



# Utilização do intercepto-y na avaliação da aptidão anaeróbia e predição da *performance* de nadadores treinados

Marcelo Papoti<sup>1,3</sup>, Alessandro Moura Zagatto<sup>2,3</sup>, Paulo Barbosa de Freitas Júnior<sup>5</sup>, Sergio Augusto Cunha<sup>3</sup>, Luiz Eduardo Barreto Martins<sup>4</sup> e Claudio Alexandre Gobatto<sup>3</sup>

## RESUMO

O objetivo deste estudo foi verificar a utilização do intercepto-y na avaliação da aptidão anaeróbia e predição da *performance* de nadadores treinados. Foram participantes do estudo 14 nadadores com idade entre 15 e 18 anos. Os atletas realizaram o teste de nado atado, *performance* máxima e velocidade crítica (VC) para determinação da capacidade de nado anaeróbio (CTA), todos em nado *crawl* em um período de três dias. 1) O teste de nado atado consistiu em realizar esforço máximo durante 30 segundos amarrado a um aparato de medição com células de carga para mensuração da força pico ( $F_{pic}$ ), aptidão anaeróbia ( $AP_{ANA}$ ) e concentração de lactato pico ( $[la]_{pic}$ ) conforme Papoti *et al.*<sup>(11)</sup>. 2) Os participantes realizaram também *performances* máximas nas distâncias de 100, 200, 300, 400 e 600m, com intervalo mínimo de duas horas entre cada nado. 3) O teste de VC foi aplicado para determinação da CTA utilizando todas as combinações possíveis dos resultados das *performances* máximas, através do modelo de regressão linear entre distância *versus* tempo. Foi encontrada média de  $25,07 \pm 4,22$ m nas 16 combinações de CTAs encontradas e coeficiente de regressão linear variando entre 0,99 e 1,00 e erro de coeficiente linear de  $19,30 \pm 5,9\%$ . Não foram encontradas correlações significativas entre as CTAs e *performances* máximas,  $F_{pic}$  ( $227,81 \pm 63,02$ N),  $AP_{ANA}$  ( $86,55 \pm 13,05$ N) e  $[la]_{pic}$  ( $6,80 \pm 1,03$ mM). Contudo, foram encontradas correlações significativas entre a  $AP_{ANA}$  e as *performances* máximas. Desse modo, é possível concluir que a CTA representada pelo intercepto-y da relação distância *versus* tempo de nado parece não ser um bom parâmetro na avaliação da aptidão anaeróbia e predição de *performances* entre 100m e 600m em nado *crawl*.

## RESUMEN

**El uso del intercepto-y en la evaluación de adaptación anaeróbica en la predicción de la performance de nadadores especializados**

*El objetivo de ese estudio fue verificar el uso del intercepto-y en la evaluación anaeróbica de la aptitud y predicción de la performance de los nadadores especializados. Los participantes del estudio fueron 14 nadadores con edad entre 15 y 18 años. Los atletas*

1. Faculdades Integradas de Bauru – Cepaf, Bauru, SP.
2. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS, Campo Grande, MS.
3. Laboratório de Biodinâmica, IB, Unesp, Rio Claro, SP.
4. Laboratório para Instrumentação em Fisiologia do Exercício – Unicamp, Campinas, SP.
5. Laboratório para Estudos do Movimento, IB, Unesp, Rio Claro, SP.

Recebido em 15/10/04. 2ª versão recebida em 27/12/04. Aceito em 11/2/05.

**Endereço para correspondência:** Claudio Alexandre Gobatto, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, Departamento de Educação Física, Av. 24ª, 1.515, Bela Vista – 13500-230 – Rio Claro, SP. E-mail: mpapoti@yahoo.com.br

**Palavras-chave:** Capacidade de nado anaeróbio. Aptidão anaeróbia. Nado atado. Velocidade crítica. Natação. *Performance*. Lactato.

**Palabras-clave:** Capacidad de nado anaeróbico. Aptitud anaeróbica. Nado atado. Velocidad crítica. Natación. *Performance* lactato.

