$ ), demonstrando que a VC não corresponde à MFELS. A correlação encontrada entre a VC e a velocidade média na simulação da prova dos 2000 metros ( $r = 0,87$ ;  $p < 0,001$ ) demonstra a possibilidade de sua utilização para prever o desempenho. Contudo, é importante ressaltar que estão sendo correlacionados dois valores de desempenho, sendo que um deles foi determinado com base em distâncias similares daquela da prova.

**Palavras-chave:** remo, aptidão aeróbia, velocidade crítica.

### ABSTRACT

There is, in the literature, a search for simple and non-expensive tests to determine the intensity equivalent to maximal lactate steady state (MLSS). The critical velocity (CV) has been an indirect method used to determine MLSS. However, the few studies that applied CV in rowing did not verify its validity to estimate MLSS. Therefore, this study had the purposes of testing the validity of CV in determining MLSS velocity as well as of analyzing its predictive value in rowing performance. Therefore, eleven male rowers were submitted to three trials to exhaustion for CV determination. A 2000-m test in a rowing ergometer was used as performance criteria. Later, the subjects performed a continuous test at the CV, with blood lactate concentration (LA) being measured during the test. During the continuous test, the LA linearly increased from rest ( $2 \pm 0,2 \text{ mmol.L}^{-1}$ ) to the 10<sup>th</sup> minute ( $10.9 \pm 3.7 \text{ mmol.L}^{-1}$ ) with slightly higher values ( $11.6 \pm 2.3 \text{ mmol.L}^{-1}$ ) at the mean time to exhaustion ( $10.4 \pm 3 \text{ min}$ ), showing that CV does not correspond to MLSS. The correlation coefficient between CV and mean velocity at the 2000-m test ( $r = 0.87$ ;  $p < 0.001$ ) presented the possibility for performance prediction. However, it is important to emphasize that two performance values are being correlated and one of them was determined from distances similar to the 2000-m test.

**Key words:** rowing, aerobic fitness, critical velocity.

## INTRODUÇÃO

No remo, as provas olímpicas e mundiais são disputadas na distância padrão de 2000m, os quais são percorridos em aproximadamente sete minutos pelos barcos com apenas um atleta<sup>1,2,3</sup>. Essa atividade envolve grandes grupos musculares, especialmente o quadríceps femoral e o grande dorsal<sup>3,4</sup> e é classificada como predominantemente aeróbia<sup>2</sup>. Estima-se que a contribuição do sistema oxidativo seja responsável por cerca de 70-80% da transferência de energia total<sup>2,3</sup>, embora estimativa utilizando o modelo da velocidade crítica aponte para contribuições acima de 90%<sup>5</sup>.

Devido a essas características, as determinações do  $VO_2$ max e do limiar anaeróbio têm sido utilizadas para monitorar e prescrever o treinamento, bem como para prever o desempenho de remadores<sup>3,4,6,7,8</sup>. O  $VO_2$ max e o limiar anaeróbio, apresentam elevadas correlações ( $r > 0,85$ ) com o desempenho na prova, mas o limiar anaeróbio tem sido considerado mais sensível para monitorar a evolução do treinamento<sup>2,3,4</sup>.

No remo, o método da concentração fixa de 4 mmol.L<sup>-1</sup> para a determinação do limiar anaeróbio tem sido o mais empregado<sup>4</sup>, embora exista indicativo de que esse procedimento resulta em superestimação da máxima fase estável do lactato sanguíneo (MFELS)<sup>9</sup>. A MFELS é considerada como método padrão para identificar a maior intensidade de exercício que pode ser mantida sem acúmulo adicional da concentração de lactato<sup>10</sup>. Esse também tem sido o conceito associado à intensidade correspondente ao limiar anaeróbio<sup>10</sup>.

