

**Artigo original**

Leandro Albuquerque da Silva<sup>11</sup>  
Fábio Yuzo Nakamura<sup>1,2,3</sup>  
Fernando Roberto de-Oliveira<sup>4</sup>  
Adriano Eduardo Lima-Silva<sup>4</sup>

**COMPARAÇÃO ENTRE VELOCIDADE CRÍTICA E LIMIAR ANAERÓBIO EM CORRIDA AQUÁTICA****COMPARISON BETWEEN CRITICAL VELOCITY AND ANAEROBIC THRESHOLD IN DEEP WATER RUNNING****RESUMO**

A comparação entre velocidade crítica e limiar anaeróbio não tem sido realizada em atividades como corrida aquática. Assim, o objetivo desse estudo foi comparar essas duas variáveis, ambas identificadas nesse tipo de exercício. Dez sujeitos de ambos os sexos ( $23,1 \pm 2,2$  anos,  $174,0 \pm 10,0$  cm,  $66,5 \pm 18,7$  kg), sem experiência prévia na modalidade, foram submetidos a: 1) de duas a quatro sessões de familiarização; 2) um teste de intensidade progressiva, com velocidade inicial de  $0,15 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  e incrementos de  $0,05 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  a cada três minutos; 3) três testes de velocidade constante, realizados em dias diferentes, com velocidades entre  $0,25$  a  $0,40 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . A comparação entre o limiar anaeróbio (velocidade referente a  $3,5\text{mM}$ ) e a velocidade crítica (obtida por três equações diferentes) foi feita pela análise de variância (ANOVA) e técnica de Bland-Altman. Não foram encontradas diferenças significantes entre as variáveis estudadas ( $p = 0,28$ ), mas a faixa de erro dos limites de concordância estabelecidos pela plotagem de Bland-Altman foi demasiadamente alta (entre  $-0,054$  e  $+0,080 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ). Esses resultados sugerem cautela na utilização da velocidade crítica como indicador do limiar anaeróbio.

**Palavras-chave:** velocidade crítica, limiar anaeróbio, corrida aquática.

**ABSTRACT**

The comparison between critical velocity and anaerobic threshold has not been investigated in deep water running. Therefore, the aim of this study was to compare these two variables in this activity. Ten subjects of both sexes ( $23.1 \pm 2.2$  years,  $174.0 \pm 10.0$  cm,  $66.5 \pm 18.7$  kg) and without previous practice in the activity were submitted to: 1) two to four familiarization sessions; 2) a progressive test, starting with velocity of  $0.15 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  and increments of  $0.05 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  every three minutes; 3) three tests of constant velocities in different days, with velocities ranging from  $0.25$  to  $0.40 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . The comparison between anaerobic threshold (velocity at  $3.5 \text{ mM}$ ) and critical velocity (identified by three different equations) was performed by analysis of variance and the Bland-Altman method. No significant differences were identified among the variables ( $p = 0.28$ ), however, the limits of agreement provided by the Bland-Altman plots were very large (between  $-0.054$  e  $+0.080 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ). These results suggest caution when using the critical velocity to estimate the anaerobic threshold.

**Key words:** critical velocity, anaerobic threshold, deep water running.

<sup>11</sup> Grupo de Estudo e Pesquisa em Metabolismo, Nutrição e Exercício. Centro de Educação Física e Desportos. UEL.

<sup>2</sup> Grupo de Estudo das Adaptações Fisiológicas ao Treinamento (GEAFIT). UEL.

<sup>3</sup> Instituto de Biociências. Departamento de Educação Física. Universidade Estadual Paulista.

<sup>4</sup> Laboratório de Avaliação Multi-Disciplinar (LABAM) IELUSC - Joinville.

## INTRODUÇÃO

O significado fisiológico da potência crítica (PCrit) foi proposto originalmente por Monod e Scherrer<sup>1</sup> como sendo a máxima intensidade de trabalho muscular que poderia ser mantida indefinidamente, sem ocorrência de fadiga. Acima dessa intensidade limítrofe, haveria fadiga ocasionada pelo esgotamento da capacidade de trabalho anaeróbio (CTAnaer). Essas duas variáveis (PCrit e CTAnaer) são estimadas através da mensuração de trabalho, potência e tempo de esforço em testes com cargas constantes. Moritani et al.<sup>2</sup> forneceram sustentação experimental para o modelo de Monod e Scherrer<sup>1</sup>, ao demonstrar que a PCrit em cicloergômetro reduzia à medida que a fração inspirada de O<sub>2</sub> era artificialmente diminuída em relação ao estado de normóxia, mas sem modificação significativa da CTAnaer.

