

VALIDAÇÃO DO MODELO POTÊNCIA-TEMPO LIMITE NO CRAWL-ATADO PELAS RELAÇÕES COM OS MODELOS DISTÂNCIA/TEMPO LIMITE E VELOCIDADE/TEMPO LIMITE

DALTON MÜLLER PESSÔA FILHO

Professor assistente II – Departamento de Educação Física, Faculdade de Ciências – Universidade Estadual Paulista (Unesp)/Bauru (SP)
E-mail: dmpf@fc.unesp.br

ELVANCIR PEREIRA DO NASCIMENTO

Professor especialista – Secretaria Municipal de Esporte de Presidente Prudente e Universidade do Oeste Paulista (Unoeste)/Presidente Prudente (SP)
E-mail: pepe@unoeste.br

BENEDITO SÉRGIO DENADAI

Professor titular – Laboratório de Avaliação da Performance Humana, Instituto de Biociência – Universidade Estadual Paulista (Unesp)/Rio Claro (SP)
E-mail: bdenadai@rc.unesp.br

RESUMO

Vinte e quatro nadadores, com $16,5 \pm 2,7$ anos e $67,7 \pm 13,5$ kg, submeteram-se à estimativa da força de arrasto, por: $Fr = A \times v^2$. Fr, encontrada em máxima velocidade, foi fracionada para compor quatro estágios de teste, com tempos de exaustão entre 3-20min em crawl-atado. A v_{crit} foi estimada empregando quatro distâncias entre 200-1500m. A potência no crawl-atado (P_{Atado}), a velocidade e a distância foram relacionadas aos tempos de exaustão por ajustes lineares e hiperbólicos. A $P_{Atado/Crit}$ linear (81,9w) e não linear (71,1w) não se diferenciaram ($p \leq 0,05$) dos valores de P_{crit} linear (108,2w) e não linear (96,3w) estimados por v_{crit} linear (1,2m/s) e não linear (1,14m/s) através da equação do desempenho. Conclui-se que $P_{Atado/Crit}$ é correlata a v_{crit} , podendo representar a capacidade aeróbia.

PALAVRAS-CHAVE: Potência crítica; Velocidade crítica; Nado crawl-atado e Equação do desempenho de nado.

INTRODUÇÃO

Modelar a capacidade de trabalho muscular pelo tempo de exaustão presume a demarcação de dois domínios diferentes de intensidade: o aeróbio e o anaeróbio, parametrizados, respectivamente, pela potência crítica (P_{crit}) e pela capacidade de trabalho anaeróbio (CTA) (MORTON, 2006). A obtenção desses índices tem servido à avaliação fisiológica do atleta, à alteração da sobrecarga de treinamento, ao monitoramento dos efeitos do treinamento e à predição do desempenho (DEKERLE et al., 2002). Na natação, a determinação de índices fisiológicos é limitada tecnicamente pelas restrições de aplicação das rotinas de avaliação no meio líquido, elevando a demanda por testes de campo. A modelagem da relação entre potência mecânica (P) e tempo de exaustão (t_{lim}) é, de acordo com Morton (2006), matematicamente caracterizada pela equação:

$$P \times t = \alpha + \beta \times t \quad (1)$$

O parâmetro β representa o limite superior para uma taxa constante de força muscular, referida como P_{crit} e postula que quando $P \leq P_{crit}$, $t \rightarrow \infty$. O fornecimento anaeróbio de energia, limitado e fixo, é representado por α e referido como capacidade de trabalho anaeróbio (CTA), postulando que quando $P > P_{crit}$, $t < \infty$ (MORTON, 2006).

Alternativamente, P pode ser relacionada, linearmente, a t pela equação:

$$P = CTA \times t^{-1} + P_{crit} \quad (2)$$

e não linearmente a t , resolvendo a equação 1 para o tempo:

$$t = \frac{CTA}{P - P_{crit}} \quad (3)$$

que presume que $t \rightarrow \infty$ quando $P \rightarrow 0$, ou ainda, que $P \rightarrow \infty$ se $t \rightarrow 0$, ocorrendo a exaustão quando $CTA = 0$ (idem, ibidem).

A P_{crit} tem sido descrita como um índice com valor diferente, mas relacionada aos índices da capacidade de desempenho aeróbio, como o limiar ventilatório, o limiar de lactato e o limiar de fadiga estimado por eletromiografia (HILL; STEWARD JR.; LANE, 1995). Por sua vez, a capacidade de trabalho anaeróbia (CTA), que tem sido associada aos índices do rendimento anaeróbio, mostrou-se compatível com o déficit máximo acumulado de oxigênio (MAOD), cerca de $72 \text{mlO}_2/\text{kg}$, quando quantificada pelo modelo não-linear de 2-parâmetros, ou seja, $\sim 29 \text{KJ}$ (assumindo $20,9 \text{J/mlO}_2$) (TOUSSAINT et al., 1998).

A dificuldade em modelar a relação $P-t_{Lim}$ na natação reside na ausência de procedimentos de estimativa da potência mecânica externa (P_{ext}) em uma faixa de velocidade de nado variando entre submáxima e máxima. Na natação, a força propulsiva (F_p) gerada pelo nadador é, em condições de equilíbrio dinâmico, proporcional à força de arrasto ativo (F_r) oferecida pelo fluido contra a trajetória de deslocamento do corpo (TOUSSAINT; ROSS; KOMOLGOROV, 2004), assim:

$$F_p = F_r = \frac{1}{2} C_x \times \rho \times S \times v^2 \quad (4)$$

onde C_x é o coeficiente de arrasto para o corpo; ρ a densidade da água; S a área e seção transversa do nadador exposta ao fluido; e v^2 a velocidade de nado ao quadrado. A potência mecânica externa útil (P_u) à propulsão corresponderia, segundo Toussaint et al. (1983), a:

$$P_u = F_r \times v \quad (5)$$

Uma vez que a ação do hidrofólio faz com que a água adquira energia cinética (DEGROOT; INGEN SCHENAU, 1988), na natação a P_{ext} corresponde a:

$$P_{ext} = P_u + P_{H_2O} \quad (6)$$

em que P_{H_2O} é a parcela de P_{ext} transferida ao fluido e não útil à propulsão. A magnitude de P_u depende da capacidade do hidrofólio em reduzir P_{H_2O} , obtendo um melhor aproveitamento de P_{ext} ; e não, necessariamente, de uma maior atividade muscular (TOUSSAINT et al., 1983). Por ser a relação entre aproveitamento e desperdício de P_{ext} caracterizada pela eficiência propulsiva (ep):

$$ep = \frac{P_u}{P_u + P_{H_2O}} \quad (7)$$

a variável mecânica de maior significado fisiológico, na natação, para compor o modelo $P-t_{Lim}$ seria estimada por:

$$P_{ext} = \frac{P_u}{ep} \quad (8)$$

A estimativa de ep em diferentes velocidades de nado é inviabilizada, em parte, pela limitação que o contexto de nado impõe aos recursos instrumentais e, por outro, pelo elevado custo financeiro, como também pela ausência de consenso em torno dos pressupostos assumidos.