Contudo, as medidas da concentração de lactato para determinação do limiar anaeróbio requerem equipamentos, recursos financeiros e humanos que, em geral, não estão disponíveis para as equipes de remo dos clubes brasileiros. Adicionalmente, existe na literatura a busca por testes mais simples e baratos, mas que sejam eficazes para determinar a intensidade correspondente à MFELS<sup>10</sup>.

Dentre os métodos indiretos para a determinação da MFELS destaca-se o uso da potência ou da velocidade crítica, a qual tem sido aplicada em atividades como o ciclismo<sup>7</sup>, a natação<sup>11</sup> e a corrida<sup>12</sup>. Esse método requer,

basicamente, um cronômetro para sua aplicação e, nesse sentido, poderia ser utilizado por equipes técnicas com poucos recursos materiais. Uma desvantagem desse método é a necessidade de vários estímulos máximos realizados, preferencialmente, em dias diferentes<sup>13</sup>.

No entanto, esse método tem sido pouco estudado no remo<sup>5,14,15</sup>. Kennedy e Bell<sup>14</sup> verificaram elevada correlação ( $r = 0,97$ ) entre a velocidade crítica (VC) e a velocidade média (VM) em uma simulação da prova de 2000m em ergômetro de remo. Posteriormente, Mello e Franchini<sup>15</sup> objetivaram verificar, além da associação entre VC e VM nos 2000m, a relação entre o desempenho no ergômetro e na água. As correlações encontradas foram baixas e não significantes, indicando a dificuldade de predição da VC ou da VM na água a partir da VC no ergômetro de remo. Os autores<sup>15</sup> atribuíram esse resultado à falta de controle dos fatores climáticos durante a realização do teste na água e às diferenças nos gestos técnicos entre as situações, pois o grupo de remadores era heterogêneo quanto ao desempenho técnico.

Outro aspecto que merece destaque na identificação da velocidade crítica é o uso do modelo empregado. Comumente, têm sido adotados os modelos lineares (relação distância-tempo e relação velocidade-1/tempo)<sup>5,14,15</sup>, embora um dos estudos<sup>15</sup> com ergômetro de remo tenha demonstrado que o uso do modelo velocidade-1/tempo não resultou em correlação significativa da VC com a VM nessa situação. Adicionalmente, Hill, Alain e Kennedy<sup>5</sup> demonstraram que apenas o modelo distância-tempo resultou em excelente predição do desempenho nos 2000m.

É importante ressaltar que vários estudos demonstram que o uso do ergômetro de remo é eficiente para discriminar adequadamente desempenho em água<sup>2,3,4,8</sup>. Além dessa utilização, já existem competições realizadas em ergômetros<sup>1,2</sup>.

Contudo, nos estudos encontrados sobre VC no remo<sup>5,14,15</sup>, não houve a preocupação em verificar a validade da VC para determinar a MFELS. Portanto, foi objetivo desse estudo analisar se a VC crítica corresponde à velocidade da MFELS no remo.

## PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Foram avaliados onze remadores do

Sport Club Corinthians Paulista com idade de  $21 \pm 2$  anos,  $77 \pm 10$  kg de massa corporal (média  $\pm$  desvio padrão), voluntários, que concordaram em participar desse estudo após leitura e assinatura de um termo de consentimento informado. O referido projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética local.

Os sujeitos foram submetidos a três estímulos para o cálculo da velocidade crítica, a uma simulação da prova de 2000 metros (utilizada como critério de desempenho) e a um teste contínuo com a intensidade da velocidade crítica. Um sujeito não realizou o teste contínuo na intensidade correspondente à velocidade crítica.

O cálculo da velocidade crítica foi feito através de um método linear, relacionando a distância com o tempo, de forma similar ao adotado em outros estudos com remo<sup>14,15</sup>.