Posteriormente, estudos conduzidos por Poole et al.<sup>3</sup> e Poole et al.<sup>4</sup> estabeleceram com mais acuidade o significado fisiológico da PCrit. Eles submeteram indivíduos jovens a duas cargas de trabalho em cicloergômetro, uma correspondente à PCrit e outra 5% acima, por um período de 24 minutos cada. Foi demonstrado que, na PCrit, tanto o VO<sub>2</sub> quanto o lactato sangüíneo estabilizaram em 79,4 ± 3,1% do VO<sub>2</sub>max e em 5,6 ± 0,9 mM, respectivamente. No entanto, na carga ligeiramente superior, o VO<sub>2</sub> aumentava progressivamente com o tempo, atingindo o VO<sub>2</sub>max, obtido em teste progressivo. A concentração de lactato final chegou a 11,3 ± 1,4 mM, sem apresentar sinais de estabilização e com tempo de tolerância ao esforço inferior aos 24 minutos pré-estabelecidos. Após um período de treinamento de sete semanas, com sessões intervaladas de característica aeróbia, a PCrit foi aumentada em 15%. Mesmo assim, o perfil metabólico do exercício retangular na PCrit, e em 5% acima, permaneceu semelhante ao encontrado no pré-treinamento. Esses estudos deram suporte para a noção de que a PCrit representa a transição entre os domínios intenso e severo de esforço<sup>5</sup>.

Após os estudos de Poole et al.<sup>3,4</sup>, outros investigaram a relação entre a PCrit e indicadores do máximo estado estável de lactato (MEEL), inclusive em outras modalidades de exercício. Em atividades como corrida e natação, o trabalho é substituído pela distância e a potência pela velocidade. Assume-se, nessa conversão, uma relação linear entre os respectivos pares de variáveis. Dessa forma, pode ser estimada a velocidade crítica (VCrit). Segundo Wakayoshi et al.<sup>6</sup> e Kokubun<sup>7</sup>, a VCrit na natação parece coincidir com o limiar anaeróbio (LAn), definido como a velocidade de nado correspondente a uma concentração de lactato de 4 mM no sangue em teste incremental. Em ambos os trabalhos, houve

equivalência entre a VCrit e o LAn, com correlações de 0,86 para Wakayoshi et al.<sup>6</sup> e 0,89 para Kokubun<sup>7</sup>.

Em contraste com as evidências anteriores, foi demonstrado em outros estudos que a PCrit superestima o início de acúmulo do lactato no sangue<sup>8</sup> - OBLA, e também o limiar anaeróbio individual - IAT<sup>9</sup>, ambos indicadores do MEEL. Segundo Smith e Jones<sup>10</sup>, o nível de concordância entre as medidas de LAn, VCrit e MEEL pela plotagem Bland-Altman (técnica que estabelece os limites de concordância entre duas variáveis, vide discussão) é baixo, apesar da análise de variância não evidenciar diferenças significantes entre as estimativas. Estudo recente<sup>11</sup> mostrou que, em exercício no cicloergômetro, pessoas treinadas não demonstram diferença entre as estimativas de PCrit e do ponto de compensação respiratória, chamado também de limiar ventilatório 2. No entanto, ambos superestimaram o máximo estado estável de lactato.

A corrida aquática é um dos meios mais utilizados em programas de reabilitação e como proposta de exercício para manutenção da saúde, devido ao menor grau de impacto imposto sobre as articulações e distinta exigência metabólica. Sendo assim, torna-se interessante realizar análises sobre a relação entre uma variável indicadora do MEEL e a VCrit, ambas obtidas nessa modalidade. Apesar de nem sempre a intensidade associada ao LAn corresponder ao MEEL<sup>12,13</sup>, ela se correlaciona positivamente com o volume de treinamento ( $r = 0,94$ ) e performance em maratona ( $r = 0,86$ ), bem como com área percentual de fibras lentas ( $r = 0,65 - 0,75$ ) e densidade capilar ( $r = 0,59$ ) do músculo vasto lateral<sup>14,15</sup>. Representa, portanto, um índice submáximo de aptidão aeróbia.

O objetivo deste estudo foi comparar estimativas de VCrit, fornecidas por três equações previstas pelo modelo de potência crítica, com a estimativa do LAn, ambos obtidos em corrida aquática, assim como, testar a concordância entre as estimativas através da técnica proposta por Bland e Altman<sup>16</sup>.

## PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

### Sujeitos

Participaram do estudo 10 indivíduos jovens de ambos os sexos (sete homens e três mulheres), com 23,1 ± 2,2 anos de idade, 174,0 ± 10,0 cm de estatura e 66,5 ± 18,7 kg de massa corporal. Todos assinaram termo de consentimento livre e esclarecido para participarem do estudo. Nenhum deles possuía experiência prévia com corrida aquática.

### Familiarização

A piscina utilizada, neste estudo, de 15 m de extensão e 2,5 m de profundidade, com temperatura

da água mantida próxima aos 28°C, foi considerada propícia para a corrida aquática porque os indivíduos não tocavam os pés no fundo enquanto mantinham suas cabeças fora da água.

