

Artigo de Revisão

Velocidade crítica em natação: fundamentos e aplicação

Marcos Franken
Rodrigo Zacca
Flávio Antônio de Souza Castro

*Laboratório de Pesquisa do Exercício da Universidade Federal do Rio Grande do Sul,
Porto Alegre, RS, Brasil*

Resumo: O objetivo deste artigo foi efetuar uma revisão da origem do conceito e da aplicação da velocidade crítica (VC) na natação. Em relação ao significado fisiológico, aumentos substanciais de alguns marcadores fisiológicos (concentração de lactato, consumo de oxigênio e frequência cardíaca) foram observados durante esforços em intensidade retangular à VC, sugerindo que esta se situe acima do limiar anaeróbico e também da máxima fase estável de lactato. É sugerido que a VC seja influenciada por alguns fatores como: (1) utilização de diferentes combinações de distâncias para a sua determinação; (2) diferentes faixas etárias e (3) nível de experiência do nadador. Pode-se concluir que a VC é um adequado parâmetro para o controle dos efeitos do treinamento, e pode ser obtida de maneira simples em relação a outras formas de controle. No entanto, sua utilização como ferramenta para a predição do desempenho em natação ainda necessita ser melhor investigada.

Palavras-chave: Velocidade crítica. Natação. Desempenho.

Critical speed in swimming: theoretical basis and application

Abstract: The aim of this paper was to review the origin of the critical speed (CS) concept and how it may be applied to swimming. Regarding the physiological significance, substantial increases in some physiological markers (blood lactate, oxygen consumption and heart rate) were observed in rectangular intensity efforts during the CS, suggesting that this is above the anaerobic threshold and the maximal steady state lactate. Factors influencing CS are thought to include (1) using different combinations of distances used in the test to determine CS, (2) age of the individual, and (3) the swimmer's level of experience. It can be concluded that the CS represents an adequate tool for controlling training intensity and has the benefit of being comparatively simple to measure in relation to others forms of control. However, use of CS as a tool for predicting performance in swimming still needs further investigation.

Key Words: Critical speed. Swimming. Performance.

Introdução

Avaliação e controle das condições fisiológicas e biomecânicas de um atleta são fundamentais para implantação e acompanhamento de um processo de treinamento adequado às necessidades e objetivos traçados. Na natação, a elaboração de programas de treinamento com ferramentas para quantificar e monitorar a intensidade de nado, são fundamentais para o controle da intensidade das sessões. Assim, é possível conhecer o estado atual e o desenvolvimento do atleta, avaliar os efeitos do treinamento, identificar o perfil das principais capacidades do nadador e prognosticar o desempenho esportivo (VILAS-BOAS; LAMARES, 1997a).

Testes com características invasivas, utilizados para a avaliação e prescrição das intensidades de nado, são, em sua maioria, semelhantes e baseados na relação entre o consumo de oxigênio (VO_2), concentração de lactato sanguíneo ([LA]) e a velocidade média de

nado (VN) (LIMA et al., 2006; HECK et al., 1985). No entanto, apesar da precisão obtida com esses tipos de protocolos, os conflitos éticos, o alto custo e o tempo despendido em cada coleta, reduzem a praticidade na aplicação dos testes. Neste sentido, testes máximos que avaliam a VN nas durações de 30 minutos (T_{30}) e de 60 minutos (T_{60}) (OLBRECHT et al., 1985), nas distâncias de 2000 m (T_{2000}) (TOURETSKY, 1994) e de 3000 m (T_{3000}) (MADSEN, 1982), o esforço percebido (EP) (LIMA et al., 2006) e a velocidade crítica (VC) (WAKAYOSHI et al., 1992a) emergem como protocolos alternativos na natação.

No entanto, alguns destes testes (T_{30} , T_{60} , T_{2000} , T_{3000}) podem proporcionar informações subjetivas para prescrição da intensidade de nado, principalmente quando aplicados a nadadores jovens e/ou com pouco tempo de experiência, pois necessitam uma boa base de treinamento para nadar séries extensas com ajustes mínimos de intensidade entre cada repetição, ou então, manter uma VN por um longo

período, necessitando de perfil fisiológico e psicológico compatível com a demanda do teste (ZACCA; CASTRO, 2008).

Desta forma, a VC torna-se uma alternativa atrativa, pois há a possibilidade de se obtê-la por meio de testes em máxima intensidade durante sessões de treinamento ou competição (VILAS-BOAS; LAMARES, 1997a), utilizando distâncias muito inferiores às percorridas em testes de longa duração (DEKERLE et al., 2002; GRECO et al., 2003). A VC pode ser definida como a mais alta intensidade que pode ser sustentada por um longo período sem alcançar o VO_{2max} , ou seja, se situa como um marcador de transição entre as zonas de intensidade pesada e severa de exercício (POOLE et al., 1988; DEKERLE et al., 2010; ESPADA; ALVES, 2010). Há diversos estudos (WAKAYOSHI et al., 1992a; DEKERLE et al., 2002; TOUBEKIS; TSAMI; TOKMAKIDIS, 2006) realizados com a intenção de entender o significado fisiológico da VC em natação, no entanto, há controvérsias em qual zona de domínio de intensidade a VC se situa. Desta forma, é objetivo deste artigo efetuar uma revisão da origem do conceito e da aplicação prática da VC na natação, ressaltando alguns dos principais estudos realizados nesta área até então. Ao buscar esta análise, acredita-se que a VC possa ser aplicada com mais frequência e melhor compreensão pelos técnicos.

Origem do conceito

Potência crítica (PC) de um trabalho dinâmico foi estabelecida a partir da noção da capacidade de realizar trabalho muscular (SCHERRER; SAMSON; PALEOLOQUE, 1954). Investigações que conduziram aos conceitos de PC utilizaram ergômetros a uma potência constante, na qual uma carga de trabalho era acrescentada ao trabalho dinâmico. Designou-se, então, (1) limiar de esgotamento local: o momento em que o trabalho não poderia mais ser prosseguido com a potência inicial, (2) tempo-limite (*t_{lim}*): tempo de realização do trabalho, e (3) trabalho-limite (*W_{lim}*): trabalho realizado. A mensuração da PC foi baseada na constatação de uma relação entre *W_{lim}* e *t_{lim}*, o que proporcionou um trabalho dinâmico acentuado em limiar de esgotamento, constatando-se então que *t_{lim}* e *W_{lim}* diminuíram de acordo com a potência sob a qual este foi realizado.

Assim, uma nova concepção de testes que avaliavam o trabalho muscular dinâmico e estático foi apresentada (MONOD; SCHERRER, 1960). A partir dos dados de Monod e Scherrer (1960), foi possível definir a máxima quantidade de trabalho que poderia ser realizada em um determinado tempo tão bem quanto nas

condições de trabalho realizado sem fadiga. Esta nova teoria de testes, envolvendo trabalho muscular, que até então se baseava nos estudos de Mosso (1890), conduziu a uma nova terminologia que foi originalmente derivada do trabalho dinâmico (SCHERRER; SAMSON; PALEOLOQUE, 1954) e mais tarde aplicada ao trabalho estático (MONOD, 1956). A PC de um músculo (ou grupo muscular) corresponderia à máxima taxa de trabalho que este poderia manter por um longo período sem a ocorrência de exaustão. Em 1958, Scherrer já sugeria a aplicação do conceito de PC em modalidades esportivas, tais como a natação e a corrida, devido a uma sensível linearidade da relação entre *W_{lim}* e *t_{lim}*.

Monod e Scherrer (1960) determinaram a PC por meio de testes envolvendo os músculos dos membros superiores e inferiores em diferentes intensidades. Durante cada teste, o valor da potência permanecia constante, mas esta era alta o suficiente para levar à exaustão local. Assim, um limiar de exaustão local era alcançado quando um músculo ou grupo muscular não conseguisse mais manter a taxa imposta originalmente. O trabalho dinâmico (*W*) realizado por um músculo foi determinado como igual ao produto entre a carga (*F*) e o deslocamento (*L*) ao longo do tempo (Equação 1).

$$W = F \cdot L \quad \text{(Equação 1)}$$

onde *W* = trabalho dinâmico realizado por um músculo; *F* = carga imposta e *L* = deslocamento do comprimento muscular ao longo do tempo.