Alternativamente, Wakayoshi et al. (1992) empregaram seis velocidades diferentes, em intervalos de 30min, com a menor delas permitindo nadar por mais de 5min em um *flume* antes de exaustão, para caracterizar a relação entre tempo limite (t_{Lim}) e distância limite (d_{Lim}), que se mostrou remarcadamente linear ($r^2 = 0,998$). Dessa forma, puderam aplicar o conceito de P_{crit} à velocidade crítica (v_{crit}), que foi postulada como a velocidade que os nadadores poderiam sustentar por um período longo de tempo sem exaustão. Para tanto, o tempo limite foi relacionado à distância limite em uma equação análoga à relação entre potência e tempo limite:

$$d_{Lim} = a + b \times t_{Lim} \quad (9)$$

considerando, na equação 9, $d_{Lim} = v \times t_{Lim}$, a equação 9 pode ser rearranjada para "v", fornecendo:

$$v = \left(\frac{a}{t_{Lim}} \right) + b \quad (10)$$

em que "a" é o intercepto em y e definido como a capacidade anaeróbia em unidade de distância (distância anaeróbia de nado – DAN –, em metros); e "b" é a inclinação quando $t \rightarrow \infty$, $a/t_{Lim} \rightarrow 0$ e $v \rightarrow b$.

Testes em v_{crit} suportaram sua validade enquanto índice representativo do desempenho de longa duração e seu significado fisiológico relacionado à intensidade correspondente à estabilidade de diferentes parâmetros metabólicos na natação (DEKERLE et al., 2002) e na corrida (SMITH; JONES, 2001).

A aplicação do modelo de $P-t_{Lim}$ na natação tem empregado a potência fisiológica como parâmetro de intensidade. Toussaint et al. (1998) modelaram a P_{crit} e CTA na natação pelos ajustes linear e não-linear de 2-parâmetros, relacionando o equivalente mecânico da potência fisiológica total ao tempo limite em 50, 100, 200, 400, 800 e 1.500m. Contudo, como o custo energético na natação depende da velocidade ao cubo, da eficiência mecânica bruta e da eficiência propulsiva ($E = (A \times v^3)/(e_b \times e_p)$, onde " $A \times v^3$ " é a potência mecânica útil à propulsão – Pu), que não são constantes na natação, o modelo $P-t_{Lim}$ não é atendido em sua pressuposição de que a eficiência mecânica deve ser constante ao longo de uma faixa de velocidade, como se admite ser no ciclismo e na corrida (SMITH; JONES, 2001). A viabilidade do modelo $P-t_{Lim}$ foi suportada, em Toussaint et al. (1998), pela demonstração da linearidade entre d_{Lim} e t_{Lim} e entre custo energético e t_{Lim} . Nesse estudo, os autores compararam a potência crítica com a velocidade crítica pela equação do desempenho de nado, concluindo que esses índices estão relacionados conforme:

$$P_{crit} = \frac{A \times v_{crit}^3}{ep} \quad (11)$$

A necessidade em valer-se de modelos da mecânica de nado para assegurar o emprego de parâmetros seguros de intensidade remete ao emprego do nado atado. Em termos motores, a atividade muscular no *crawl*-atado (sem deslocamento) evidencia um diagrama de eletromiografia similar àquele observado no *crawl* sem empecilhos, o que denota a semelhança no padrão de contração entre ambas as atividades (BOLLENS et al., 1988). Quanto à mecânica, no *crawl*-atado sem deslocamento corporal, Fr não existe, uma vez que a velocidade corporal na água não está contida no contexto; assim, a força propulsiva (Fp) é contrabalançada pela carga e, portanto, o balanço de forças durante a braçada corresponderia à $F_{Total} = Carga + Fp$ (MARTIN; YEATER; WHITE, 1981).

O emprego da relação carga-tempo limite tem sido estabelecida para averiguar as relações da força crítica de nado-atado com o limiar anaeróbio (IKUTA; WAKAYOSHI; NOMURA, 1996), com o lactato sanguíneo e o consumo de oxigênio (ALMEIDA et al., 2002) e com a velocidade crítica (PERANDINI et al., 2006). Os resultados apresentaram controvérsias, pois enquanto Ikuta, Wakayoshi e Nomura (1996) e Perandini et al. (2006) evidenciaram as relações tematizadas, Almeida et al. (2002) não obtiveram resultados significativos. Isso se deve, principalmente, pelo parâmetro mecânico empregado, a força, que isoladamente não representa, na natação, a demanda imposta sobre os mecanismos contráteis e metabólicos dos músculos ativos. Ainda, a ausência de uma referência de carga individual compromete, nesses estudos, a ordem da estrutura lógica da quantidade de carga, que deve ser inerente ao protocolo para assegurar sua reprodutibilidade.

Pessoa Filho, Silva e Denadai (2007) modelaram a relação potência-tempo limite por ajuste linear ($P - 1/t_{Lim}$), empregando a força de arrasto em velocidade máxima de nado ($Fr_{máx}$) como entidade mecânica de referência de carga, e a potência mecânica no *crawl*-atado como entidade mecânica representativa do estímulo demandado aos processos mecânicos e metabólicos dos músculos ativos. Seus resultados evidenciaram relações entre o tempo limite nos percentuais submáximos de $Fr_{máx}$ com o tempo em provas de 200, 400 e 800m do *crawl* sem empecilhos. Porém, não traçaram relações com os índices v_{crit} e DAN, oriundos dos ajustes $d_{Lim} - t_{Lim}$ e $v - t_{Lim}$, que têm sido amplamente investigados na natação. Ainda, a utilidade da modelagem $P - t_{Lim}$ no *crawl*-atado não está apenas em definir parâmetros mais inerentes à sistematização de demandas metabólicas específicas no treinamento, mas fazê-lo a partir de um exercício contra resistência. Desse modo, este estudo teve por propósito descrever a relação $P - t_{Lim}$ por ajustes lineares e não-lineares, estabe-

lecendo a validade do emprego da potência mecânica no *crawl*-atado (P_{Atado}) como variável dependente da função com o tempo de exaustão, a partir de suas relações com os parâmetros fornecidos pelos modelos d_{Lim} - t_{Lim} e v - t_{Lim} .

MATERIAL E MÉTODOS

Sujeitos

Foram analisados 24 nadadores de ambos os sexos, com idade $16,46 \pm 2,69$ anos, estatura de $171,52 \pm 8,68$ cm e massa corporal de $67,66 \pm 13,46$ kg, em treinamento por pelo menos 12 meses no Centro de Treinamento Olímpico da Secretaria Municipal de Esporte de Presidente Prudente (SEMEPP-SP). Os sujeitos assinaram um termo de consentimento livre e espontâneo para participação. Esta pesquisa foi submetida e aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista *campus* de Bauru (Unesp), sob o protocolo n. 003551, processo n. 517/46/01/07.