Os voluntários passaram por duas a quatro sessões de familiarização à corrida aquática. Essas sessões serviram para que eles aprendessem a técnica correta de corrida, com o objetivo de apresentar resultados confiáveis durante os testes para determinação da VCrit e do LAn. As instruções técnicas eram dadas por dois dos investigadores. Um deles permanecia fora da piscina, enquanto o outro monitorava os movimentos no ambiente subaquático. Portando um colete flutuador, a tendência do corpo relaxado do participante era se posicionar verticalmente em relação ao fundo da piscina, com a cabeça acima da superfície da água. Na corrida, o tronco devia ser levemente flexionado para frente. Os movimentos dos braços e das pernas deveriam simular a corrida terrestre para que o corpo começasse a se deslocar. A amplitude das incursões das articulações do quadril, joelhos e tornozelos deveria ser grande, e os dedos das mãos deveriam estar unidos no plano sagital, para que não fossem dadas braçadas, como na natação. Os cotovelos deveriam passar rente ao tronco. Cada sessão de familiarização durava cerca de 20 minutos. A intensidade foi escolhida pelo próprio participante, sendo que os investigadores orientavam os indivíduos, antes do início da sessão, para que escolhessem uma velocidade confortável, sem causar fadiga. Ao final da sessão, após breve descanso, era solicitado que cada indivíduo percorresse 60 m à máxima velocidade de deslocamento aquático possível. Quando a técnica de corrida aquática se mostrava satisfatória e o desempenho em dois testes de 60 m consecutivos não diferia em mais de 5%, os participantes eram considerados aptos a iniciar os testes de determinação do LAn e da VCrit.

#### Teste incremental para determinação do LAn

Após as sessões de familiarização, os sujeitos realizaram um teste com estágios de três minutos de duração, com velocidade inicial de 0,15 m.s<sup>-1</sup> e incremento de 0,05 m.s<sup>-1</sup> em cada estágio, prosseguindo até a exaustão voluntária. Para o controle da velocidade, o percurso linear da piscina foi dividido em três partes de 5 metros cada, que foram demarcados por cones. O sujeito deveria se encontrar ao lado do cone simultaneamente ao sinal sonoro. Os sinais sonoros eram emitidos por um aparelho de som portátil, o qual transmitia o ritmo gravado em um disco compacto (CD), que discriminava, através de diferentes tons, os sinais de sincronização da posição do participante com os cones e os sinais de mudança de estágios.

Um dos investigadores se manteve posicionado

à borda da piscina com o intuito de corrigir possíveis erros na técnica da execução de corrida, sobretudo sob fadiga, assim como auxiliar os avaliados a manterem a velocidade necessária nos diferentes estágios, mediante comandos verbais. Ao percorrer toda a extensão da piscina, o avaliado deveria virar-se rapidamente e realizar o mesmo percurso no sentido oposto. Antes do início do teste e ao final de cada estágio, os investigadores tiveram um minuto para a coleta de sangue. Foram coletados 25 µl de sangue do lóbulo da orelha, previamente limpa com algodão e álcool, e perfurada com lanceta descartável. O sangue foi armazenado em tubos *ependorf* com 50 µl de solução de fluoreto de sódio a 1%.

As amostras de sangue foram analisadas pelo método eletroquímico para a determinação do lactato sanguíneo, por meio do aparelho 1500 Stat Plus (Yellow Springs Instruments). A velocidade de corrida aquática associada ao LAn foi determinada através da interpolação linear da curva lactato x velocidade, nas adjacências da concentração de 3,5 mM de lactato sanguíneo (Figura 1), de acordo com as preconizações de Heck et al.<sup>17</sup>.

#### Determinação da VCrit

Os três testes de determinação da VCrit foram feitos em dias diferentes. Antes de cada teste, o participante realizava breve aquecimento em ritmo escolhido livremente. As intensidades dos testes (0,25 a 0,40 m.s<sup>-1</sup>) foram determinadas individualmente, de forma que a exaustão ocorresse aproximadamente dentro da faixa de um a dez minutos<sup>18</sup>. Para controle da velocidade, novamente foram colocados cones ao lado da borda da piscina, a cada 5 metros. Sinais sonoros, por apito, indicavam o momento em que o indivíduo deveria estar alinhado ao cone. Ao chegar em uma das extremidades da piscina, o participante se virava para repetir o mesmo percurso no sentido contrário, sem interrupção. Era considerada exaustão a desistência voluntária ou a incapacidade de manter o ritmo requerido por mais de dois cones. Caso fossem cometidos dois erros de ritmo seguidos, incentivava-se o participante para que os corrigisse no cone seguinte. Se obtivesse sucesso, o teste prosseguia até que um dos critérios de exaustão ocorresse. Caso o participante não fosse capaz de corrigir o ritmo solicitado, a distância delimitada pelos dois últimos cones (10 metros) era descontada da distância total percorrida. Essa variável, juntamente com o tempo total de teste e velocidade média, eram ajustados às equações previstas pelo modelo para estimar a VCrit. Essas equações estão discriminadas abaixo.

$$\text{tempo} = \text{CCAnaer} / (\text{velocidade} - \text{VCrit})$$

(equação 1)

$$\text{distância} = \text{CCAnaer} + (\text{VCrit} \cdot \text{tempo})$$

(equação 2)

$$\text{velocidade} = \text{VCrit} + [\text{CCAnaer} \cdot (1/\text{tempo})]$$

(equação 3)

Onde CCAaner representa a capacidade de corrida anaeróbia.