A potência de trabalho (*P*) seria igual à razão entre o trabalho dinâmico realizado (*W*) e o tempo de desempenho (*t*):

$$P = \frac{W}{t} \quad \text{(Equação 2)}$$

onde *P* = potência de trabalho e *t* = tempo de desempenho.

Assim,

$$W = P \cdot t \quad \text{(Equação 3)}$$

Durante um trabalho dinâmico até a exaustão, o músculo realizou um *W_{lim}* em um *t_{lim}*. Assim, definiu-se *P* como:

$$P = \frac{W_{lim}}{t_{lim}} \quad \text{(Equação 4)}$$

onde *W_{lim}* = trabalho realizado e *t_{lim}* = tempo de realização do trabalho.

Assim,

$$W_{lim} = P \cdot t_{lim} \quad \text{(Equação 5)}$$

As linha reta definida pela relação entre $Wlim$ e $tlim$ pode ser determinada por um modelo matemático de 2 parâmetros. (Equação 6).

$$Wlim = a \cdot tlim + b \quad \text{(Equação 6)}$$

onde a = coeficiente angular e b = energia de reserva, ou seja, a Potência Crítica (PC) de um trabalho dinâmico (energia de reconstituição).

O trabalho máximo pode ser considerado resultado da utilização de uma energia de reserva (b) e de uma energia de reconstituição (a) (MONOD; SCHERRER, 1960; MONOD; SCHERRER, 1965). O coeficiente a representa então a PC do trabalho dinâmico, podendo ser representado pela linha reta paralela com a reta da Equação 6, mas cruzando o ponto da origem das coordenadas.

Quando a potência do trabalho dinâmico excedesse a PC de um músculo em questão, a exaustão ocorreria a um tempo que dependeria de P , b e a . Equalizando as Equações 5 e 6 seria obtido:

$$Wlim = a \cdot tlim + b = P \cdot tlim \quad \text{(Equação 7)}$$

onde,

$$tlim = \frac{b}{P - a} \quad \text{(Equação 8)}$$

No entanto, o valor de a não seria mensurável diretamente, sendo assim, surgiu a necessidade de submeter o músculo ou grupo muscular em questão a três ou quatro testes até a ocorrência de exaustão e em diferentes valores de potência (MONOD; SCHERRER, 1965).

Ettema (1966) utilizou dados de recordes mundiais em atletas de natação, corrida, ciclismo e patinação de velocidade para prever desempenho e explicar os limites da resistência humana por meio do modelo de dois parâmetros proposto por Monod e Scherrer (1960). Concluiu que o coeficiente " b " seria a distância (m) que

$$VO_{2max} (l \cdot \min^{-1}) = 0,00795 * [PC + b] + 0,114 \quad \text{(Equação 9)}$$

onde VO_{2max} = consumo máximo de oxigênio.

A linearidade da relação entre $Wlim$ e $tlim$ encontrada no estudo de Moritani et al. (1981), sugeriu então que o coeficiente " b " na Equação 6 representaria a energia contida nos fosfatos de alta energia originados da utilização das reservas de glicogênio intramuscular e de oxigênio provenientes do metabolismo aeróbio. A PC (a), por sua vez, foi interpretada como uma taxa de

poderia ser percorrida por meio das reservas de oxigênio, aliadas à energia suprida pelo metabolismo anaeróbio. Assim, a VC surge a partir do conceito de PC, sendo definida como a máxima taxa que pode ser sustentada da síntese dessas reservas pelo metabolismo aeróbio.

Tentando estender a relação entre $Wlim$ e $tlim$, encontrada no nível muscular local, para exercícios que abrangessem diversos grupos musculares de todo o corpo, Moritani et al. (1981) avaliaram universitários em cicloergômetro, com o objetivo de verificar (1) o efeito de diferentes níveis de fração de oxigênio inspirado (F_{iO_2}) nos valores de PC e (2) se a PC poderia fornecer informações sobre a intensidade correspondente ao limiar anaeróbio (LAN) e ao VO_{2max} . Os resultados apresentaram uma linearidade entre $Wlim$ e $tlim$ (r = entre 0,982 e 0,998, respectivamente, $p < 0,01$). O LAN, expresso em equivalente do VO_2 , apresentou uma forte correlação com a PC expressa em equivalente do VO_2 ($PCVO_2$) ($r = 0,927$, $p < 0,01$) e também com a PC expressa em Watts ($r = 0,907$, $p < 0,01$). Ao realizarem o mesmo tipo de teste para determinação da PC, dois sujeitos foram submetidos a diferentes F_{iO_2} (20,93%, 12% e 9%), em ordem aleatória, sendo que os mesmos não foram informados sobre a concentração de oxigênio que seria utilizada. Os resultados indicaram que uma diminuição da F_{iO_2} resultava em uma diminuição dos valores de PC. No entanto, os valores do coeficiente " b " mantiveram-se similares. Desta forma, a PC representaria a máxima taxa de ressíntese de energia (MORITANI et al., 1981). Além disso, a soma da PC (a) com a energia de reserva (b), ou seja, " $PC + b$ ", foi também muito bem correlacionada com a intensidade correspondente ao VO_{2max} ($r = 0,956$, $p < 0,01$). Análise de regressão revelou que a intensidade correspondente ao VO_{2max} poderia ser predita pela Equação 9 com um erro padrão estimado de $0,241 l \cdot \min^{-1}$, de acordo com a equação 9.

suprimento de energia na qual sua magnitude determinaria a P máxima que um músculo ou grupo muscular pudesse trabalhar sem a ocorrência de exaustão. Quando a P estipulada ultrapassasse a PC do sujeito, o músculo precisaria utilizar a energia de reserva, e a fadiga muscular ocorreria quando essas reservas fossem depletadas a determinado tempo que poderia ser calculado pela Equação 8. Quando a

carga estivesse muito próxima da PC (a) e “ P - a ” aproximar-se a zero, o trabalho poderia ter continuidade por tempo indeterminado.

Baseado na Equação 8, se P for isolado nesta equação, obtêm-se então:

$$P = \frac{b}{t \lim} + a \quad \text{(Equação 10)}$$

Ajustando a potência de modo que o trabalho pudesse ser realizado por tempo indeterminado ($t \lim \rightarrow \infty$), “ $b/t \lim$ ” seria igual a zero e P seria igual a a . A forte correlação encontrada entre “PC + b ” e $VO_{2\max}$ suportou a hipótese de que a máxima taxa de trabalho poderia ser determinada pela magnitude da energia de reserva (b) e a máxima taxa de ressíntese de energia (HILL, 1927; WILKIE, 1960). No entanto, os autores reconheceram a necessidade de rever o significado fisiológico da soma da PC com “ b ”, pois PC (Watts) e “ b ” (Watts/min) são expressos em diferentes unidades de medida (MORITANI et al., 1981).

Com o objetivo de testar se o conceito de PC poderia ser aplicado no campo da natação competitiva como a VC, Wakayoshi et al. (1992a) observaram nadadores bem treinados durante um protocolo de seis intensidades (entre 1,2 e 1,7 $m \cdot s^{-1}$) em “swimming flume”. Para cada teste, o produto entre a velocidade (V) e o tempo de nado ($t \lim$) até que o nadador não conseguisse mais manter a intensidade estabelecida, informaria a distância de nado ($d \lim$) percorrida. Assim, substituindo $W \lim$ por $d \lim$ na Equação 5, foi construída a Equação 11:

$$d \lim = V \cdot t \lim \quad \text{(Equação 11)}$$

Onde $d \lim$ = distância de nado (m); V = velocidade da corrente da água no swimming flume ($m \cdot s^{-1}$) e $t \lim$ = tempo de nado (s).

A equação da linha de regressão poderia ser expressa pela seguinte equação:

$$d \lim = a \cdot t \lim + b \quad \text{(Equação 12)}$$

onde, substituindo $d \lim$ por “ $V \cdot t \lim$ ” da equação 11, têm-se:

$$V \cdot t \lim = a \cdot t \lim + b \quad \text{(Equação 13)}$$

$$V = \frac{b}{t \lim} + a \quad \text{(Equação 14)}$$

Assim, teoricamente, se a V fosse convencionalizada a uma intensidade que um nadador fosse capaz de percorrer por tempo indeterminado ($t \lim \rightarrow \infty$), “ $b/t \lim$ ” seria igual a zero e “ V ” seria igual a “ a ”. Dessa forma, a VC poderia ser expressa pela inclinação da linha de regressão (a).