Delineamento Experimental

Os sujeitos foram, primeiramente, submetidos aos testes antropométricos. Após 24 horas foram desempenhados os teste de velocidade durante a sessão diária de treinamento, após a fase de aquecimento. Os dados antropométricos e de velocidade forneceram valores para a determinação da carga nos testes de exaustão, como detalhado a seguir. A referência de carga foi fracionada e o tempo de exaustão de nado *crawl*-atado foi registrado no momento em que o nadador não se mostrou capaz de manter a posição e, então, foi tracionado para trás pelo sistema, deixando com que o quadril ultrapasse a linha que, inicialmente, demarcava seus pés; ou, simplesmente, desistisse. Os esforços com exaustão até 10min foram executados com intervalos de 30min. Os esforços superiores a 10min foram realizados com intervalos de 24 horas. Após o término da coleta de informações em quatro testes de exaustão no sistema de nado atado, deu-se início aos quatro testes de tempo de nado nas distâncias previstas. Os esforços foram executados em intervalos de 24 horas durante as sessões de treinamento, após a fase inicial de aquecimento.

Procedimentos de Quantificação

Determinação da carga nos testes de exaustão em *crawl*-atado

A carga anexada ao sistema de tração para o *crawl*-atado foi determinada pela

estimativa da força de arrasto ativo (N), em cada sujeito, pela equação 8. Nessa equação, a máxima velocidade de nado (v_{\max}) foi observada pelo registro manual do tempo médio para percorrer uma distância de 13m. A força de arrasto em v_{\max} foi convertida em quilograma e considerada a carga, ou força máxima (100%), cujas frações supramáximas ou submáximas representaram a intensidade do esforço nos quatro estágios do teste, ajustando-se aos tempos de exaustão predeterminados. Essa variável da mecânica de nado foi determinada, conforme Toussaint et al. (1998), pela equação:

$$Fr = A \times v^2 \quad (12)$$

em que A é a constante de proporcionalidade, que foi estimada em cada sujeito, a partir do algoritmo $[(0,35 \times \text{massa corporal}) + 2]$, empregando a massa corporal dos sujeitos analisados.

Determinação da variável mecânica P_{Atado}

A variável mecânica que foi relacionada ao t_{lim} de nado é a potência mecânica produzida pela mão no *crawl*-atado (P_{Atado}), determinada em todos os sujeitos pela equação.

$$P_{\text{Atado}}(W) = \text{Carga}(N) \times v_{\text{Hidrof}} \quad (13)$$

em que v_{Hidrof} corresponde à velocidade do hidrofólio, que em condições de nado atado pode ser estimada, segundo DeGroot e Ingen Schenau (1988), por:

$$v_{\text{Hidrof}} = \left(\text{carga}(N) / (0,5 Cx_{\text{Hidrof}} \times S_{\text{Hidrof}} \times \rho) \right)^{1/2} \quad (14)$$

em que Cx_{Hidrof} é o coeficiente de arrasto do hidrofólio, estimado em 2,2 e proposto como uma constante ao longo das diferentes intensidades de nado (SCHLEIHAUF; GRAY; DEROSE, 1983); " ρ " é a densidade da água, considerada em 1000kg/m³; S_{Hidrof} a área de seção transversa do hidrofólio do nadador exposta ao fluido, determinada pelo volume do hidrofólio elevado a dois terços ($V_{\text{Hidrof}}^{2/3}$); e *Carga* (N) refere-se aos percentuais da força de arrasto ativo obtidos pela equação 8 e que foi anexada ao sistema de polias de base móvel (dispositivo de nado atado). Esse sistema foi composto por cordas paralelas, com cinco roldanas fixas no ápice e quatro móveis na base, formando a talha exponencial, com carga final referente à 1/5 (um quinto) daquela anexada. O $V_{\text{Hidrof}}^{2/3}$ foi determinado pela massa e densidade da mão e do antebraço, obtidos pela massa corporal de cada sujeito, empregando o modelo antropométrico de Hatz, descrito em Enoka (1994).

Determinação dos parâmetros do modelo $d_{Lim}-t_{Lim}$ linear e hiperbólico

O tempo do desempenho nas distâncias de 200, 400, 800 e 1.500m em nado *crawl* sem empecilhos foi registrado e a relação entre $d_{Lim}-t_{Lim}$ foi determinada seguindo as recomendações estabelecidas em Wakayoshi et al. (1992), que ajustaram a distância, como variável dependente, e o tempo nas distâncias de nado, enquanto variável independente, conforme a equação 9. A relação $v-t_{Lim}$, por sua vez, foi traçada pela equação 10, seguindo as proposições descritas em Hill, Steward e Lane (1995). Esses ajustes forneceram v_{crit} (m/s) e a DAN (m).

Determinação dos parâmetros do modelo $P_{Atado}-t_{Lim}$ linear e hiperbólico

O modelo $P_{Atado}-t_{Lim}$ foi análogo aos modelos P-Linear (equação 2) e hiperbólico de 2-parâmetros (equação 3), propostos em Morton (2006). O protocolo prevê esforços contínuos, em intensidade constante e com tempo de exaustão entre 3 a 5, 5 a 10, 10 a 15 e 15 a 20min, não excedendo os limites temporais mínimos e máximos propostos por Dekerle et al. (2002); e sendo a quantidade de esforços satisfatória para analisar a relação entre $P_{Atado}-t_{lim}$ por métodos lineares e não-lineares, conforme Morton (2006). Esses ajustes forneceram $P_{AtadoCrit}$ (w) e a CTA (kj).

Conversão da v_{crit} em P_{crit} e de P_{crit} em V_{crit} pela equação geral do desempenho

A equação 11 será empregada para a obtenção dos índices $v_{critEst}$ (m/s) e $P_{critEst}$ (w), a partir, respectivamente, dos índices $P_{AtadoCrit}$ (w) e v_{crit} (m/s). A fim de que $P_{AtadoCrit}$ tenha sua validade analisada pela relação direta com índice da mesma grandeza mecânica, obtido pela transformação de v_{crit} em $P_{critEst}$; e por uma relação indireta, relacionando seu recíproco, $v_{critEst}$, a v_{crit} .

Para tanto, a eficiência propulsiva (*ep*) no nado *crawl* foi estimada, conforme o método proposto por DeGroot e Ingen Schenau (1988). Esse método, aplicado aos segmentos propulsores (braço e mão = hidrofólio), assume que a pressão dinâmica gerada pela diferença de pressão do fluxo de água, que é pressionado pela superfície plana do hidrofólio (com velocidade = *m*), equivale a $1/2 \times \rho \times \mu^2$. A força de arrasto que atua sobre o hidrofólio, gerando propulsão (dada à sua orientação) seria:

$$Frp = \frac{1}{2} Cx_{Hidrof} \times \rho \times S_{Hidrof} \times \mu^2 \quad (15)$$

em que *Frp* é a força de arrasto propulsiva que atua sobre o hidrofólio.