Nesta etapa do estudo, em contraste com o teste incremental, as velocidades foram individualizadas. Por isso, optou-se por controle da velocidade pelo acompanhamento de planilhas individuais, sendo realizado por apito em detrimento da gravação de CD.

### Tratamento estatístico

A V<sub>Crit</sub> foi estimada através das equações 1, 2 e 3, pelos procedimentos de regressão linear e não-linear. A comparação entre as estimativas de V<sub>Crit</sub> fornecidas pelas três equações, juntamente com o valor de L<sub>An</sub>, foi feita por meio de análise de variância (ANOVA) para medidas repetidas. O coeficiente de correlação de Pearson foi utilizado para verificar as associações entre as estimativas de V<sub>Crit</sub> e L<sub>An</sub>. Além disso, as estimativas de V<sub>Crit</sub> e L<sub>An</sub> também foram comparadas através da plotagem de Bland-Altman. Essa técnica permite a visualização da diferença média entre as estimativas de V<sub>Crit</sub> das três equações e o L<sub>An</sub>, e dos limites de concordância entre elas ( $\pm 2$  desvios-padrão da diferença). O nível de significância pré-estabelecido em todas as análises foi de  $p < 0,05$ .

## RESULTADOS

Na tabela 1, encontram-se os valores médios e desvio padrão das estimativas de V<sub>Crit</sub>, resultantes da utilização das três equações previstas pelo modelo, bem como do limiar anaeróbio. Não foram detectadas quaisquer diferenças significantes pela análise de variância ( $p = 0,28$ ) entre as quatro estimativas.

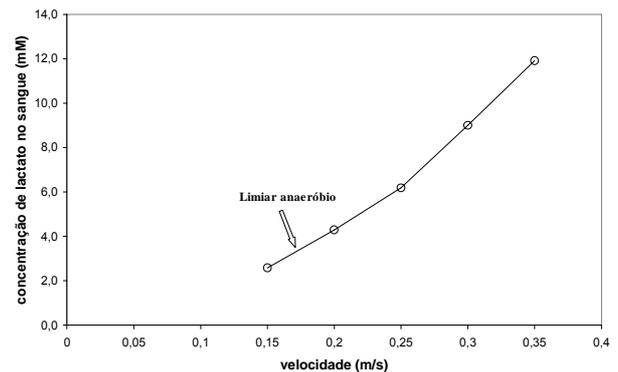
**Tabela 1.** Valores médios (m/s) e desvio padrão da V<sub>Crit</sub> estimada a partir das equações lineares (distância-tempo e velocidade-1/tempo) e não linear (velocidade-tempo) e do L<sub>An</sub>.

	Equação 1	Equação 2	Equação 3	LAn
Média	0,230	0,233	0,241	0,243
dp	0,021	0,022	0,026	0,051

A figura 1 ilustra a evolução da concentração sanguínea de lactato, no teste incremental de corrida

aquática, de um sujeito representativo. O L<sub>An</sub> correspondeu à velocidade de deslocamento na qual a concentração de lactato atingiu o valor de 3,5 mM.

Na tabela 2, encontram-se as correlações entre as estimativas de V<sub>Crit</sub> fornecidas pela aplicação das três equações matemáticas, bem como as correlações entre essas estimativas e o limiar anaeróbio. Todas as correlações foram altas e apresentaram significância estatística de  $p < 0,05$ .



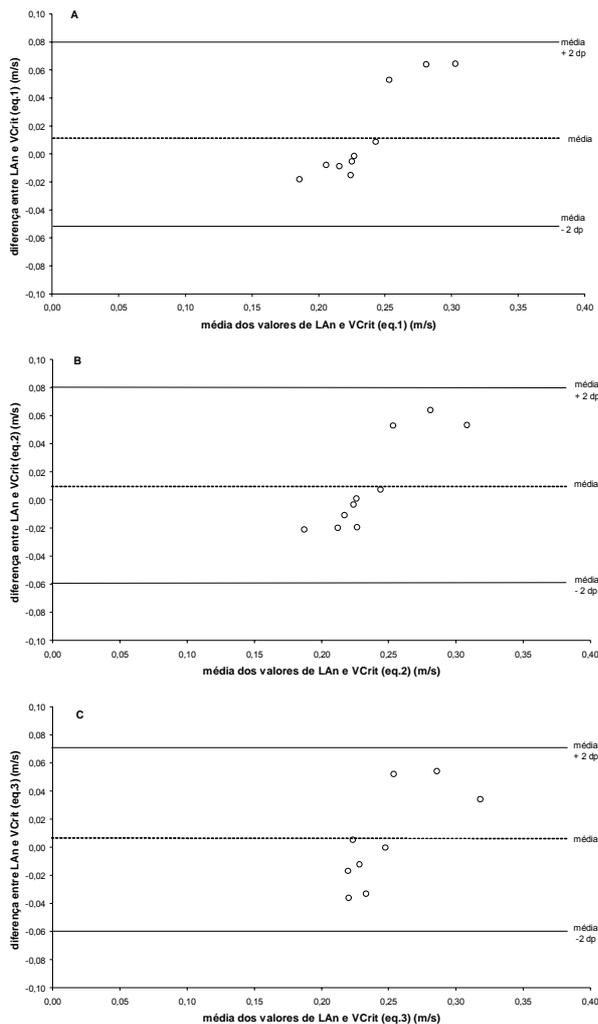
**Figura 1.** Comportamento do lactato sanguíneo, no protocolo incremental de corrida aquática com determinação do limiar anaeróbio (L<sub>An</sub>), de um sujeito representativo.