Os resultados encontrados por Wakayoshi et al. (1992a) apresentaram uma homogeneidade em relação ao desempenho em natação, com variação de 3,8% para uma VN nos 400 m (V_{400}) de $1,541 \pm 0,071 m \cdot s^{-1}$. O coeficiente angular (a), que determinaria a VC, variou de 1,062 à 1,262 $m \cdot s^{-1}$. A média do $t \lim$ foi de $26 \pm 4,0 s$ para a maior velocidade e de $497,2 \pm 141,9 s$ para a menor velocidade. Esta variação foi similar aos dados de PC mensurados por Moritani et al. (1981). Wakayoshi et al. (1992a) encontraram correlações positivas entre o VO_2 correspondente ao LAN (VO_{2LAN}) e a VC ($r = 0,818$, $p < 0,01$), entre a VN no início do acúmulo da concentração de lactato (V_{obla}) e a VC ($r = 0,949$, $p < 0,01$), entre a V_{400} e a VC ($r = 0,865$, $p < 0,01$). Contudo, não foram encontradas correlações entre o $VO_{2\max}$ e a V_{400} ($r = 0,437$, $p > 0,05$) e entre o $VO_{2\max}$ e a VC ($r = 0,318$, $p > 0,05$). Por outro lado, a relação entre V_{400} e VO_{2LAN} ($r = 0,750$, $p < 0,05$) e entre V_{400} e V_{obla} ($r = 0,763$, $p < 0,05$) foram significantes. A utilização de seis velocidades de nado para a determinação da VC apresentou uma excelente correlação entre $d \lim$ e $t \lim$ ($r^2 > 0,998$) em todos os sujeitos, sugerindo a linearidade da Equação 12. A VC surgia assim como uma opção atrativa para treinadores de natação, sendo também verificada em piscina (WAKAYOSHI et al., 1992a).

Significado fisiológico da velocidade crítica (a)

Acreditava-se que a VC seria sustentável por um longo tempo sem a ocorrência de exaustão (WAKAYOSHI et al., 1992a). No entanto, aumentos contínuos na [LA], no VO_2 e na frequência cardíaca têm sido observados durante testes realizados em intensidades retangulares e os tempos de exaustão registrados variaram de 18 a 60 minutos (BRICKLEY; DOUST; WILLIAMS, 2002; McLELLAN; CHEUNG, 1992; DEKERLE et al., 2010; DEKERLE et al., 2003). Dekerle et al. (2003) verificaram que a PC representava aproximadamente 85% do $VO_{2\max}$. Já a intensidade correspondente a máxima fase estável de lactato (MFEL) situou-se em aproximadamente 74% do $VO_{2\max}$. Estes resultados sugeriram que a PC (ou VC) não representaria a MFEL. O entendimento inicial de que a PC seria sustentável por um longo período de tempo sem a ocorrência de exaustão, parece ter sido um equívoco de interpretação das definições matemáticas, e não fisiológicas. Acredita-se que “indefinido” (e não “infinito”) representa o termo correto para descrever a duração tolerável do exercício igual ou inferior à PC (DEKERLE; VANHALO; BURNLEY, 2008).

[Dekerle](#) et al. (2010) submeteram nove nadadores (21,2 ± 2,6 anos) à três esforços até a exaustão (em intensidade de VC, 5% abaixo e 5% acima da intensidade da VC) e verificou que a velocidade correspondente à intensidade de VC calculada por um modelo de dois parâmetros (Equação 12) não pode ser mantida por períodos muito longos e é difícil de ser tolerada de acordo com os valores de EP relatados pelos nadadores (7,6 ± 1,3 de uma escala de 1 à 10). Os resultados mostraram que nadados em intensidade de VC podem ser sustentados somente por aproximadamente 14,3 à 39,4 min ([DEKERLE](#) et al., 2010).

[Poole](#) et al. (1988) verificaram que na intensidade correspondente a PC (ou VC), o VO_{2max} estabiliza-se em torno de 75% do VO_{2max} , mas quando entre 8 e 11% acima, os valores de VO_2 finais mostram-se semelhantes ao VO_{2max} .

Exercício pode ser realizado em diferentes domínios de intensidades, sendo que a zona de domínios de intensidades moderadas inclui taxas de trabalho correspondentes ao limiar de lactato (LL). A zona de domínios de intensidades pesadas inclui taxas de trabalho acima do LL, mas igual ou inferior à PC (ou VC). A zona de domínios de intensidades severas inclui taxas de trabalhos acima da PC (ou VC), sendo que as respostas fisiológicas dentro destas três áreas são muito específicas, porém muito controversas e, conseqüentemente, promovem distintas adaptações em resposta a treinamento ([GRECO; CAPUTO; DENADAI](#), 2008).

Durante um exercício em zona de intensidades severas, há um aumento gradual do VO_2 e da [LA] até a ocorrência da exaustão. Portanto, sugere-se que a exaustão ocorra com a paralela utilização das reservas de energia do sistema anaeróbio

quando em exercício dentro do domínio severo ([GAESSER; POOLE](#), 1996). Recentemente, as respostas metabólicas ao exercício em intensidades acima e abaixo da PC foram descritas com o recurso da ressonância magnética. [Jones](#) et al. (2008) demonstraram que o trabalho em taxas abaixo da PC resultaram em estabilização da fosforilação de creatina muscular, pH e fosfato inorgânico, enquanto que acima da PC, a fosforilação da creatina muscular diminuiu até a ocorrência de exaustão.

Baseado nesses resultados, a VC parece ser definida como a mais alta intensidade que pode ser sustentada por um longo período sem alcançar o VO_{2max} , ou seja, um marcador de transição entre as zonas de intensidade pesada e severa de exercício ([POOLE](#) et al., 1988; [DEKERLE](#) et al., 2010; [ESPADA; ALVES](#), 2010).

Significado fisiológico do coeficiente “b”

O coeficiente “b” do conceito de PC (ou VC) é fisiologicamente definido como um estoque finito de energia de reserva disponível pré-exercício ([MONOD; SCHERRER](#), 1960). A capacidade anaeróbia é teoricamente interpretada como a máxima quantidade de adenosina trifosfato re-sintetizada via metabolismo anaeróbio (por todo o organismo), durante um determinado modo de exercício máximo de curta duração ([GREEN](#) et al., 1994).

A investigação da natureza do coeficiente “b” é complexa ([GREEN](#) et al., 1994). No entanto, as evidências de sua natureza anaeróbia observadas em ciclistas, levam a acreditar que o coeficiente “b” parece ser uma ferramenta de controle em nadadores, devido principalmente a sua praticidade de aplicação em nadadores recreacionais e competitivos.

Tabela 1. Estudos que apresentam conceitos em relação aos valores do coeficiente “ β ”

Estudos	Resultados com os valores do coeficiente “ β ”
Moritani et al. (1981)	Inalterados em resposta à isquemia, hipóxia e hiperóxia
Miura et al. (1999)	Diminuição com relação à depleção de glicogênio
Jenkins e Quigley (1993)	Aumento em resposta ao treinamento de alta intensidade em indivíduos não treinados
Miura et al. (2000)	Aumento em resposta à suplementação de creatina
Medbo et al. (1988)	Ótima correlação com “Maximal Déficit de oxigênio acumulado” (MDOA)
Green et al. (1994)	Ótima correlação com trabalhos realizados durante exercícios predominantemente anaeróbios
Hill et al. (1995)	
Jenkins et al. (1991)	
Vandewalle et al. (1989)	

MDOA: déficit máximo de oxigênio acumulado.

A Tabela 1 apresenta diversos estudos que, interessados em desvendar o significado fisiológico do coeficiente “b”, sugerem a sua natureza anaeróbia.