Nessa condição de braçada, a força de arrasto ativo que atua sobre o corpo (Fr) é proporcional à Fr_p (ou à Fp), pressupondo um deslocamento do corpo em equilíbrio dinâmico e uma componente normal (força de sustentação propulsiva, Fsp) pouco significativa para a propulsão. Assim, igualando as equações 4 e 15 e resolvendo para m/v , obtém-se:

$$\frac{1}{2}Cx_{Hidrof} \times \rho \times S_{Hidrof} \times \mu^2 = \frac{1}{2}Cx_{Corpo} \times \rho \times S_{Corpo} \times v^2$$

ou (16)

$$\frac{\mu}{v} = \sqrt{\frac{Cx_{Corpo} \times S_{Corpo}}{Cx_{Hidrof} \times S_{Hidrof}}}$$

A partir da equação 16, o valor da ep de braçadas com trajetórias retilíneas pode ser estimado:

$$ep_{(R)} = \frac{Fr \times v}{Fr \times v + Frp \times \mu} = \frac{1}{1 + \sqrt{\frac{Cx_{Corpo} \times S_{Corpo}}{Cx_{Hidrof} \times S_{Hidrof}}}} \quad (17)$$

O coeficiente de arrasto do corpo (Cx_{Corpo}) foi estimado a partir da determinação do coeficiente de proporcionalidade (A), obtido pela equação 12 e aplicado na igualdade $A = 0,5Cx_{Corpo} \times \rho \times S_{Corpo}$ resolvida para Cx_{Corpo} . A variável S_{Corpo} foi estimada pelo volume corporal elevado a dois terços ($Vc^{2/3}$ – admitindo que ρ do nadador poderá ser estimada pelo método de dobras cutâneas, seguindo os protocolos de três dobras específicos para homens e mulheres propostos por Jackson e Pollock, 1985).

Tratamento Estatístico

As comparações de semelhança entre as variáveis $P_{AtadoCrit} - P_{critEst}$ (linear e não-linear), $v_{crit} - v_{critEst}$ (linear e não-linear) e entre o t_{Lim} no *crawl*-atado e sem empecilhos foram realizadas pelo Teste de Mann-Whitney, em razão da relatada variabilidade dos dados que compõem os modelos $d_{Lim} - t_{Lim}$, $v - t_{Lim}$ e $P - t_{Lim}$. O coeficiente de linearidade (ρ de Pearson) foi averiguado para as relações entre $P_{AtadoCrit}$ e v_{crit} , e entre $P_{AtadoCrit}$ e v_{crit} observadas e estimadas. O pacote LAB Fit (SILVA; SILVA, 2003) foi empregado para traçar a regressão linear simples e hiperbólica. O pacote SPSS foi empregado para averiguar as semelhanças, linearidade e similaridades en-

tre as médias das variáveis. Em todas as análises adotou-se nível de significância em $p \leq 0,05$.

RESULTADOS

As características do formato corporal dos sujeitos podem ser observadas pelos componentes da composição corporal apresentados na Tabela 1. Os parâmetros da mecânica de nado (Tabela 2) são compatíveis com $Fr = 25,21v^2$, que é considerada a referência de força hidrodinâmica, em condições de equilíbrio dinâmico, para o nado *crawl*. O tempo de exaustão no nado *crawl*-atado exigiu frações de 100, 90, 80 e 75% de $Fr_{m\acute{a}x}$ (Tabela 3) para ajustar-se aos intervalos de tempo predeterminado. Todavia, os nadadores femininos demandam frações mais elevadas de $Fr_{m\acute{a}x}$, em comparação com os nadadores masculinos, para atingir a exaustão nos intervalos de tempo analisados.

Os tempos de exaustão no *crawl*-atado para as frações de $Fr_{m\acute{a}x}$ apresentam variabilidade moderada para os intervalos curto (180-300s) e médios (300-600s; 600-900s) de tempo de esforço previsto (Tabela 4). No intervalo longo de esforço (900-1200s), a variabilidade do tempo de exaustão é baixa, evidenciando a variável $Fr_{m\acute{a}x}$ como parâmetro adequado para normalizar a intensidade da carga no sistema de nado atado.

Os parâmetros do modelo $P_{Atado} - t_{Lim}$ de ajuste linear ($P_{Atado} - 1/t$) e não-linear ($P_{Atado} - t$) estão apresentados na Tabela 5. Os valores de P_{crit} estimados pela equação geral do desempenho (Tabela 6), a partir dos valores de v_{crit} de ajuste linear (distância-tempo, Tabela 7) e não-linear (velocidade-tempo, Tabela 7), apresentam elevado coeficiente de variação: 0,59 para P_{crit} estimada por v_{crit} de ajuste linear e 0,53 para P_{crit} estimada por v_{crit} de ajuste não-linear. Esses valores são considerados elevados, enquanto os valores de 0,32 para $P_{AtadoCrit}$ de ajuste linear e de 0,33 para $P_{AtadoCrit}$ não-linear são considerados moderados. O coeficiente de determinação (r^2) apresentou valores elevados para ambos os tipos de ajuste entre P_{Atado} e tempo de exaustão e entre distância e velocidade com seus respectivos tempos de exaustão.

A estimativa de v_{crit} pela equação geral do desempenho (Tabela 8), realizada pelos valores de $P_{AtadoCrit}$ de ajuste linear (potência-tempo⁻¹, Tabela 5) e não-linear (potência-tempo, Tabela 5), apresentam baixo coeficiente de variação: 0,08 para v_{crit} estimada por $P_{AtadoCrit}$ de ajuste linear e 0,09 para v_{crit} estimada por $P_{AtadoCrit}$ de ajuste não-linear. Esses valores são considerados baixos, assim como os valores de 0,14 para v_{crit} de ajuste linear e de 0,13 para v_{crit} não-linear.

Os ajustes lineares e não-lineares entre potência-tempo, distância-tempo e velocidade-tempo são apresentados na Figura 1. A Figura 2 permite observar a

TABELA 1 – CARACTERÍSTICAS DA COMPOSIÇÃO CORPORAL

	Geral	Mulheres	Homem
Densidade (g/cm ³)	1,074±0,020	1,042±0,016	1,083±0,009
% Gordura	10,54±8,13	23,33±7,24	7,17±3,930
Massa magra (kg)	60,47±12,51	43,22±5,20	65,01±9,47
Massa gorda (kg)	7,19±5,59	13,88±6,14	5,43±3,98

TABELA 2 – CARACTERÍSTICAS DO DESEMPENHO MÁXIMO DE NADO E PARÂMETROS DA HIDRODINÂMICA DE NADO

Parâmetros	Geral	Mulheres	Homem
Tempo 15m (s)	9,55±1,03	11,22±0,40	9,11±0,59
v _{máx} (m/s)	1,59±0,16	1,34±0,05	1,65±0,11
A (adimensional)	25,68±4,71	21,99±3,83	26,65±4,51
Fr _{máx} (N)	66,72±22,13	39,43±7,50	73,90±18,76
Pu _{máx} (w)	108,96±44,63	52,86±10,71	123,73±37,62
Cx (adimensional)	0,324±0,016	0,304±0,012	0,329±0,014
ep _{Hidrof} (decimal)	0,43±0,01	0,43±0,01	0,42±0,01
P _{AtadoMáx} (w)	135,73±44,93	74,61±10,48	151,82±35,28

Obs.: v_{máx} é a velocidade máxima de nado *crawl* na distância de 13-15m; A é o coeficiente de proporcionalidade; Fr_{máx} é a força de arrasto ativo máxima no nado *crawl*; Pu_{máx} é a potência mecânica máxima útil à propulsão; Cx é o coeficiente de arrasto ativo; ep_{Hidrof} é a eficiência propulsiva do hidrofólio na ação propulsiva; e P_{AtadoMáx} é a potência mecânica máxima do nado *crawl*-atado.