Os testes foram realizados em um ergômetro de remo Concept II, o qual tem sido utilizado no treinamento e avaliação de atletas de remo<sup>4,8</sup>. O protocolo em ergômetro de remo consistiu na aplicação de três testes máximos, em diferentes distâncias. Nesses testes, esperava-se que a distância fosse percorrida entre um e dez minutos conforme recomendações para determinação da velocidade crítica<sup>13</sup>. As distâncias foram: 500, 1000 e 1500 metros. As distâncias escolhidas foram baseadas nas recomendações propostas por Kennedy e Bell<sup>14</sup> e por Mello e Franchini<sup>15</sup>. A realização dos testes ocorreu após cinco minutos de aquecimento livre. Os atletas também realizaram um teste máximo de 2000 metros, objetivando simular o tempo em uma prova oficial.

O teste contínuo, para verificar se a VC correspondia à MFELS, foi realizado no tempo de 30 minutos ou até a exaustão caso essa ocorresse antes do tempo previsto. A mensuração da concentração do lactato foi realizada utilizando o lactímetro Accusport, a partir da análise de uma amostra de sangue retirada do lóbulo da orelha. A coleta do sangue ocorreu em repouso, nos cinco, dez, vinte minutos e ao término do teste (nos trinta minutos ou no momento da exaustão), com breve interrupção (20-30s) da atividade.

Os testes para a determinação da VC e do desempenho foram realizados pela manhã em dias diferentes, de modo que a variação do intervalo entre um dia e outro de testes fosse uniforme. Nesses dias, os atletas foram

requisitados a comparecer com repouso mínimo de 24h. A ordem de execução desses testes foi aleatória, exceto para o teste contínuo na intensidade correspondente à VC que foi o último a acontecer. Os testes foram conduzidos em um período máximo de dez dias entre o primeiro e o último. Em todos os testes ocorreu a monitoração da frequência cardíaca. Para isto, foi utilizado o monitor de frequência cardíaca Polar modelo "Beat".

A comparação entre a VC, VM na simulação da prova de 2000 metros e nas cargas preditivas para o cálculo da VC (500, 1000 e 1500) foi feita através de uma análise de variância a um fator com medidas repetidas, seguida por teste de Tukey. As associações entre as variáveis foram feitas através do coeficiente de correlação de Pearson. Os valores apresentados são média  $\pm$  desvio padrão com nível de significância de 0,05.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As velocidades encontradas nos testes para a identificação da velocidade crítica (500, 1000 e 1500 metros), para determinação de desempenho (2000 metros) e a velocidade crítica identificada estão representadas na tabela 1.

**Tabela 1.** Velocidades médias nas respectivas distâncias e velocidade crítica.

Distância (m)	Velocidade (m/s)
500	5,18 $\pm$ 0,2 <sup>a</sup>
1000	5,16 $\pm$ 0,21 <sup>a</sup>
1500	4,89 $\pm$ 0,12 <sup>b</sup>
2000	4,84 $\pm$ 0,18
Velocidade Crítica	4,75 $\pm$ 0,10

a = diferente estatisticamente ( $p < 0,001$ ) das velocidades em 1500, 2000m e VC;

b = diferente estatisticamente ( $p < 0,001$ ) da VC.