Por outro lado, há poucas evidências que sustentem o caráter anaeróbio do coeficiente “b” da equação da VC (Equação 6) em nadadores. [Heubert](#) et al. (2005) verificaram uma diminuição

de 30 a 40% no valor do coeficiente "b" e coeficiente "a" inalterado como resultado de um esforço com a duração de sete segundos em máxima intensidade realizado antes de quatro exercícios em carga constante (95, 100, 110 e 115 % VO_{2max}) para determinação da PC.

[Vandewalle](#) et al. (1989) questionaram o pressuposto de que no ponto de exaustão, a energia proveniente do metabolismo anaeróbio seria totalmente utilizada. Ainda, o fato do aporte de oxigênio levar algum tempo para alcançar seu estado estável ou seu valor máximo levou alguns autores a questionarem a disponibilidade imediata do componente "a" (ou PC) na Equação 6. Assim, o modelo matemático de dois parâmetros (Equação 6) proposto inicialmente poderia fornecer valores de "b" e "a" subestimado e superestimado respectivamente ([VANDEWALLE](#) et al., 1989). Com isso, [Morton](#) (1996) propôs um modelo matemático de três parâmetros como alternativa para ajustar os valores de "b" e "a". No entanto, o modelo de três parâmetros exige a obtenção de cinco pontos (d_{lim} e t_{lim}) com intervalos para evitar efeitos de fadiga sobre os esforços máximos para predição adequada de "a" e "b", o que torna o modelo de três parâmetros uma ferramenta não muito atrativa para técnicos e professores de natação em função do tempo despendido para as coletas.

[Dekerle](#) et al. (2002) não encontraram correlação significativa entre valores de "a" e máxima distância de nado percorrida com predomínio do metabolismo anaeróbio mensurada com um tacômetro ($p > 0.05$) (14.80 ± 2.23 m, equivalente à 5.5 ± 1.27 s), e entre valores de "a" e máximos valores de [La] obtidos ao final de um esforço máximo de 200 m nado crawl ($p > 0.05$). Os autores concluíram que não é possível obter valores de máxima distância percorrida com predomínio do metabolismo anaeróbio por meio de um modelo de dois parâmetros.

Baseado nesses estudos, [Zacca](#) et al. (2010a) acreditam que seja mais atrativo para técnicos a utilização de testes de 15m ou 6 s para acompanhar a evolução ou involução de seus nadadores.

Aspectos que podem interferir na determinação da velocidade crítica

Diferentes combinações de distâncias de nado

A VC tem sido determinada por combinações de diversas distâncias e tem-se encontradas

correlações entre os valores obtidos e o desempenho. Dois estudos ([WAKAYOSHI](#) et al., 1992a; [WAKAYOSHI](#) et al., 1992b) realizados em *swimming-flume* encontraram correlações entre a VC e o desempenho na prova de 400 m nado livre ($r = 0,86$) ([WAKAYOSHI](#) et al., 1992a) e ($r = 0,82$) ([WAKAYOSHI](#) et al., 1992b). Nesse estudo ([WAKAYOSHI](#) et al., 1992b), quando a VC foi determinada por meio das distâncias de 50, 100, 200 e 400 m, sua correlação com o desempenho na prova de 400 m foi de $r = 0,99$. Já nos primeiros estudos, realizados somente em piscina, que utilizaram distâncias de 200 e 400 m ([WAKAYOSHI](#) et al., 1992b), 100, 200 e 400 m ([KOKUBUN](#), 1996) e 100 e 400 m ([RODRIGUEZ; MORENO; KESKINEN](#), 2003) para a determinação da VC, também foram encontradas correlações significativas entre a VC e o desempenho nos 400 m ($r = 0,97$, $r = 0,95$ e $r = 0,94$, respectivamente) e com o desempenho nos 800 m nado livre ($r = 0,99$) ([KOKUBUN](#), 1996).

[Papoti](#) et al. (2005), ao analisarem a diferença entre a VN correspondente ao LAn e a VC, em esforços com pausas de apenas três minutos, encontraram uma diferença não significativa e elevadas correlações entre os mesmos. No entanto, para a determinação do LAn, foi adotada a concentração fixa de 3,5 mM de lactato e não a de 4 mM ou o valor individualizado, como é constantemente utilizado em outros estudos ([ALTIMARI](#) et al., 2007; [TOUBEKIS; TSAMI; TOKMAKIDIS](#), 2006). Analisando diferentes combinações de distâncias de nado, em nadadores divididos em dois grupos (grupo 1: 10 à 12 anos; grupo 2: 13 à 15 anos), com diferentes combinações de distâncias (combinação 1: 25, 50 e 100 m; combinação 2: 100, 200 e 400 m; e combinação 3: 50, 100 e 200 m), [Greco](#) et al. (2003) encontraram na combinação 1 maior valor de VC que na combinação 2 e também em relação a combinação 3. No entanto, as combinações 2 e 3 foram similares, nos grupos. Os valores de correlação para o grupo 1 entre as combinações de VC e o LAn foram elevadas ($r = 0,98$ a $0,99$) e para o grupo 2 as correlações foram ($r = 0,85$ a $0,91$), respectivamente.

[Toubekis, Tsami e Tokmakidis](#) (2006), utilizaram as distâncias de 50, 100, 200 e 400 m para testar as diferenças entre combinações de distâncias de VC com a VN correspondente ao limiar de lactato (VLL) e a VN correspondente a concentração fixa de 4 mM (V4) em nadadores jovens. Foi encontrado na V4 um valor maior

quando comparado com as diferentes combinações de distâncias de VC (100, 200 e 400 m; 200 e 400 m; 100 e 400 m). Já, a VLL foi menor apenas quando comparado às combinações de 50 e 200 m e de 50, 100 e 200 m. A VC determinada pelas quatro distâncias (50, 100, 200 e 400 m) foi menor quando comparada a VC de duas distâncias (50 e 200 m). Já a VC determinada pelas distâncias de 50 e 100 m foi maior quando relacionada com todas as demais combinações de VC.

Analisando a utilização de diferentes modelos na determinação da VC, foram encontradas correlações significativas entre as combinações das distâncias (100, 200 e 400 m; 50, 100, 200 e 400 m; e 200 e 400 m) com o desempenho nos 400 m (ALTIMARI et al., 2007). Entretanto, analisando a relação entre a utilização de uma combinação com as distâncias de 50, 100 e 200 m e o desempenho nos 400 m, esta se mostrou baixa. Esses achados sugerem que a combinação de diferentes distâncias na determinação da VC, sobretudo envolvendo distâncias menores, influencia na relação entre VC e o desempenho aeróbio em nadadores jovens e com uma menor experiência, o que pode limitar a utilização desse parâmetro para a prescrição do treinamento e a predição do desempenho aeróbio de nadadores jovens.

Avaliando nadadores juvenis, [Zacca e Castro](#) (2008) compararam os valores de VC determinados por meio de quatro diferentes combinações de duas componentes (VC1: 50 e 200 m; VC2: 100 e 400 m; VC3: 200 e 800 m;

VC4: 400 e 1500 m). A combinação VC1, que utilizou a distância de 50 m, apresentou valores maiores do que a combinação VC4 que utilizou a maior distância (1500 m). A combinação VC4, por sua vez, apresentou valor similar com todas as demais combinações. Os autores ([ZACCA; CASTRO](#), 2008) acreditam que a inclusão da distância de 50 m, como componente em modelos de determinação de VC, parece induzir a valores maiores de VC quando comparados a outras combinações, e que estas diferenças podem estar relacionadas às rotas metabólicas predominantes das diferentes distâncias utilizadas para obtenção dos mesmos, inviabilizando assim a utilização da mesma para aplicação prática da VC em nadadores competitivos dessa categoria.

[Reis e Alves](#) (2006) utilizaram diferentes modelos de determinação da VC com o intuito de verificar os efeitos do treinamento em nadadores competitivos e encontraram correlações significativas apenas entre as combinações 50, 200 e 400 m e de 200 e 400 m com a VN correspondente ao LAn, o desempenho nos 400 m e a VN para a distância de 2000 m (V2000). De acordo com os achados de [Reis e Alves](#) (2006), a utilização das distâncias de 200 e 400 m parece ser a melhor combinação para a obtenção da VC, pois demonstrou um maior valor de correlação do que a combinação com a inclusão da distância de 50 m. A Tabela 2 apresenta os valores de correlação das diferentes combinações de distâncias de nado relatados pelos autores citados em relação ao LAn e com o desempenho nos 400 m.