TABELA 3 – VARIAÇÃO PERCENTUAL DA FORÇA DE ARRASTO ATIVO NOS INTERVALOS DE TEMPO PREVISTOS PARA A EXAUSTÃO

Intervalo de exaustão	%Fr _{máx}		
	Geral	Mulheres	Homem
180-300s	97,39±13,47 %	106,00±13,42 %	95,00±12,83 %
300-600s	89,04±13,15 %	97,00±13,04 %	86,95±12,69 %
600-900s	80,22±11,63 %	89,00±12,45 %	77,78±10,46 %
900-1200s	75,21±11,84 %	83,00±12,55 %	73,16±11,08 %

TABELA 4 – TEMPO DE EXAUSTÃO NO CRAWL-ATADO NAS FRAÇÕES DE FR_{MÁX}

	Percentual da Fr _{máx}			
	97,39±13,47%	89,04±13,15%	80,22±11,63%	75,21±11,84%
Média	231,63s	420,48s	685,13s	969,15s
DP	51,73s	91,18s	86,22s	50,54s
CV	22,33	21,68	12,58	5,22

TABELA 5 – PARÂMETROS DO MODELO $P_{ATADO}-T_{LIM}$ DE AJUSTE LINEAR E NÃO-LINEAR

		Geral	Mulheres	Homem
Linear	CTA (kj)	12,90±6,61	8,33±2,40	14,10±6,87
	$P_{AtadoCrit}$ (w)	81,90±26,29	45,17±4,40	91,57±20,14
	r^2	0,93±0,06	0,93±0,04	0,93±0,07
Não-linear	CTA (kj)	19,47±8,18	12,78±4,38	21,23±8,09
	$P_{AtadoCrit}$ (w)	71,10±23,66	38,40±4,67	79,70±18,32
	r^2	0,96±0,03	0,95±0,04	0,96±0,03

TABELA 6 – VALORES DE P_{CRIT} ESTIMADOS PELA EQUAÇÃO GERAL DO DESEMPENHO DE NADO, A PARTIR DE V_{CRIT} DE AJUSTE LINEAR E NÃO-LINEAR

	Geral	Mulheres	Homens
$P_{critEst}$ (linear)	108,19±63,80	53,73±10,07	125,21±64,05
$P_{critEst}$ (não-linear)	96,33±51,18	50,70±9,22	110,59±50,59

TABELA 7 – PARÂMETROS DO MODELO $D_{LIM}-T_{LIM}$ DE AJUSTE LINEAR E NÃO-LINEAR

		Geral	Mulheres	Homem
Linear	DAN (m)	54.32±23.85	58.90±21.33	52.89±25.06
	v_{crit} (m/s)	1.18±0.16	1.02±0.02	1.23±0.15
	R^2	0.998±0.002	0.998±0.003	0.997±0.002
Não-linear	DAN (m)	80.95±28.97	73.35±34.63	83.33±27.82
	v_{crit} (m/s)	1.14±0.15	1.00±0.02	1.19±0.14
	r^2	0.865±0.203	0.930±0.055	0.845±0.229

TABELA 8 – VALORES DE $V_{CRITEST}$ ESTIMADOS PELA EQUAÇÃO GERAL DO DESEMPENHO DE NADO, A PARTIR DE $P_{ATADOCRIT}$ DE AJUSTE LINEAR E NÃO-LINEAR

	Geral	Mulheres	Homens
v_{crit} (linear)	1,10±0,09	0,96±0,04	1,13±0,07
v_{crit} (não-linear)	1,04±0,10	0,91±0,06	1,08±0,07

ausência de diferenças entre os valores de $P_{AtadoCrit}$ e entre os valores de v_{crit} linear e não-linear, bem como a ausência de diferenças significativas entre esses parâmetros e os valores de potência crítica e velocidade crítica estimados pela equação geral do desempenho.

A existência de coeficiente de linearidade significativo entre a potência crítica observada e estimada e entre a velocidade crítica observada e estimada ($\rho \leq 0,01$ em todas as relações, Tabela 9) denota a similaridade entre as condições que representam. Isso torna a $P_{AtadoCrit}$ um índice com o mesmo papel fisiológico que v_{crit} .

FIGURA 1: APLICAÇÃO DO MODELO $D_{LIM}-T_{LIM}$ DE AJUSTE LINEAR (A) E DO MODELO $V-T_{LIM}$ DE AJUSTE NÃO-LINEAR (B) PARA O SUJEITO 8. APLICAÇÃO DO MODELO $P_{ATADO}-T_{LIM}$ DE AJUSTE LINEAR (C) E DE AJUSTE NÃO-LINEAR (D) PARA O SUJEITO 17