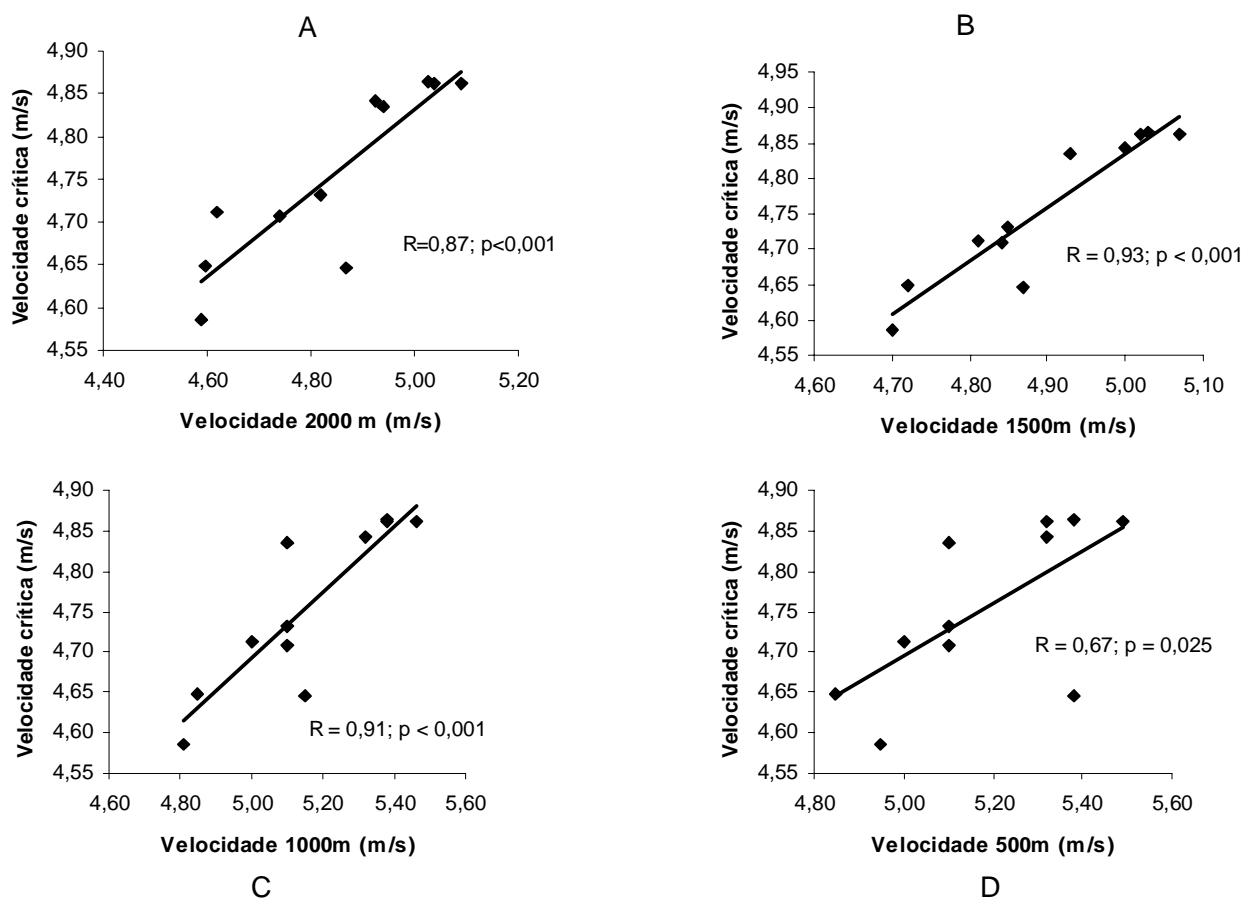
Os valores de VC no ergômetro de remo observados no presente estudo foram ligeiramente inferiores ao encontrado por Kennedy e Bell<sup>14</sup> e por Hill, Alain e Kennedy<sup>5</sup> com 16 remadores universitários canadenses ( $4,9 \pm 0,2$  m/s), mas similares ao observado no estudo de Mello e Franchini<sup>15</sup> ( $4,64 \pm 0,19$  m/s) em sete remadores de nível regional, indicando certa similaridade nessa variável em atletas de faixa etária próxima.