Tabela 2. Valores de correlação das diferentes combinações de distâncias de nado em relação ao LAn e com o desempenho nos 400 m

Estudos	Combinações de distâncias utilizadas	Resultados
Papoti et al. (2005)	(200 e 400 m)	LAn (3,5mM) $r=0,93^{**}$
Wakayoshi et al. (1992 ^a)	(200 e 400 m)	LAn (4mM) $r=0,914^*$
Altimari et al. (2007)	(50, 100 e 200 m); (100, 200 e 400 m); (50, 100, 200 e 400 m) e (200 e 400 m)	400 m $r = -0,62$ a $-0,98^{**}$
Greco et al. (2003)	(25, 50 e 100 m); (100, 200 e 400 m) e (50, 100 e 200 m)	LAn (4mM) $r = 0,85$ a $0,99^*$

* correlação estatisticamente significativa com o LAN, a Vobla e o desempenho ($p < 0,05$); **: correlação estatisticamente significativa com o LAN, a Vobla e o desempenho ($p < 0,01$); LAn: limiar anaeróbio.

Com base nos estudos realizados até então, analisando a utilização de diferentes combinações de distâncias na determinação da VC, a inclusão da distância de 50 m parece determinar um maior valor de VC quando comparado a valores de VC

que não utilizam esta distância. A justificativa para esta possibilidade pode estar no fato das distâncias, quando em máxima intensidade, e percorridas em tempos similares ou inferiores a 75 s, serem suprida preferencialmente pelo sistema de energia anaeróbio ([OGITA](#), 2006;

[GASTIN](#), 2001), o que levaria a um distanciamento do conceito de VC. Desta forma, a distância de 100 m se colocaria em uma situação intermediária, pois alguns nadadores necessitariam de tempos superiores a 75 s e outros, tempos inferiores. Sendo assim, a combinação das distâncias de 200 e 400 m para a determinação da VC parece ser a melhor, quando a consideramos para a aplicação prática do treinamento em natação.

Com relação à duração das distâncias a serem percorridas em máxima intensidade para obtenção da VC em natação, são dependentes de vários aspectos ([MORTON](#), 2006; [DI PRAMPERO](#) et al., 2008), tais como, o custo energético de transporte e a obtenção do VO_{2max} desde o início de cada tarefa a ser executada. De acordo com [Di Prampero](#) et al. (2008), para se avaliar com precisão a VC de um nadador, é fortemente recomendado a relação entre o custo energético para a determinada velocidade imposta ao executante.

Diferentes faixas etárias

Crianças e adolescentes podem apresentar menores valores de [LA] em resposta ao exercício submáximo e máximo quando comparados a adultos. Essas respostas podem ser atribuídas às menores concentrações de enzimas glicolíticas e maiores concentrações de enzimas aeróbias ([KACKZOR](#) et al. 2005; [SJODIN](#); [JACOBS](#), 1981). Além disso, as crianças apresentam menores concentrações de testosterona que, com o processo de maturação, aumentam estes níveis, com conseqüente aumento da massa muscular, da capacidade anaeróbia e, conseqüentemente, do desempenho anaeróbio ([DIPLA](#) et al., 2009). Assim, a determinação dos diferentes valores de VC, além de ser dependente da distância empregada, poderia ser também entre os indivíduos da mesma faixa etária quando obtida de diferentes distâncias relacionada a indicadores fisiológicos acima citados ao longo da maturação.

[Hill, Steward e Lane](#) (1995) encontraram para o grupo mais jovem (11 anos) uma correlação significativa entre a VC e o desempenho nos 457 m e, para o grupo com maior idade (15 anos), uma correlação significativa entre a VC e o desempenho nos 1.509 m. Já [Barsa, Bianco e Greco](#) (2001), ao estudarem nadadores de ambos os sexos e de diferentes faixas etárias, encontraram valores de correlação significativa entre a VC determinada por meio de uma

combinação de três distâncias (100, 200 e 400 m) e o desempenho nos 100 m, 200 m e 400 m no grupo 1 (idades entre 13 e 15 anos). Quando analisados os nadadores mais jovens do grupo 2 (idades entre 10 e 12 anos), os valores das correlações entre a VC e o desempenho nos 100, 200 e 400 m foram fortes. Esses resultados indicam que a utilização das distâncias de 100, 200 e 400 m para a determinação da VC pode ser viável para a utilização no treinamento na faixa etária entre 10 e 15 anos.

[Greco](#) et al. (2003) compararam valores de VC obtidos de diferentes distâncias (VC1: 25, 50 e 100 m; VC2: 100, 200 e 400 m; e VC3: 50, 100 e 200 m) com a VN correspondente ao LAn, em dois grupos de diferentes faixas etárias: 10 a 12 anos e 13 a 15 anos. [Greco](#) et al. (2003) não encontraram diferenças entre a VC1 e a velocidade de LAn no grupo de 10 a 12 anos, sendo maiores do que a VC2 e a VC3. Porém, no grupo de 13 a 15 anos, a VC1 foi maior do que a velocidade de LAn, a VC2 e a VC3. De acordo com os achados deste estudo ([GRECO](#) et al., 2003), independente da faixa etária dos indivíduos, a distância utilizada na determinação da VC interfere no valor obtido, podendo levar a diferentes adaptações quando aplicada ao treinamento. Porém, na relação entre a VC e o LAn, a determinação de ambos é dependente da distância empregada e da faixa etária.

[Filipatou](#) et al. (2006) compararam as respostas da [LA] e de frequência cardíaca ao nadar em percentuais de 95% e 100% da VC em crianças e jovens nadadores. Observou-se que a [LA] aumentou de forma progressiva em nadadores jovens. No entanto, este aumento não foi observado no grupo de crianças. Os autores atribuem os resultados encontrados às diferentes respostas energéticas ou às diferentes taxas de remoção de lactato sanguíneo entre os grupos. A VC foi obtida com distâncias curtas (50, 100, 200 e 400 m), o que talvez possa induzir a uma VC superestimada, devido à utilização de distâncias curtas, como 50 e 100 metros, porém não foi especificado se eram nadadores velocistas ou fundistas, o que poderia comprometer os resultados. A tabela 3 apresenta os valores de correlação de grupos de nadadores com diferentes faixas etárias na determinação da VC relatados pelos autores citados em relação ao LAn e ao desempenho.

Tabela 3. Valores de correlação de grupos de nadadores com diferentes faixas etárias da VC com relação ao LAn e os desempenhos

Estudo	Faixas etárias	Resultados
Hill et al. (1995)	Grupo 1 (11 anos) Grupo 2 (15 anos)	Grupo 1: VC e desempenho nos 457 m ($r = 0,92$)* Grupo 2: VC e desempenho nos 1.509 m ($r = 0,92$)*
Barsa et al. (2001)	Grupo 1 (13-15 anos) Grupo 2 (10-12 anos)	Grupo 1: VC e desempenhos nos 100, 200 e 400 m ($r = 0,87$, $r = 0,97$ e $r = 1,00$, respectivamente)* Grupo 2: VC e desempenhos nos 100, 200 e 400 m ($r = 0,91$, $r = 0,92$ e $r = 1,00$, respectivamente)*
Greco et al. (2003)	Grupo 1 (10-12 anos) Grupo 2 (13-15 anos)	Grupo 1: VC e LAn (4mM): ($r = 0,98$ a $0,99$)* Grupo 2: VC e LAn (4mM): ($r = 0,85$ a $0,91$)*

*: correlação estatisticamente significativa com o LAn e os desempenhos ($p < 0,05$); VC: velocidade crítica; LAn: limiar anaeróbio.