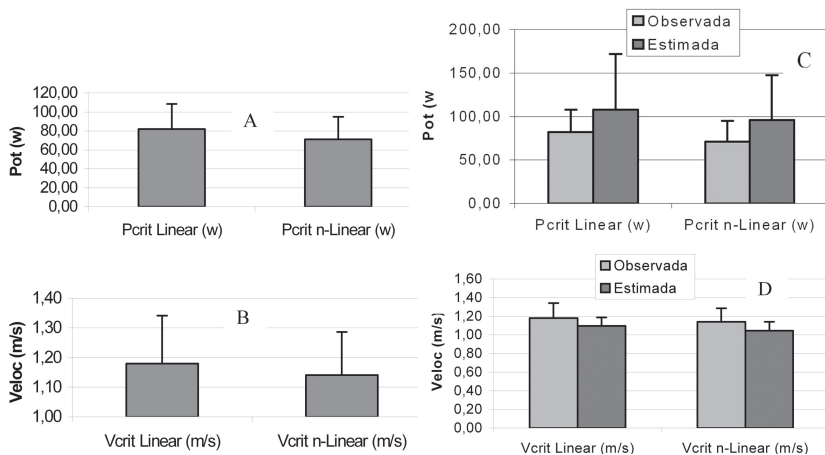
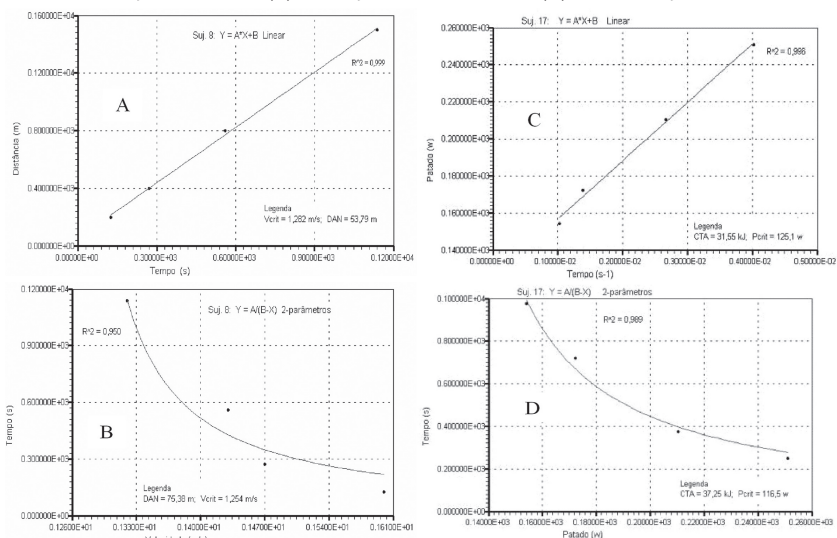


TABELA 9 – COEFICIENTE DE LINEARIDADE ENTRE OS VALORES DE P_{CRIT} E DE V_{CRIT} OBTIDA PELOS MÉTODOS LINEAR E NÃO-LINEAR E ENTRE OS VALORES DESTAS VARIÁVEIS ESTIMADOS PELA EQUAÇÃO DO DESEMPENHO

Estimada		Observada			
		$P_{AtadoCrit}$ (linear)	$P_{AtadoCrit}$ (não-linear)	v_{crit} (linear)	v_{crit} (não-linear)
	P_{crit} (linear)	0,816**			
	P_{crit} (não-linear)		0,819**		
	v_{crit} (linear)			0,716**	
	v_{crit} (não-linear)				0,680**

*Significativo em $p \leq 0,05$. ** Significativo em $p \leq 0,01$.

DISCUSSÃO

O resultado principal deste estudo foi comprovar o emprego da força de arrasto ativo máxima ($Fr_{m\acute{a}x}$) como parâmetro de ordem na determinação da intensidade de carga a ser empregada no sistema atado de nado em testes de exaustão, assim como verificar a compatibilidade da potência crítica em *crawl*-atado ($P_{AtadoCrit}$) enquanto índice da intensidade de nado que pode ser sustentada por longa duração, a partir de suas relações com a velocidade crítica (v_{crit}). Outro ponto relevante foi assegurar a validade do valor de força fornecido pela equação do coeficiente de proporcionalidade apresentada por Toussaint et al. (1990), que se trata de um procedimento simples para a obtenção de $Fr_{m\acute{a}x}$.

A estimativa de Fr apresentou valores semelhantes aos valores de $Fr = 26v^2$ obtidos por Toussaint, Ross e Komolgorov (2004) com o uso do Mad-system. No entanto, mostram-se superiores aos valores de $Fr = 16v^2$ encontrados por esses mesmos autores pelo procedimento de perturbação da velocidade. Isso era aguardado, uma vez que o procedimento adotado para determinar Fr exigia, primeiramente, o cálculo do coeficiente de proporcionalidade, que foi equacionado por Toussaint et al. (1990) a partir de mensurações de Fr no Mad-system em diferentes fases da maturação biológica de nadadores de ambos os sexos.

Os valores encontrados de $Fr_{m\acute{a}x}$ fornecem a referência de carga (kg) para os testes de exaustão e a referência de força (N) para o cálculo da velocidade da mão e, assim, componente decisivo do valor da potência em *crawl*-atado (P_{Atado}). Ressalta-se, por isso, que o uso de $Fr = Av^2$ requer desempenho máximo para não subestimar o valor de $Fr_{m\acute{a}x}$. A ausência de uma estimulação adequada durante o nado do *crawl* em 13-15m pode ter sido a principal causa da elevada variabilidade dos valores de força (N) (> 50%) para a obtenção da exaustão nos intervalos de tempo previstos por Pessoa Filho, Silva e Denadai (2007) e, conseqüentemente, dos tempos de exaustão (35 a 50%) apresentados por estes autores — fato este

não ocorrido no presente estudo, como mostram as Tabelas 3 e 4. Outra restrição, que conduziria ao mesmo problema, seria a aplicação desse procedimento em nadadores pouco experientes e treinados, pela elevada redução da proficiência de nado em esforços máximos e também pelas limitações do aparato contrátil e do sistema metabólico em esforços máximos (WAKAYOSHI et al., 1995). No entanto, pressupor que a força de arrasto ativo varia de acordo com $Fr = Av^2$ é uma limitação matemática deste estudo, pois, segundo Toussaint, Ross e Komolgorov (2004), o expoente dessa relação tem-se mostrado diferente de dois, sendo menor que dois em condições submáximas e maior em condições máximas de nado, o que forneceria, provavelmente, valores de Fr diferentes daqueles obtido no presente estudo. Uma alternativa para superar essa restrição seria a análise cinemática da mão para uma determinação precisa da velocidade da mão em condições de nado atado.

A validação de um procedimento simples na determinação da força de arrasto ativo (Fr) fornece confiabilidade para aplicação deste parâmetro no cotidiano de nadadores, uma vez que a redução de Fr em uma dada velocidade de nado é uma observação sugestiva do aprimoramento da técnica de nado (TOUSSAINT et al., 1990).

Os valores médios de P_{Atado} em $100\% Fr_{máx}$ ($P_{AtadoMáx}$) são similares aqueles relatados para condições do *crawl* sem empecilhos ($P_{ext} = \{[(21,33v^{2,34})v]/ep\}$) em velocidade média de 1,53m/s, isto é, cerca de 156,7w ao empregar 60% como valor de referência para ep , segundo Toussaint et al. (1998), sendo muito semelhante ao valor da média de $P_{AtadoMáx}$ apresentada pelos nadadores masculinos. No entanto, ao utilizar o valor médio de ep encontrado para os sujeitos deste estudo, a P_{ext} é de 218,7w, sendo apenas próxima aquelas apresentadas pelos Sujeitos 7 e 17. Comparar a potência externa mecânica em nado atado (P_{Atado}) com a potência mecânica externa total no nado sem empecilhos (P_{ext}) faz sentido matemático, pois se $P_{ext} = Pu/ep$ em nado sem empecilhos, em condições atada, sem deslocamento, toda a potência muscular é desperdiçada por não haver propulsão, então, $P_{ext} = P_{H_2O}$ (TOUSSAINT; ROSS; KOMOLGOROV, 2004), sendo $P_{H_2O} = Carga(N)*v_{mão}$. De fato, não há evidências de diferenças na disponibilidade energética entre as condições, conforme analisado por Martin, Yeater e White (1981), quanto ao VO_2 em intensidades submáximas. Todavia, diferenças cinemáticas, gestuais e eletromiográficas têm sido relatadas em algumas intensidades de nado (BOLLENS et al., 1988).