Ao comparar as VMs das distâncias de 500 m, 1000 m, 1500 m, 2000 m e VC, foi constatada diferença significativa entre elas ( $F_{4,40} = 81,94$ ;  $p < 0,001$ ). Não havia diferença significativa quanto à VM entre as duas primeiras ( $p = 0,984$ ) e as duas últimas ( $p = 0,397$ ). No entanto, as VMs mantidas nos 500 e 1000 m eram superiores àquelas mantidas nos 1500, 2000m e VC ( $p < 0,001$  para todas as comparações). A VM nos 1500m também era superior à VC ( $p < 0,001$ ). A VM nos 2000m tendeu a ser diferente da VC ( $p = 0,052$ ). Esses resultados demonstram estratégias e capacidades de manutenção de velocidades distintas em estímulos isolados até 1000m e acima dessa distância. Acredita-se que até os 1000m (percorrido aproximadamente em três minutos) ocorra a maior contribuição anaeróbia, o que explicaria a maior VM nessas distâncias. Outro fator que pode ter determinado essas diferenças seria a estratégia distinta adotada pelos remadores nas diferentes distâncias, se poupando um pouco nas distâncias maiores a fim de distribuir a aplicação de força durante todo

o percurso<sup>1</sup>. Diferentemente de um dos estudos com VC em ergômetro de remo, no presente houve uma tendência a diferença entre a VC e a VM nos 2000m. Alguns autores<sup>2,3,4</sup> indicam que os remadores realizam a prova com consumo de oxigênio a aproximadamente 95-100% do  $VO_{2máx}$ . Se considerado que o limiar anaeróbio (determinado pela concentração fixa de  $4 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ ) nesses atletas pode ocorrer em até 90% do  $VO_{2máx}$ <sup>2,3,4</sup>, e que a VC seria um meio indireto de determinar essa variável, deveria existir diferença entre a VC e a VM nos 2000m.

As correlações entre a VC e as VMs das quatro distâncias estão apresentadas na figura 1.

Devido à correlação significativa encontrada entre a VC e a VM da simulação da prova dos 2000 m ( $r = 0,87$ ;  $p < 0,001$ ), é possível utilizar a VC como preditora da VM nos 2000m. Contudo, é importante ressaltar que estão sendo correlacionados dois valores de desempenho, sendo que um deles foi determinado com base em distâncias muito próximas daquela da prova (1500m, por



**Figura 1.** Correlações entre a velocidade crítica e a velocidade nos 2000 (painel A), 1500 (painel B), 1000 (painel C) e 500 metros (painel D).

exemplo). Portanto, segundo Hill, Alain e Kennedy<sup>5</sup> (p.2104) “a VC é determinada pelos mesmos fatores que determinam a velocidade nos 2000m e é uma medida de desempenho em vez de uma medida fisiológica”. Esse raciocínio permite explicar o motivo pelo qual Kennedy e Bell<sup>14</sup> encontraram elevada correlação entre a VC e VM nos 2000m ( $r = 0,97$ ;  $p < 0,05$ ), a qual era superior à relação entre o  $VO_2$  máx e a VM ( $r = 0,93$ ;  $p < 0,05$ ) e Mello e Franchini<sup>15</sup> encontraram correlação de 0,93 entre a VC e a VM nos 2000m em ergômetro de remo. Portanto, o presente estudo apresentou associação ligeiramente inferior ao apresentado previamente em estudos com métodos similares.

A Tabela 2 apresenta as concentrações de lactato sangüíneo e a frequência cardíaca durante o teste na intensidade correspondente à velocidade crítica.

**Tabela 2.** Concentração de lactato sangüíneo ( $\text{mmol.L}^{-1}$ ) e frequência cardíaca (bpm), no início, a cada cinco minutos e na exaustão durante o teste na intensidade correspondente à velocidade crítica.

Momento	Lactato ( $\text{mmol.L}^{-1}$ )	Frequência cardíaca (bpm)
Início	$2 \pm 0,2$	$84 \pm 12$
5 min	$6,9 \pm 3,5$	$179 \pm 6$
10 min	$10,9 \pm 3,7$	$183 \pm 6$
Exaustão	$11,6 \pm 2,3$	$182 \pm 7$

Nenhum dos atletas conseguiu completar os 30 minutos previstos para o teste contínuo na VC. O tempo de exaustão foi de  $10,4 \pm 3$  minutos. O presente estudo mostra que a VC não corresponde à MFELS no remo, uma vez que nessa intensidade a concentração de lactato aumentou linearmente do repouso ao décimo minuto de exercício, com valores ligeiramente superiores no momento da exaustão. Esse resultado vai contra o próprio conceito da VC que pressupõe a existência de uma velocidade máxima de exercício que pode ser mantida indefinidamente<sup>13,16</sup>.