Número de coordenadas e desempenho

O número de coordenadas utilizadas para a determinação da VC parece não influenciar na relação entre a VC e o desempenho de nadadores jovens, pelo menos quando são utilizadas distâncias que permitem um maior tempo de esforço até a ocorrência de exaustão, o que poderia contribuir na redução do número de sessões a serem empregadas na estimativa da VC ([ALTIMARI](#) et al., 2007). Isso foi evidenciado por [Altimari](#) et al. (2007) a partir dos valores de correlação observados entre as combinações 100, 200 e 400 m; 50, 100, 200 e 400 m e 200 e 400 m determinados por meio de combinações de três, quatro e dois componentes e o desempenho nos 400 m, os quais foram muito próximos. Relacionando a VC obtida pelas distâncias de 50, 100 e 200 m com o desempenho nos 200 m em nadadores com idade entre 10 e 12 anos, [Denadai e Greco](#) (1997) encontraram correlação significativa. Ainda, [Freitas](#) et al. (2002) e [Bartholomeu-Neto](#) et al. (2005) utilizaram as distâncias de 100, 200 e 400 m para a determinação da VC com o desempenho nos 200 e 400 m obtiveram correlações também fortes.

Velocidade crítica e predição de desempenho

A aplicação da VC obtida por meio de um modelo de dois parâmetros para a predição do desempenho de uma determinada distância em nadadores foi sugerida por [Dekerle](#) et al. (2006). A capacidade de prever o desempenho de um modelo linear de dois parâmetros já foi estudada em maratonistas, ciclistas e remadores ([GAMELIN](#) et al., 2006; [VASCONCELOS](#) et al.,

2007; [MELLO; FRANCHINI](#), 2005), mas ainda há uma lacuna a ser preenchida sobre natação.

Este recurso pode ser muito útil para estabelecer estratégias de ritmo durante um torneio de natação. [Zacca e Castro](#) (2010b) compararam o desempenho real em 200 m, 400 m, 800 m, 1500 m nado crawl coletados durante sessões de treino com os desempenhos preditos pela VC em nadadores juvenis de nível nacional ($14,3 \pm 0,5$ anos). Para cada uma das quatro distâncias foi verificado o grau de concordância ([BLAND; ALTMAN](#), 1986) com três diferentes combinações de duas distâncias (200 m: 400 e 800 m, 400 e 1500 m, 800 e 1500 m; 400 m: 200 e 800 m, 200 e 1500 m, 800 e 1500 m; 800 m: 200 e 400 m, 200 e 1500 m, 400 e 1500 m; 1500 m: 200 e 400 m, 200 e 800 m, 400 e 800 m) plotadas em um modelo de dois parâmetros (Equação 12). Com os resultados encontrados (200 m: *bias* 6,4 à 10,7 s; 400 m: *bias* de -7,1 à -2,8 s; 800 m: *bias* de -3,5 à 21,3 s; 1500 m: *bias* de -4,9 à 53,8 s), [Zacca e Castro](#) (2010b) acreditam que prever o desempenho de nadadores jovens em situação de treino parece conduzir a valores imprecisos e não ser possível proporcionar motivação semelhante à situação da competição.

Em dados não publicados obtidos com dois atletas no XXXVIII Campeonato Brasileiro Absoluto de Natação no ano de 2009, que nadaram as provas de 200, 400, 800 e 1500 m, verificamos uma diferença que variou de -3,3 à 2% entre desempenho real e predito de 800 e 1500 m em todas combinações possíveis

plotadas com apenas duas distâncias por meio do modelo de dois parâmetros (Equação 12) com essas distâncias. Com isso, o nível de experiência competitiva parece influenciar nos valores preditos de desempenho utilizando a VC em nadadores jovens, especialmente em longas distâncias. Assim, novos estudos são sugeridos para explorar a possibilidade de prever desempenho de nadadores jovens e adultos por meio da VC em situação de competição.

Conclusões

Como uma extensão do conceito de PC, a VC primeiramente foi denominada como a máxima VN correspondente a concentração de 4 mM de [LA], e com a MFEL a ser percorrida sem a ocorrência de exaustão. Estudos mais recentes sugerem que a VC esteja situada entre as zonas de intensidade pesada e severa. Quanto ao significado fisiológico da VC, aumentos contínuos de alguns marcadores fisiológicos ([LA], VO_2 e frequência cardíaca) foram observados durante testes retangulares a VC, situando-se acima da MFEL e representando um marcador de transição entre as zonas de intensidade pesada e severa, sem alcançar o VO_{2max} .

Pode-se sugerir que a VC seja influenciada por alguns fatores como: (1) utilização de diferentes combinações de distâncias para a sua determinação, principalmente quando empregado distâncias inferiores a 100 m; (2) diferentes faixas etárias, o que poderia resultar em diferentes adaptações quando utilizada para a prescrição das intensidades de treinamento; (3) nível de experiência do nadador, considerando a VC quando aplicada a diferentes populações. É possível perceber que a VC pode ser um parâmetro atrativo para verificar os efeitos do treinamento em natação. No entanto, apesar de parecer uma ferramenta adequada para a predição do desempenho em nadadores, ainda há a necessidade de maior investigação da VC para este fim. Da mesma forma, mesmo com intensidade relacionada à VC situada entre os domínios de intensidade pesada e severa, mais estudos ainda são necessários a fim de se verificar a sua eficácia na prescrição das intensidades do treinamento em natação. Investigações com a utilização dos tempos oficiais também parecem necessários, pois poderiam facilitar a sua aplicação, não dependendo da realização de testes máximos durante as sessões de treino.

Referências

- ALTIMARI, J. M. et al. Correlações entre protocolos de determinação do limiar anaeróbio e o desempenho aeróbio em nadadores adolescentes. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v. 13, p. 245-250, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-86922007000400007>. Acesso em: 17 jan. 2008.
- BARSA, E.; BIANCO, A.; GRECO, C. C. Velocidade crítica, capacidade de trabalho anaeróbio e performance em nadadores de 10 a 15 anos. **Claretiano – Revista Centro Universitário**, Batatais, v.1, p.164-173, 2001. Disponível em: <<http://biblioteca.claretiano.edu.br/cgi-bin/wxis.exe?IscisScript=phl8/003.xis&cipar=phl.cip&bool=exp&opc=decorado&exp=ANAEROBIO&co de=&lang=por>>. Acesso em: 20 abr. 2008.
- BARTHOLOMEU-NETO, J. B. et al. Correlação entre os tempos obtidos na distância de 100, 200 e 400 metros e a velocidade crítica em nadadores de 13 a 16 anos. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, Brasília, v. 13, n. 1, p. 96, 2005.
- BLAND, J. M.; ALTMAN, D. G. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. **Lancet**, [S.l.], v. 8, p. 307-310, 1986.
- BRICKLEY, G.; DOUST, J.; WILLIAMS, C. A. Physiological responses during exercise to exhaustion at critical power. **European Journal of Applied Physiology**, Heidelberg, v. 88, n.1–2, p. 146–151, 2002. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s00421-002-0706-1>>. Acesso em: 10 maio 2008.
- DEKERLE, J. et al. Validity and Reliability of Critical Speed, Critical Stroke Rate and Anaerobic Capacity in Relation to Front Crawl Swimming Performances. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v. 23, p. 93-98, 2002. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1055/s-2002-20125>>. Acesso em: 14 abr. 2007.
- DEKERLE, J. et al. Maximal lactate steady state, respiratory compensation threshold and critical power. **European Journal of Applied Physiology**, Heidelberg, v. 89, n. 3–4, p. 281, 2003. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s00421-002-0786-y>>. Acesso em: 30 set. 2008.
- DEKERLE, J. et al. Validity of the two-parameter model in estimating the anaerobic work capacity.

European Journal of Applied Physiology, Heidelberg, v. 93, n. 3, p. 257, 2005. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s00421-005-0074-8>>. Acesso em: 20 out. 2008.

DEKERLE, J. et al. Application of the critical power concept in swimming? **Portuguese Journal of Sports Sciences**, [S.l.], v. 6, n. 2, p.121-124, 2006.

DEKERLE, J.; VANHATALO, A.; BURNLEY, M. Determination of critical power from a single test. **Science & Sports**, [S.l.], 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.scispo.2007.06.015>>. Acesso em: 4 maio 2009.

DEKERLE, J.; et al. Characterising the slope of the distance–time relationship in swimming. **Journal of Science and Medicine in Sport**, Belconnen, v. 13, p. 365-370, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jsams2009.05.007>>. Acesso em: 10 dez. 2010.