Isso torna válida a comparação entre as condições de nado pela equação geral do desempenho. Dessa forma, os valores médios de $P_{AtadoCrit}$ linear e não-linear (Tabela 5) que se apresentam próximos, mas não semelhantes, aos valores médios de 114,4w e de 114,5w para P_{crit} estimados em piscina e no *flume*, respec-

tivamente, por Toussaint et al. (1998), podem, apropriadamente, ser comparados ao seu recíproco em v_{crit} e vice-versa, ou seja, v_{crit} pode ser comparada a P_{crit} pelo seu recíproco em P_{crit} . A necessidade de valer-se desse recurso é que a determinação de v_{crit} por relações lineares ou não-lineares tem a validade e a fidedignidade de seus protocolos na natação assegurados desde Wakayoshi et al. (1992) e Hill, Steward e Lane (1995), enquanto a potência mecânica de nado é uma entidade com grande discrepância entre os pressupostos assumidos em seu cálculo. Assim, os valores médios de v_{crit} observados no presente estudo (Tabela 7), além de mostrarem-se muito semelhantes aos valores reportados por Hill, Steward e Lane (1995) de 1,215m/s (modelo $d_{Lim}-t_{Lim}$) e 1,212m/s (modelo $v-t_{Lim}$) para a faixa de idade entre 14-18 anos, apresentam-se, quando transformados em P_{crit} (Tabela 6), mais próximos aos valores de P_{crit} apresentados por Toussaint et al. (1998), em comparação com os valores de P_{crit} observados no presente estudo. Todavia, a Figura 1 revela não haver diferença significativa entre os valores observados ($P_{AtadoCrit}$) estimados ($P_{critEst}$) de potência crítica, o que assegura a paridade entre os modelos $d_{Lim}-t_{Lim}$ e $v-t_{Lim}$ com os modelos $P_{Atado}-l/t_{Lim}$ (reavaliado no presente estudo) e $P_{Atado}-t_{Lim}$ (propostos no presente estudo).

Corroborando esse resultado, verifica-se que a v_{crit} linear e não-linear estimadas por $P_{AtadoCrit}$ linear e não-linear (Tabela 8) apresentaram valores médios pouco abaixo dos valores de Hill, Steward e Lane (1995) anteriormente descritos, mas não diferentes, estatisticamente (Figura 1), com os valores de v_{crit} linear e não-linear observados no presente estudo. Bem como, o elevado coeficiente de linearidade (Tabela 9) denota a similaridade entre as condições de esforço retratadas por $P_{AtadoCrit}$ e v_{crit} . Esse é outro ponto favorável à sensibilidade da entidade mecânica utilizada como parâmetro carga.

Os valores médios de CTA mostram equiparáveis aos valores ($18,14 \pm 6,50$ kJ) apresentados por Pessoa Filho, Silva e Denadai (2007), porém são superiores aos 1184J e aos 1462J para CTA avaliados por Toussaint et al. (1998). Por sua vez, os valores de DAN mostraram-se superiores aos relatados na literatura (WAKAYOSHI et al., 1992; HILL; STEWARD; LANE, 1995). Contudo, as diferenças podem ter sido causadas pelo protocolo empregado, no qual o uso de distâncias curtas tende a reduzir o valor de DAN. Verifica-se, no entanto, que todos os ajustes empregados no presente estudo apresentam um elevado coeficiente de determinação (r^2), assegurando a precisão das estimativas.

O modelo de potência crítica examina a função metabólica em exercício, a partir de uma perspectiva corporal-total, apresentando como característica fundamental um único elemento responsável pela demanda sobre os processos bioenergéticos (MORTON, 2006). Assim, sendo capaz de caracterizar a relação en-

tre a bioenergética e o desempenho (idem, ibidem), ou ainda, identificar deficiências para uma distância específica da competição, quanto às demandas metabólicas ou habilidosas (TOUSSAINT et al., 1998). A aplicação deste modelo no *crawl*-atado permite reunir características mais propícias ao delineamento do treinamento por assegurar maior especificidade dos fatores determinantes do desempenho, como ambiente da prática, intensidade da força, padrões cinemáticos, volume do exercício e demanda metabólica.

CONCLUSÃO

Conclui-se que $P_{AtadoCrit}$ apresenta elevado potencial para exercer a função de parâmetro integrador das relações entre demanda metabólica e mecânica na natação. As comparações entre P_{crit} e v_{crit} pela equação geral do desempenho mostra-se pertinente ao acompanhamento das adaptações fisiológicas e evoluções técnicas em contextos reais de nado (sem empecilhos), em que se manifesta a obtenção da meta mais pronunciada com o treinamento: a capacidade de gerar força e a habilidade para aproveitá-la na propulsão. Sugere-se, em futuras pesquisas, relacionar os valores de $P_{AtadoCrit}$ com índices tradicionais da capacidade aeróbia, como o limiar ventilatório e de lactato.

Validity of the power-time to exhaustion model in the tethered-crawl stroke, through relationships to the distance and velocity-time to exhaustion models

ABSTRACT: Twenty four swimmers with $16,5 \pm 2,7$ years and $67,7 \pm 13,5$ kg were subjected to drag force (Fr) estimated from: $Fr = A \times v^2$. Fr at maximal crawl velocity was divided to make up the four stages of test, with exhaustion times between 3-20min. Critical velocity (v_{crit}) was calculated from distance between 200-1500m. Power delivered from tethered-crawl ($P_{TethCrit}$), velocity and distance were fitted to time to exhaustion by linear and hyperbolic functions. The linear (81,9w) and non linear (71,1w) $P_{TethCrit}$ were not different ($p \leq 0,05$) from the values of linear (108,2w) and non linear (96,3w) P_{crit} estimates taken from linear (1,2m/s) and non linear (1,14m/s) v_{crit} through swimming performance equations. We come to the conclusion that $P_{TethCrit}$ was related to v_{crit} and is a reliable index of aerobic capacity.

KEY WORDS: Critical power; Critical velocity; Tethered-crawl swim; and Swim performance equation.