Alguns estudos, com outros modos de exercício, também demonstraram resultados similares. Martin e Whyte<sup>16</sup> verificaram em triatletas que a VC na natação ( $1,23 \pm 0,11$  m/s) foi significativamente superior à velocidade do limiar de lactato ( $1,15 \pm 0,10$  m/s), o qual seria similar ou inferior à velocidade da máxima fase

estável do lactato. Dekerle et al.<sup>7</sup>, em testes em cicloergômetro, encontraram valores para a potência crítica de  $278 \pm 22$  W enquanto a potência equivalente à MFELS foi de  $239 \pm 21$  W ( $p < 0,05$ ). Brickley, Doust e Williams<sup>6</sup> também demonstraram que a potência crítica não corresponde à MFELS. Eles determinaram a potência crítica em bicicleta ergométrica e posteriormente testaram os sujeitos na intensidade da potência crítica até a exaustão. A cada cinco minutos mensuraram a concentração de lactato, a qual não se estabilizou. Contudo, o tempo médio de exaustão foi de  $29 \pm 8$  minutos, cerca de três vezes maior do que o obtido com os remadores do presente estudo. Denadai, Greco e Donega<sup>17</sup> também encontraram a velocidade crítica maior que o limiar anaeróbio (utilizando a concentração fixa de  $4 \text{ mmol.L}^{-1}$ ), mas a justificativa encontrada para esse resultado foi o fato dos sujeitos pesquisados serem nadadores com idade entre 10 e 15 anos, e nessa faixa etária, especialmente, o uso da concentração fixa de  $4 \text{ mmol.L}^{-1}$ , ser considerada inadequada.

Porém, alguns estudos dão suporte para a validade do conceito da VC. Smith e Jones<sup>12</sup> determinaram a VC, o ponto de inflexão da curva de lactato e a MFELS em corredores. Os resultados revelaram não haver diferença significativa entre as três variáveis. Já Kokubun<sup>11</sup> concluiu, em estudo com nadadores, que a VC prediz o limiar anaeróbio (utilizando a concentração fixa de  $4 \text{ mmol.L}^{-1}$ ) e que ambos correspondem à intensidade da MFELS.

Ao avaliar remadores, Beneke<sup>9</sup> concluiu que o limiar anaeróbio (utilizando a concentração fixa de  $4 \text{ mmol.L}^{-1}$ ) e o limiar anaeróbio individual não apresentavam diferença significativa, porém ambos superestimavam a máxima fase estável do lactato, como ocorreu no presente estudo com a VC.

Em alguns estudos com cicloergômetro tem sido sugerido que a cadência das pedaladas pode influenciar o resultado da potência crítica<sup>6</sup>. Contudo, os autores demonstraram que a cadência ótima parece ser a escolhida pelos próprios indivíduos. Nenhum estudo analisou tal influência no remo e no presente estudo a cadência das remadas foi escolhida pelos próprios atletas, indicando que esse fator não deve ter sido decisivo para que a

VC não correspondesse à MFELS.

Nos últimos anos muito tem se pesquisado para verificar se realmente a VC corresponde à MFELS, mas resultados contraditórios têm sido encontrados. A justificativa para tantas diferenças nos resultados ainda é muito vaga, uma vez que nenhum estudo demonstrou fisiologicamente os fatores determinantes da VC. Sem esse embasamento teórico, o seu uso fica restrito aos modos de exercício em que, comprovadamente, a VC corresponda à MFELS.