DENADAI, B. S.; GRECO, C. C. Correlação entre a velocidade crítica e a velocidade de limiar anaeróbio com as performances nos 50, 100, 200 metros, em nadadores de 10 a 12 anos. **Revista da Associação dos Professores de Educação Física de Londrina**, Londrina, v. 12, p. 33-41, 1997.

DIPLA, K. et al. Fatigue resistance during high-intensity intermittent exercise from childhood to adulthood in males and females. **European Journal of Applied Physiology**, Heidelberg, v. 106, p. 645-653, 2009.

DiPRAMPERO, P. E. et al. The critical velocity in swimming. **European Journal of Applied Physiology**, Heidelberg, v. 102, p. 165-171, 2007. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s00421-007-0569-6>>. Acesso em: 10 maio 2009.

ESPADA, M. A.; ALVES, F. B. Critical velocity and the velocity at maximal lactate steady state in swimming. In: BIOMECHANICS AND MEDICINE IN SWIMMING, 9., 2010, Oslo, **Program and abstract book**. Oslo: [s.n.], 2010. p. 194-196.

ETTEMA, J. H. Limits of human performance and energy production. **Int. Z. angew. Physiol. Arb. physiol.**, Heidelberg, v. 22, n. 1, p. 45-54, 1966.

FILIPATOU, E.; et al. Lactate and heart rate responses during swimming at 95% and 100% of the critical velocity in children and young swimmers. **Portuguese Journal Sports**

Sciences. Porto, v. 6, n. 2, p. 117-182, 2006. Disponível em: <<http://www.wcss.org.uk/BMS%20X%20Cover%20and%20Index.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2007.

FREITAS, A. D. E. et al. Comportamento de variáveis técnicas e metabólicas e correlação com a performance em nadadores de 10 a 12 anos. **Claretiano**: revista do centro universitário, Batatais, v. 2, p. 171-179, 2002.

GAESSER, G. A.; POOLE, D. C. The slow component of oxygen uptake kinetics in humans. **Exercise Sport Science Review**, [S.l.] v. 24, p. 35, 1996.

GAMELIN, F. X.; et al. Prediction of one-hour running performance using constant duration tests. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Colorado Springs, v. 20, n. 4, p. 735-739, 2006.

GASTIN, P. B. Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. **Sports Medicine**, Auckland, v. 31, n. 10, p. 725–741, 2001. Disponível em: <<http://www.scopus.com/record/display.url?eid=2-s2.0-0034873169&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=M-EsX86TEhMJrecRwvBQK9G%3a1350&sot=q&sdt=b&sl=96&s=TITLE-ABS-KEY-AUTH%28Energy+System+Interaction+and+Relative+Contribution+During+Maximal+Exercise.%29&relpos=0&relpos=0>>. Acesso em: 15 mar. 2007.

GRECO, C. C. et al. Limiar anaeróbio e velocidade crítica determinada com diferentes distâncias em nadadores de 10 a 15 anos: relações com a performance e a resposta do lactato sanguíneo em testes de endurance. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v. 9, p. 2-8, 2003..

GRECO, C. C.; CAPUTO, F.; DENADAI, B. S. Critical power and maximal oxygen uptake: estimating the upper limit of the severe domain, a new challenge? **Science & Sports**, [S.l.] v. 23, p. 216–222, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.scispo.2007.06.008>> Acesso em: 13 jun. 2009.

GREEN, S. et al. Y-intercept of the maximal work-duration relationship and anaerobic capacity in cyclists. **European Journal of Applied Physiological Occupation Physiology**, Heidelberg v. 69, n. 6, p. 550, 1994. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/content/k641203669805431/>>. Acesso em: 29 mar. 2007.

HECK, H.; et al. Justification of the 4 mmol/l lactate threshold. **International Journal of Sports Medicine**, v. 6, p. 117-30, 1985. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1055/s-2008-1025824>>. Acesso em: 29 ago. 2007.

HEUBERT, R. A. et al. Effect of a previous sprint on the parameters of the work-time to exhaustion relationship in high intensity cycling. **International Journal of Sports Medicine**, v. 26, n. 7, p. 583, 2005. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1055/s-2004-830335>>. Acesso em: 20 maio 2008.

HILL, A. V. **Muscular Movement in Man**. New York: McGraw-Hill, 1927.

HILL, D. W. The critical power concept: a review. **Sports Medicine**, Auckland, v. 16, n. 4, p. 237, 1993.

HILL, D. W.; STEWARD, R. P. J. R; LANE, C. J. Application of the critical power concept to young swimmers. **Pediatric Exercise Science**, Champaign, v. 7, p. 281-93, 1995.

JENKINS, D. G.; QUIGLEY, B. M. The y-intercept of the critical power function as a measure of anaerobic work capacity. **Ergonomics**, London, v. 34, n. 1, p.13, 1991.

JENKINS, D. G.; QUIGLEY, B. M. The influence of high-intensity exercise training on the Wlim-Tlim relationship. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, [S.l.], v. 25, n. 2, p. 275, 1993.

JONES, A. M; et al. Muscle metabolic responses to exercise above and below the "critical power" assessed using 31P-MRS. **American Journal Physiological Regulation Integral Comp Physiology**, [S.l.], v. 294, n. 2, p. 585, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1152/ajpregu.00731.20070363-6119/08>>. Acesso em: 27 fev. 2009.

KACZOR, J. J. et al. Anaerobic and aerobic enzyme activities in human skeletal muscle from children and adults. **Pediatric Research**, Baltimore, v. 57, n. 3, p. 331-335, 2005. Disponível em: <<http://journals.lww.com/pedresearch/toc/2005/03000#-993458723>>. Acesso em 24 jun. 2010.

KOKUBUN, E. Velocidade crítica como estimador do limiar anaeróbico na natação. **Revista Paulista de Educação Física**, São Paulo, v. 10, p. 5-20, 1996. Disponível em: <<http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IscScript=iah/iah.xis&src=google&base=LILACS&lang=p&nextAction=ln>>

<[k&exprSearch=186321&indexSearch=ID](http://dx.doi.org/10.1055/s-2008-1025824)>. Acesso em: 10 mar. 2007.

LIMA, M. C. S.; et al. Proposta de teste incremental baseado na percepção subjetiva de esforço para determinação de limiares metabólicos e parâmetros mecânicos do nado livre. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v. 12, n. 5, p. 268-274, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbme/v12n5/09.pdf>>. Acesso em: 23 mar. 2008.

MADSEN, O. Anaerobic training not so fast, there. **Swimming Technique**, Los Angeles, v. 19, n. 3, p. 13-18, 1982.

McLELLAN, T. M.; CHEUNG, K. S. A comparative evaluation of the individual anaerobic threshold and the critical power. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, [S.l.], v. 24, n. 5, p. 543, 1992. Disponível em: <<http://www.scopus.com/record/display.url?eid=2-s2.0-0026535253&origin=resultslist>>. Acesso em: 20 ago. 2008.

MEDBO, J. I. et al. Anaerobic capacity determined by maximal accumulated O₂ deficit. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 64, p. 50-60, 1988. Disponível em:<<http://www.scopus.com/record/display.url?eid=2-s2.0-0023883145&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=M-EsX86TEhMJrecRwvBQK9G%3a890&sot=q&sdt=b&sl=85&s=TITLE-ABS-KEY-AUTH%28Anaerobic+capacity+determined+by+maximal+accumulated+O2+deficit.+%29&relpos=10&relpos=10>>. Acesso em 27 jul. 2008.

MELLO, F. C.; FRANCHINI, E. Critical velocity, lactate concentration and rowing performance. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, [S.l.], v. 7, n. 2, p.14-19, 2005.

MIURA, A.; et al. The effect of oral creatine supplementation on the curvature constant parameter of the power-duration curve for cycle ergometry in humans. **Japanese Journal Physiology**, [S.l.], v. 49, p. 169-174, 1999. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.2170/jjphysiol.49.169>>. Acesso em: 10 jan. 2008.

MIURA, A.; et al. The effect of glycogen depletion on the curvature constant parameter of the power-duration curve for cycle ergometry. **Ergonomics**, London, v. 43, p. 133-141, 2000. Disponível em:

<<http://dx.doi.org/10.1080/001401300184693>>.