Validación del modelo potencia-tiempo de agotamiento en el crawl-atado por las relaciones con los modelos distancia/ tiempo de agotamiento y velocidad/tiempo de agotamiento

RESUMEN: Veinte y cuatro nadadores, con $16,5 \pm 2,7$ años y $67,7 \pm 13,5$ kg, fueron sometidos a la evaluación de la fuerza del arrasto, por: $Fr = A \times v^2$. Fr , hallada en máxima velocidad, fue fraccionada para componer cuatro estadios de test, con tiempos de agotamiento entre 3-20min en crawl-atado. La V_{crit} fue estimada empleando cuatro distancias entre 200-1500m. la potencia en el crawl-atado (P_{Atado}), la velocidad y distancia fueron asociadas con los tiempos de agotamiento por ajustes lineares y hiperbólicos. $P_{Atado/Crit}$ linear ($81,9w$) y no linear ($71,1w$) no se diferenciaron ($p \leq 0,05$) del P_{crit} linear ($108,2w$) y no linear ($96,3w$) estimados por v_{crit} linear ($1,2m/s$) y no linear ($1,14m/s$) por la ecuación del desempeño. La conclusión es que $P_{Atado/Crit}$ se correlaciona con la v_{crit} la cual puede representar la capacidad aeróbica.

PALABRAS CLAVES: potencia crítica; velocidad crítica; nado crawl-atado y ecuación del desempeño a nado.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. G.; CUNHA, F. A. P.; ROSA, M. R. R.; KOKUBUN, E. Força crítica em nado atado: relações com o lactato sanguíneo e o consumo de oxigênio. *Revista Brasileira de Ciências do Esporte*, v. 24, p. 47-59, 2002.

BOLLENS, E.; ANNEMANS, L.; VAES, W.; CLARYS, J. P. Periferical EMG comparison between fully tethered and free front crawl swimming. In: UNGERRECHTS, B. E.; WILKE, K.; REISCHLE, K. (Eds.). *Swimming Science V*. v. 18. Champaign: Human Kinetics, 1988. p. 183-189.

DeGROOT, G.; INGEN SCHENAU, G. V. Fundamentals mechanics applied to swimming: technique and propelling efficiency. In: UNGERRECHTS, B. E.; WILKE, K.; REISCHLE, K. (Eds.). *Swimming Science V*. v. 18. Champaign: Human Kinetics 1988. p. 17-30.

DEKERLE, J.; SIDNEY, M.; HESPEL, J. M.; PELAYO, P. Validity and reliability of critical speed, critical stroke rate, and anaerobic capacity in relation to front crawl swimming performances. *Int J Sports Med*, v. 23, p. 86-92, 2002.

ENOKA, R. M. *Neuromechanical basis of kinesiology*. Champaign: Human Kinetics, 1994.

HILL, D. W.; STEWARD JR., R. P.; LANE, C. J. Application of the critical power concept to young swimmers. *Pediatr Exerc Sci*, v. 7, p. 281-293, 1995.

IKUTA, Y.; WAKAYOSHI, K.; NOMURA, T. Determination and validity of critical swimming force as performance index in tethered swimming. In: TROUP, J. P.; HOLLANDER, A. P.; STRASSE, D.; TRAPPE, S. W.; CAPPAERT, J. M.; TRAPPE, T. A. (Eds.). *Biomechanics and Medicine in Swimming VII*. London: E FN Spon, 1996. p. 146-151.

JACKSON, A. S.; POLLOCK, M. L. Practical assessment of body composition. *Phys Sportsmed*, v. 13, n. 5, p. 88-95, 1985.

MARTIN, R. B.; YEATER, R. A.; WHITE, M. K. A simple analytical model for the crawl stroke. *J Biomech*, v. 14, n. 8, p. 539-548, 1981.

MORTON, R. H. The critical power and related whole-body bioenergetic models. *Eur J Appl Physiol*, v. 96, p. 339-354, 2006.

PERANDINI, L. A. B.; OKUNO, N. M.; KOKUBUN, E.; NAKAMURA, F. Y. Correlações entre a força crítica e a velocidade crítica e suas respectivas frequências de braçada na natação. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum.*, v. 8, n. 4, p. 59-65, 2006.

PESSÔA FILHO, D. M.; SILVA, M. A.; DENADAI, B. S. Modelamento da relação potência/tempo limite no *crawl*-atado pela força de arrasto ativo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMECÂNICA, 12., 2007, Águas de São Pedro. *Anais... Águas de São Pedro: s.ed.*, 2007.

SCHLEIHAUF, R. E.; GRAY, L.; DEROSE, J. Three dimensional analysis of hand propulsion in the sprint front crawl stroke. In: HOLLANDER, A.; HUIJING, P.; DeGROOT, G. (Eds.). *Biomechanics and medicine in swimming III*. Champaign: Human Kinetics, 1983. p. 184-191.

SILVA, W. P. E.; SILVA, C. M. D. P. S. *LAB Fit ajuste de curvas*. V 7.2.14c. 2003. Disponível em: <www.angelfire.com/rmb/labfit/index_p.htm>. Acesso em: 15 abr. 2007.

SMITH, C. G. M.; JONES, A. M. The relationship between critical velocity, maximal lactate steady-state velocity and lactate turnpoint velocity in runners. *Eur J Appl Physiol*, v. 85, p. 19-26, 2001.

TOUSSAINT, H. M.; DE LOOZE, M.; VAN ROSSEM, B.; LEUDEKKERS, M.; DIGNUM, H. The effect of growth on drag in young swimmers. *Int J Sport Biomech.*, v. 6, p. 18-28, 1990.

TOUSSAINT, H. M.; ROSS, P. E.; KOLMOGOROV, S. The determination of drag in front crawl swimming. *J Biomech.*, v. 37, p. 1.655-1.663, 2004.

TOUSSAINT, H. M.; VAN DER HELM, F. C. T.; ELZERMAN, J. R.; HOLLANDER, A. P.; DeGROOT, G.; VAN INGEN SCHENAU, G. J. A. Power balance applied to swimming. In: HOLLANDER, A. P.; HUIJING, P. A.; DeGROOT, G. (Eds.). *Biomechanics and Medicine in Swimming III*. v. 14. Champaign: Human Kinetics, 1983. p. 258-263.

TOUSSAINT, H. M.; WAKAYOSHI, K.; HOLLANDER, A. P.; OGITA, F. Simulated front crawl swimming performance related to critical speed and critical power. *Med Sci Sports Exerc.*, v. 30, n. 1, p. 144-151, 1998.

WAKAYOSHI, K.; D'ACQUISTO, L. J.; CAPPART, J. M.; TROUP, J. P. Relationship between oxygen uptake, stroke rate and swimming velocity in competitive swimming. *Int J Sports Med.*, v. 16, p. 19-23, 1995.

WAKAYOSHI, K.; IKUTA, K.; YOSHIDA, T.; UDO, M.; MOTITANI, T.; MUTOH, Y.; MIYASHITA, M. Determination and validity of critical velocity as an index of swimming performance in the competitive swimmer. *Eur J Appl Physiol.*, v. 64, p. 153-157, 1992.

Recebido: 23 maio 2007

Aprovado: 19 set. 2007

Endereço para correspondência

Dalton Müller Pessôa Filho

Departamento de Educação Física, Faculdade de Ciência

Universidade Estadual Paulista (Unesp)

Av. Eng. Edmundo Carrijo Coube, s/n – Vargem Limpa

Bauru-SP

CEP 17033-360