**Tabela 2.** Matriz de correlação entre as estimativas de V<sub>Crit</sub> (m/s), resultantes da aplicação das três equações do modelo de velocidade crítica e o L<sub>An</sub> (m/s).

	Equação 1	Equação 2	Equação 3	LAn
<b>Equação 1</b>	1,00			
<b>Equação 2</b>	0,97	1,00		
<b>Equação 3</b>	0,91	0,97	1,00	
<b>LAn</b>	0,90	0,87	0,79	1,00

Nota: todas as correlações foram significantes ( $p < 0,05$ ).

Nas figuras 2A, 2B e 2C, estão ilustradas as plotagens dos valores médios entre as diferentes estimativas de V<sub>Crit</sub> e o L<sub>An</sub> (abscissa), e as diferenças individuais entre ambas as estimativas (ordenada), de acordo com Bland e Altman<sup>16</sup>. As diferenças médias  $\pm$  limites de concordância foram de  $0,013 \pm 0,067$  m.s<sup>-1</sup> entre a V<sub>Crit</sub> da equação 1 e o L<sub>An</sub>, de  $0,010 \pm 0,067$  m.s<sup>-1</sup> entre a V<sub>Crit</sub> da equação 2 e o L<sub>An</sub>, e de  $0,005 \pm 0,065$  m.s<sup>-1</sup> entre a V<sub>Crit</sub> da equação 3 e o L<sub>An</sub>.



**Figura 2.** Plotagem de Bland-Altman para estabelecimento de limites de concordância entre as estimativas de Vcrit, resultantes da aplicação das equações 1 (A), 2 (B) e 3 (C) e o LAn. Na figura 2C dois pontos estão sobrepostos.

## DISCUSSÃO

Os estudos destinados à determinação da Vcrit não têm contemplado a corrida aquática como modelo de exercício, que é uma modalidade de exercício interessante, já que não oferece nenhum tipo de impacto ao sistema locomotor, mas preserva parte das características de movimento da corrida terrestre. A maioria dos trabalhos sobre a modalidade, diferentemente do presente estudo, utiliza a corrida aquática estacionária, na qual o indivíduo permanece preso à borda da piscina por um cabo que é atado ao colete flutuador e a intensidade do esforço é controlada pela frequência de passadas, ou através de indicadores fisiológicos como a frequência cardíaca. Para revisão desses estudos, recomenda-se Wilder e Brennan<sup>19</sup> e Reilly et al.<sup>20</sup>.

Apesar da frequência cardíaca e do consumo de oxigênio máximos serem reduzidos na corrida aquática em comparação com a corrida terrestre, a

maior parte dos estudos não reporta diferenças na resposta de lactacidemia no esforço máximo entre as duas condições<sup>20</sup>. Esse fato aponta para a possibilidade de utilização da medida de lactato na corrida aquática, já que a glicólise anaeróbia não parece ser influenciada pela imersão na água, em contraste com o que ocorre nas respostas cardiorrespiratórias. Dessa forma, abre-se a possibilidade de determinação de limiares pela curva de lactato nessa forma de exercício.

Utilizando corrida aquática estacionária, Denadai et al.<sup>21</sup> determinaram as respostas de frequência cardíaca e de esforço percebido no LAn (2 mM) e anaeróbio (4 mM). Para nosso conhecimento, o presente estudo foi o primeiro a determinar o limiar anaeróbio de 3,5 mM na corrida aquática com deslocamento. Previamente, Nakamura et al.<sup>22</sup>, com o mesmo protocolo de testes para determinação da Vcrit, demonstraram que esse indicador estava associado a uma intensidade denominada limiar de esforço percebido que, em tese, não provocaria aumento do esforço percebido ao longo do tempo. Este estudo teve como propósito estender a compreensão do significado fisiológico da Vcrit em corrida aquática.

O limiar de 3,5 mM foi preconizado por Heck et al.<sup>17</sup> para estimar indiretamente o MEEL em protocolos com estágios de três minutos, como na presente investigação. Esse limiar de concentração fixa de lactato sanguíneo foi utilizado por outros autores como indicador do MEEL e considerado como método padrão em modelos preditivos de limiares de transição metabólica<sup>23</sup>. A aplicabilidade desse método também foi verificada em situação de campo<sup>24</sup>, e utilizado como referência de intensidade para a prescrição de treinamento de corredores de meio-fundo e fundo<sup>25</sup>.