## CONCLUSÕES

Os resultados do presente estudo demonstraram que a intensidade correspondente à VC não resulta em estabilização da concentração de lactato sanguíneo e, portanto, não corresponde à MFELS. A VC, conforme determinada no presente estudo, superestima a MFELS. Porém, a VC está altamente associada à velocidade de desempenho no remo, podendo ser utilizada como preditor do desempenho de remadores. No entanto, é preciso ressaltar que a VC é uma variável calculada a partir do próprio desempenho do atleta.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Garland SW. An analysis of the pacing strategy adopted by elite competitors in 2000 m rowing. *Br J Sports Med* 2005;39:39-42.
2. Hagerman FC. Physiology and nutrition for rowing. In: Lamb DR, Knuttgen HG Murray, R. editor. *Physiology and Nutrition for Competitive Sport*. Carmel:Cooper Publishing Group, 1994. p. 221-302.
3. Secher NH. Physiological and biomechanical aspects of rowing – implications for training. *Sports Med* 1993;15:24-42.
4. Steinacker JM. Physiological aspects of training in rowing. *Int J Sports Med* 1993;14:S3-S10.
5. Hill DW, Alain C, Kennedy MD. Modeling the relationship between velocity and time to fatigue in rowing. *Med Sci Sports Exer* 2003;35:2098-2105.
6. Brickley G, Doust J, Williams CA. Physiological responses during exercise to exhaustion at critical power. *Eur J Appl Physiol* 2002;88:146-151.
7. Dekerle J, Baron B, Dupon L, Vanvelcenaher J, Pelayo, P. Maximal lactate steady state, respiratory compensation threshold and critical power. *Eur J Appl Physiol* 2003;89:281-288.
8. Mäestu J, Jürimäe J, Jürimäe T. Prediction of rowing performance from selected physiological variables – differences between lightweight and open class rowers. *Medicina dello Sport* 2000;53:247-254.
9. Beneke R. Anaerobic threshold, individual anaerobic threshold, and maximal lactate steady state in rowing. *Med Sci Sports Exer* 1995;27:863-867.
10. Svedahl K, MacIntosh BR. Anaerobic threshold: the concept and methods of measurement. *Can J Appl Physiol* 2003;28:299-323.
11. Kokubun E. Velocidade crítica como estimador do limiar anaeróbio na natação. *Rev Paul Educ Fís* 1996;10:5-20.
12. Smith CGM, Jones AM. The relationship between critical velocity, maximal lactate steady-state velocity and lactate turnpoint velocity in runners. *Eur J Appl Physiol* 2001;85:19-26.
13. Walsh ML. Whole body fatigue and critical power – a physiological interpretation. *Sports Med* 2000;29:153-166.
14. Kennedy MD, Bell GJ. A comparison of critical velocity estimates to actual velocities in predicting simulated rowing performance. *Can J Appl Physiol* 2000;25:223-235.
15. Mello FC, Franchini E. Velocidade crítica e velocidade média nos 2000m: diferenças entre o desempenho no remoergômetro e na água. *Rev Bras Ci Mov* 2003;11:73-78.
16. Martin L, Whyte GP. Comparison of critical swimming velocity and velocity at lactate threshold in elite triathletes. *Int J Sports Med* 2000;21:366-368.
17. Denadai BS, Greco CC, Donega MR. Comparação entre a velocidade de limiar anaeróbio e a velocidade crítica em nadadores com idade de 10 a 15 anos. *Rev Paul Educ Fís* 1997;11: 28-33.

### Endereço para correspondência

Emerson Franchini  
Faculdade de Educação Física da Universidade  
Presbiteriana Mackenzie  
Grupo de Pesquisas em Fisiologia do Exercício  
Endereço: Av. Mackenzie, 905 – Barueri (SP) – Brasil  
CEP: 06460-130  
emersonfranchini@mackenzie.com.br

Recebido em 11/02/05

Revisado em 31/03/05

Aprovado em 05/04/05