Acesso em: 10 dez. 2007.

MONOD, H.; SCHERRER, J. Le travail musculaire local et la fatigue chez l'homme. **Journal Physiology**, Cambridge, v. 52, p. 419-501, 1960.

MONOD, H. Contribution à l'étude du travail statique. **These Doc Méd**, [S.l.], 1956.

MONOD, H.; SCHERRER, J. The work capacity of synergic muscle groups. **Ergonomics**, London, v. 8, p. 329-338, 1965.

MORITANI, T. et al. Critical power as a measure of physical work capacity and anaerobic threshold. **Ergonomics**, [S.l.], v. 24, p. 339-350, 1981.

Disponível em:

<<http://dx.doi.org/10.1080/00140138108924856>>.

Acesso em: 15 ago. 2007.

MORTON, R. H. A 3-parameter critical power model. **Ergonomics**, London, v. 39, p. 611-619, 1996. Disponível em:

<<http://www.informaworld.com/smpp/content-db=all?content=10.1080/00140139608964484>>.

Acesso em: 20 set. 2008.

MORTON, R.H. The critical power and related whole-body bioenergetic models. **European Journal of Applied Physiology**, Heidelberg, v. 96, p. 339-354, 2006.

MOSSO, A. Les lois de La fatigue étudiées dans les de l'Homme. **Archive Italian Biology**, [S.l.], v. 13, p. 123-186, 1890.

OGITA, F. Energetics in competitive swimming and its application for training. **Portuguese Journal of Sports Sciences**, Porto, v. 6, n. 2, p.117-182, 2006. Disponível em:

<<http://www.wcss.org.uk/BMS%20X%20Cover%20and%20Index.pdf>>. Acesso em: 25 abr. 2007.

OLBRECHT, J. et al. Relationship between swimming velocity and lactic concentration during continuous and intermittent training exercises. **International Journal of Sports Medicine**,

Stuttgart, v. 6, n. 2, p. 74-77, 1985. Disponível em:

<<http://dx.doi.org/10.1055/s-2008-1025816>>.

Acesso em: 10 mar. 2006.

PAPOTI, M. et al. Utilização de métodos invasivo e não invasivo na predição das performances aeróbia e anaeróbia em nadadores de nível nacional. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, Porto, v. 5, p. 7-14, 2005. Disponível

em:

<http://www.scielo.oces.mctes.pt/scielo.php?pid=S1645-05232005000100002&script=sci_arttext>.

Acesso em: 10 abr. 2007.

POOLE, D. C.; et al. A metabolic and respiratory profile of the upper limit for prolonged exercise in man. **Ergonomics**, London, v. 31, p. 1265-1279, 1988.

REIS, J.; ALVEZ, F. Training induced changes in critical velocity and v4 in age group swimmers. **Portuguese Journal Sports Sciences**, Porto, v. 6, p. 311-313, 2006. Disponível em:

<<http://www.wcss.org.uk/BMS%20X%20Cover%20and%20Index.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2007.

RODRIGUEZ, F. A.; MORENO, D.; KESKINEN, K. L. Validity of a two-distance simplified testing method for determining critical swimming velocity. In: **BIOMECHANICS AND MEDICINE IN SWIMMING**, 9., [2003], [S.l.]. **Proceedings...** [S.l.]: [s.n.], 2003.

SCHERRER, J. ; SAMSON, M.; PALEOLOQUE, A. Etude du travail musculaire de la fatigue: Données ergométriques obtenues chez l'homme. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 46, p. 887-916, 1954.

SCHERRER, J. Applications aux épreuves sportives et à l'exercice physique des notions de travail et temps-limite. **Medical Education Physical Sport**, [S.l.], v. 32, p. 7-12, 1958.

SJODIN, B.; JACOBS, I. Onset of blood lactate accumulation and marathon running performance. **International Journal of Sports Medicine**,

Stuttgard, v. 2, p. 23-6, 1981. Disponível em:

<<https://www.thieme-connect.de/DOI/DOI?10.1055/s-2008-1034579>>.

Acesso em: 20 jun. 2007.

TOUBEKIS, A. G.; TSAMI, A. P.; TOKMAKIDIS, S. P. Critical Velocity and Lactate Threshold in Young Swimmers. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v. 27, p. 117-123, 2006. Disponível em:<<http://dx.doi.org/10.1055/s-2005-837487>> Acesso em: 23 abr. 2008.

TOURETSKI, G. Japan official swimming coach clinic. **Japanese Amature swimming federation**, [S.l.] p. 93-139, 1994.

VANDEWALLE, H. et al. Comparison between a 30-s all-out test and a time-work test on a cycle ergometer. **European Journal of Applied Physiological Occupation Physiology**, [S.l.], v.

58, n. 4, p.375, 1989. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/content/w863841t4801r273/>> . Acesso em: 27 mar. 2007.

VASCONCELOS, I. Q. A. et al. A velocidade crítica como preditor de desempenho aeróbio em crianças. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, Florianópolis, v. 9, n. 1, p. 44-49, 2007. Disponível em: <<http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IscScript=iah/iah.xis&src=google&base=LILACS&lang=p&nextAction=lnk&exprSearch=454236&indexSearch=ID>>. Acesso em: 10 out. 2008.

VILAS-BOAS, J.; LAMARES, J. P. Velocidade Crítica: Critério para a Avaliação do Nadador e para a Definição de Objetivos. In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DOS TÉCNICOS DE NATAÇÃO, 10., [1997], [S.l.]. **Anais...** [S.l.]:[s.n.] 1997.

WAKAYOSHI, K. et al. Determination and validity of critical velocity as an index of swimming performance in the competitive swimmer. **European Journal of Applied Physiology**, Heidelberg, v. 64, p. 153-157, 1992a. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/BF00717953>>. Acesso em: 20 fev. 2007.

WAKAYOSHI, K. et al. A Simple Method for determining critical speed as swimming fatiguetreshold in competitive swimming. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v. 13, p. 367-371, 1992b. Disponível em: <<https://www.thieme-connect.de/DOI/DOI?10.1055/s-2007-1021282>>. Acesso em: 19 mar. 2007.

WAKAYOSHI, K. et al. Does critical swimming velocity represent exercise intensity at maximal lactate steady state? **European Journal of Applied Physiology**, Heidelberg, v. 66, p. 90-95, 1993. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/content/u24137m4h4343423/>> Acesso em: 20 abr. 2007.

WILKIE, D. R. Man as source of mechanical power. **Ergonomics**, London, v. 3, p. 1-8, 1960.
ZACCA, R.; CASTRO, F. A. S. Velocidade Crítica em nadadores juvenis: determinação por meio de diferentes combinações de distância de prova. In: CONGRESSO DE CIÊNCIAS DO ESPORTE E EDUCAÇÃO FÍSICA DOS PAÍSES DE LÍNGUA PORTUGUESA, 12., 2008, Porto Alegre. **Anais...** [S.l.]: [s.n.], [2008].

ZACCA, R. et al. Critical velocity, anaerobic distance capacity, maximal instantaneous velocity

and aerobic inertia in sprint and endurance young swimmers. **European Journal of Applied Physiology**, Heidelberg, 2010a. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s00421-010-1479-6>>. Acesso em 20 out. 2010.

ZACCA, R.; CASTRO, F.A.S. Predicting performance using critical swimming speed in young swimmers. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM FOR BIOMECHANICS AND MEDICINE IN SWIMMING. 11., 2010, Oslo. **Program & Book of Abstracts**. Oslo : Per-Ludvik Kjendlie, p.120-120, 2010b.

Endereço:
Marcos Franken
Escola de Educação Física - Laboratório de Pesquisa do Exercício
Rua Felizardo, 750 Jardim Botânico
Porto Alegre RS Brasil
90690-200
e-mail: marcos_franken@yahoo.com.br

Recebido em: 3 de março de 2010.

Aceito em: 15 de outubro de 2010.



Motriz. Revista de Educação Física. UNESP, Rio Claro, SP, Brasil - eISSN: 1980-6574 - está licenciada sob [Creative Commons - Atribuição 3.0](https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/)