A comparação entre a Vcrit, ou PCrit, e diferentes indicadores do MEEL, nas diferentes modalidades, têm mostrado resultados conflitantes. Parte dos investigadores<sup>3,4,6,7</sup> tem evidenciado coincidência entre as duas variáveis. No entanto, outros têm mostrado discordância entre as estimativas<sup>8,9,11</sup>. Bland e Altman<sup>16</sup> propuseram uma técnica estatística aparentemente mais sensível para testar a concordância entre as medidas. Apenas em um estudo<sup>10</sup>, foi utilizada essa técnica estatística para testar a concordância entre Vcrit e LAn. No entanto, outros estudiosos<sup>26,27</sup> da área de investigação dos aspectos biodinâmicos do exercício físico têm empregado a técnica que, ao que parece, apresenta maior rigor na comparação e detecção de diferenças numéricas entre duas ou mais medidas, do que as análises paramétricas convencionalmente empregadas.

No presente estudo, as médias dos valores de Vcrit, estimados através das três equações previstas pelo modelo, não diferiram de forma significativa ( $p = 0,28$ ) entre si e em relação ao LAn, pela análise de variância. Além disso, as correlações entre as

estimativas foram significantes. Tradicionalmente, essas evidências estatísticas têm sido aceitas na área como indicação forte de que V<sub>Crit</sub> e LAn são parâmetros com significados fisiológicos semelhantes, e bons preditores do MEEL<sup>6,7</sup>. Dessa forma, os resultados apresentados neste estudo parecem corroborar os achados descritos acima, sugerindo a utilização da V<sub>Crit</sub> e LAn, para finalidades como avaliação aeróbia e prescrição de treinamento. Isso contraria achados reunidos por McLellan e Cheung<sup>9</sup>, Clingleffer et al.<sup>8</sup> e Dekerle et al.<sup>11</sup> os quais encontraram diferenças entre as intensidades associadas a esses índices.

Uma das limitações da metodologia deste trabalho foi a ausência de medida “padrão ouro” de capacidade aeróbia pela lactacidemia, representada pelo MEEL. No entanto, em trabalhos anteriores de nosso grupo<sup>28</sup>, demonstrou-se que a V<sub>Crit</sub> na canoagem aproximava-se do MEEL, inferido em cinco esforços de 1000 m realizados em condições sub- e supra-V<sub>Crit</sub>, e na própria V<sub>Crit</sub>. Apesar de Heck et al.<sup>17</sup> terem apresentado evidências a favor da equivalência entre o LAn e o MEEL, Stegmann e Kinderman<sup>12</sup> no cicloergômetro e Bourgois e Vrijens<sup>13</sup> em remoergômetro mostraram que na intensidade de LAn detectado por concentração fixa de lactato sangüíneo de 4 mM, não havia estado estável do metabólito em grande parte dos sujeitos investigados. Mesmo que o LAn não expresse de forma acurada o MEEL, ainda assim evidências na literatura mostram que o índice se correlaciona positivamente com o volume de treinamento e performance em provas de longa duração, bem como com área percentual de fibras lentas e densidade capilar dos músculos ativos<sup>14,15</sup>.

Ao se utilizar a técnica de plotagem de Bland-Altman, que leva em consideração, na análise, a diferença média entre as estimativas de V<sub>Crit</sub> e LAn, bem como a distribuição das diferenças individuais dentro do intervalo de confiança (95%), chega-se a uma conclusão oposta à obtida a partir de análises estatísticas mais convencionais. Os limites de concordância entre a V<sub>Crit</sub> da equação 1 e LAn estabelecem faixas de erro da primeira na predição do LAn de +0,080 m.s<sup>-1</sup> a -0,054 m.s<sup>-1</sup>. Para a V<sub>Crit</sub> da equação 2 e 3, essas faixas de erro são de +0,077 m.s<sup>-1</sup> a -0,057 m.s<sup>-1</sup>, e de 0,070 m.s<sup>-1</sup> a -0,060 m.s<sup>-1</sup>. Levando-se em consideração a magnitude dos valores médios de V<sub>Crit</sub> e de LAn, na faixa de 0,240 m.s<sup>-1</sup>, a faixa de erro parece ser demasiadamente elevada para que a V<sub>Crit</sub> seja aceita como boa preditora do LAn (figura 2). Esses achados corroboram os de Smith e Jones<sup>10</sup> que, ao compararem o LAn, estimado pelos critérios de Aunola e Rusko<sup>29</sup>, com a V<sub>Crit</sub> e MEEL, constataram ausência de diferença significativa entre eles pela análise de variância. Quando utilizada a plotagem de Bland-Altman, evidenciou-se baixa concordância entre as variáveis. O diferencial em relação aos resultados, do presente, estudo é que Smith e Jones<sup>10</sup> não encontraram correlações

significantes entre V<sub>Crit</sub> e LAn.

No estudo de Strath et al.<sup>26</sup>, foram comparadas as estimativas de dispêndio energético em diferentes atividades, obtidas através da frequência cardíaca e calorimetria indireta, este último utilizado como método padrão. Foi mostrado, através da plotagem de Bland-Altman, que a diferença média entre as duas estimativas foi de apenas 0,04 METs, mas que o intervalo de confiança de 95% dos erros de predição estabeleceu-se entre -1,48 e +1,56 METs, para uma faixa de intensidades de esforço que se encontravam entre 1 e 8 METs. Ou seja, a medida de interesse em si variou 7 METs, mas a faixa de erros foi de 3,04 METs. Mesmo assim, os autores concluíram que a frequência cardíaca pode ser utilizada como ferramenta de mensuração do nível de dispêndio de energia em atividades habituais. A partir dessas observações fica clara a limitação em se empregar apenas a análise de variância convencional para testar possíveis diferenças entre variáveis fisiológicas que, teoricamente, representam o mesmo fenômeno. No entanto, faixas de erro por meio dos limites de concordância aceitáveis devem ser geradas na literatura.

Segundo os dados apresentados por Franchini et al.<sup>27</sup>, a comparação entre os aparelhos de determinação da concentração de lactato no sangue, *Yellow Springs 1500 Sport* e *Accusport*, através da aplicação da técnica de Bland-Altman, mostrou que o primeiro apresenta valores sistematicamente maiores para concentrações abaixo de 5 mM, e a tendência se inverte acima dessa concentração. Interessantemente, os dados apresentados em nosso estudo também mostram que abaixo de 0,250 m.s<sup>-1</sup>, as estimativas de V<sub>Crit</sub> tendem a ser, de forma sistemática, maiores que o LAn. A tendência oposta pôde ser observada acima dessa velocidade. No entanto, o número relativamente reduzido de participantes neste estudo exige que essas conclusões sejam vistas com cautela.

Um ponto crítico na metodologia adotada por nós foi a não verificação dos indicadores de reprodutibilidade dos parâmetros investigados, particularmente da V<sub>Crit</sub>, a qual depende da tolerância ao esforço máximo em diferentes intensidades de esforço. Portanto, ela pode apresentar grande variabilidade entre baterias de testes sucessivos. De fato, Taylor e Batterham<sup>30</sup> reportaram baixa reprodutibilidade, tanto da P<sub>Crit</sub> quanto da CT<sub>Anaer</sub>, em testes realizados em cicloergômetro de membros superiores. Entretanto, em trabalho anterior de nosso grupo<sup>31</sup>, em corridas bidirecionais de 20 metros, tanto V<sub>Crit</sub> (r = 0,90 a 0,95) quanto CT<sub>Anaer</sub> (r = 0,70 a 0,88) apresentaram valores aceitáveis de correlação intra-classe. Esses índices não são conhecidos na corrida aquática, mas não há razões para acreditar que eles sejam baixos, já que, assim como no estudo de Nakamura et al.<sup>31</sup>, houve familiarização ao tipo de esforço e padrão de movimentos aquáticos.

## CONCLUSÕES

Os resultados encontrados no presente estudo sugerem que, utilizando a análise de variância como método de comparação entre V<sub>Crit</sub> e L<sub>An</sub>, não se evidenciam diferenças significativas entre esses dois métodos. Além disso, as associações entre as estimativas permitem a proposição de forte relação entre os indicadores aeróbios. Entretanto, aplicando a técnica de Bland-Altman, que leva em consideração a diferença média entre as estimativas e a sua distribuição dentro do intervalo de confiança (95%), resultados antagônicos foram obtidos, o que coloca em dúvida a possibilidade desses dois fenômenos acontecerem em intensidades individuais semelhantes, ao menos em corrida aquática. Níveis aceitáveis dos limites de concordância devem ser discutidos futuramente, sobretudo quando aplicados a parâmetros fisiológicos. Além disso, comparações com métodos “padrão ouro” devem ser estimuladas para que o significado fisiológico da V<sub>Crit</sub> possa ser elucidado nesse tipo de exercício.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Monod H, Scherrer J. The work capacity of a synergic muscular group. *Ergonomics* 1965; 8:329-338.
2. Moritani T, Nagata A, Devries HA, Muro M. Critical power as a measure of physical work capacity and anaerobic threshold. *Ergonomics* 1981; 24:339-350.
3. Poole DC, Ward SA, Gardner GW, Whipp BJ. Metabolic and respiratory profile of the upper limit for prolonged exercise in man. *Ergonomics* 1988; 31:1265-1279.
4. Poole DC, Ward SA, Whipp BJ. The effects of training on the metabolic and respiratory profile of high-intensity cycle ergometer exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1990; 59:421-429.
5. Gaesser GA, Poole DC. The slow component of oxygen uptake kinetics in humans. *Exerc Sport Sci Rev* 1996; 24:35-71.
6. Wakayoshi K, Yoshida T, Udo M, Kasai T, Moritani T, Mutoh Y, et al. A simple method for determining critical speed as swimming fatigue threshold in competitive swimming. *Int J Sports Med* 1992; 13:367-371.
7. Kokubun E. Velocidade crítica com estimador do limiar anaeróbio na natação. *Rev Paul Educ Fís* 1996; 10:5-20.
8. Clingeleffer A, Mcnaughton LR, Daroven B. The use of critical power as a determinant for establishing the onset of blood lactate accumulation. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1994; 68:182-187.
9. McLellan TM, Cheung KSY. A comparative evaluation of the individual anaerobic threshold and the critical power. *Med Sci Sports Exerc* 1992; 24:421-429.
10. Smith, C.G.; Jones, A.M. The relationship between critical velocity, maximal lactate steady-state velocity and lactate turnpoint velocity in runners. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 2001; 85:19-26.
11. Dekerle J, Baron B, Dupont L, Vanvelcenaher J, Pelayo P. Maximal lactate steady state, respiratory compensation threshold and critical power. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 2003; 89:281-288.
12. Stegmann H, Kinderman W. Comparison of prolonged exercise tests at the individual anaerobic threshold and the fixed anaerobic threshold of 4 mmol.l<sup>-1</sup> lactate. *Int J Sports Med* 1982; 3:105-110.
13. Bourgois J, Vrijens J. Metabolic and cardiorespiratory responses in young oarsmen during prolonged exercise tests on a rowing ergometer at power outputs corresponding to two concepts of anaerobic threshold. *Eur J Appl Physiol* 1998; 77:164-169.
14. Sjödin B, Jacobs I. Onset of blood lactate accumulation and marathon running performance. *Int J Sports Med* 1981; 2:23-26.
15. Tesch PA, Sharp DS, Daniels WL. Influence of fiber type composition and capillary density on onset of blood lactate accumulation. *Int J Sports Med* 1981; 2:252-255.
16. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1986; 8:307-310.
17. Heck H, Mader A, Hesse G, Mucke S, Muller R, Hollmann W. Justification of the 4- mmol.l<sup>-1</sup> lactate threshold. *Int J Sports Med* 1985; 6:117-130.
18. Poole DC. Letter to the editor-in-chief. *Med Sci Sports Exerc* 1986; 26:1335-40.
19. Wilder RP, Brennan DK. Physiological responses to deep water running in athletes. *Sports Med* 1993; 16:374-380.
20. Reilly T, Dowzer CN, Cable NT. The physiology of deep-water running. *J Sports Sci* 2003;21:959-972.
21. Denadai BS, Rosas RM, Denadai MLDR. Limiar aeróbio e anaeróbio na corrida aquática: Comparação com os valores obtidos na corrida em pista. *Rev Bras Ativ Fís Saúde* 1997; 2:23-28.
22. Nakamura FY, Gancedo MR, Silva LA, Lima JRP, Kokubun E. Utilização do esforço percebido na determinação da velocidade crítica em corrida aquática. *Rev Bras Med Esporte* 2005; 11:1-5.
23. Oliveira FR, Matsushigue KA, Gagliardi JFL, Vázquez FJ, Kiss MAPDM. Estimativa da velocidade de concentração de lactato de 3,5 mM x l<sup>-1</sup> a partir de variáveis submáximas em esteira rolante. *Rev Paul Educ Fís* 1994; 8:28-35.
24. Kiss MAPD, Fleishmann E, Cordani LK, Kalinovski F, Costa R, Oliveira FR, et al. Validade da velocidade de limiar de lactato de 3,5 mM x l<sup>-1</sup> identificada através de teste em pista de atletismo. *Rev Paul Educ Fís* 1995; 9:16-25.
25. Oliveira FR, Gagliardi JFL, Kiss MAPDM. Proposta de referências para a prescrição de treinamento aeróbio e anaeróbio para corredores de média e longa duração. *Rev Paul Educ Fís* 1994; 8:68-76.
26. Strath SJ, Swartz AM, Basset Jr DR, O'brien WL, King GA, Ainsworth BE. Evaluation of heart rate as a method for assessing moderate intensity physical activity. *Med Sci Sports Exerc* 2000; 32:S465-S470.
27. Franchini E, Matsushigue KA, Colantonio E, Kiss MAPDM. Comparação dos analisadores de lactato Accusport e Yellow Springs. *Rev Bras Ci Mov* 2004; 12:39-43.
28. Fontes EB, Nakamura FY, Gobbo LA, Altamari LR, Melo JC, Carvalho FO et al. Does critical velocity represent maximal steady state lactate in canoe/kayak flatwater? *The FIEP Bulletin* 2005; 75:427-30.

- 
29. Aunola S, Rusko H. Does anaerobic threshold correlate with maximal lactate steady-state? *J Sports Sci* 1992; 10:309-323.
30. Taylor SA, Batterham AM. The reproducibility of estimates of critical power and anaerobic work capacity in upper-body exercise. *Eur J Appl Physiol* 2002; 87:43-49.
31. Nakamura FY, Moysés EP, Nakamura PM. Reprodutibilidade dos parâmetros do modelo de potência crítica em testes “vai-e-vem” de 20 metros. *Motriz* 2003; 9:S54.
- 

**Endereço para correspondência**

Fábio Yuzo Nakamura  
Centro de Educação Física e Desportos - Universidade  
Estadual de Londrina - Rod. Celso Garcia Cid, km 380,  
Campus Universitário  
CEP 86051-990 - Londrina, PR - Brasil  
e-mail: fabioy\_nakamura@yahoo.com.br

Recebido em 13/7/05

Revisado em 09/09/09

Aprovado em 19/05/06