*realizaron la prueba de nado atado, máxima performance y velocidad crítica (VC) para la determinación de la capacidad de nado anaeróbico (CTA), todos en estilo crawl por un periodo de tres días. 1) La prueba de nado atado consistió en lograr el máximo esfuerzo durante 30 segundos atado a un aparato de medición con células de carga para la medida del pico de fuerza ( $F_{pic}$ ), de la aptitud anaeróbica ( $AP_{ANA}$ ) y la concentración de pico del lactato ( $[la]_{pic}$ ) según Papoti et al.<sup>(11)</sup>. 2) Los participantes también lograron actuaciones al máximo en las distancias de 100, 200, 300, 400 y 600 m, con el intervalo mínimo de dos horas entre cada nado. 3) La prueba de VC se aplicó para la determinación de CTA que usa todas las posibles combinaciones de los resultados de las máximas actuaciones, a través del modelo de regresión lineal entre la distancia vs. tiempo. Se encontró un promedio de  $25,07 \pm 4,22$  m en las 16 combinaciones de CTAs y se halló un coeficiente de regresión lineal que varía entre 0,99 y 1,00 con un error de coeficiente lineal de  $19,30 \pm 5,9\%$ . No se encontraron en ellos correlaciones significativas entre CTAs y máximas performances,  $F_{pic}$  ( $227,81 \pm 63,02$  N),  $AP_{ANA}$  ( $86,55 \pm 13,05$  N) y  $[la]_{pic}$  ( $6,80 \pm 1,03$  mm). Sin embargo, si se encontraron en ellos correlaciones significativas entre  $AP_{ANA}$  y las máximas performances. De este modo, es posible concluir que la CTA representada por el intercepto-y de la distancia de la relación vs. tiempo de nado, parece no ser un parámetro bueno en la evaluación de la aptitud anaeróbica y la predicción de las actuaciones entre 100 m y 600 m del nado crawl.*

## INTRODUÇÃO

Em natação, os métodos para mensurar variáveis anaeróbicas não são tão bem desenvolvidos como os que avaliam as qualidades aeróbicas, embora sejam aspectos importantes para a evolução do nadador<sup>(1)</sup>. Maglischo<sup>(2)</sup> sugeriu como forma de avaliar a capacidade anaeróbia a determinação da concentração de lactato sanguíneo após esforços máximos; baixos valores de lactato, juntamente com desempenhos insatisfatórios, poderiam indicar a deterioração dessa capacidade. Embora a utilização da lactacidemia seja uma ferramenta sensível a pequenas adaptações no treinamento de nadadores<sup>(3)</sup>, sua redução após esforços máximos pode também ser decorrente de um estado de supertreinamento<sup>(4-7)</sup>. Também são frequentes metodologias que avaliam a força dos nadadores fora da água utilizando o banco de nado *swim bench*<sup>(8)</sup> e na água, em situação de nado semi-atado<sup>(9)</sup> e atado<sup>(10-12)</sup>. Essa última, além de apresentar especificidade superior à do *swim bench*, é um ergômetro reprodutível<sup>(11,13)</sup>, altamente correlacionado com a velocidade de nado nas distâncias entre 25m e 400m estilo *crawl*<sup>(10,11)</sup> e sensível a variações no volume e intensidade do treinamento<sup>(12,14)</sup>.

Infelizmente, nem todas as equipes dispõem de suporte financeiro necessário para a aquisição de equipamentos específicos na mensuração da força e potência, ou para a realização de avaliações constantes utilizando a lactacidemia.

O teste de potência crítica, proposto inicialmente por Monod e Scherrer<sup>(15)</sup> e validado por Moritani *et al.*<sup>(16)</sup>, tem como conceito a intensidade máxima de exercício que teoricamente pode ser mantida por um longo período de tempo sem fadiga. Esse método de avaliação tem sido objeto de vários estudos, não apenas por ser um teste não invasivo e de custo reduzido, mas também por fornecer indicadores das capacidades aeróbia e anaeróbia.

Wakayoshi *et al.*<sup>(17)</sup> linearizaram a equação hiperbólica aplicada na predição da potência crítica e verificaram se a velocidade crítica (VC) pode ser utilizada para estimar a *performance* de nadadores competitivos. Nesse estudo para determinação da VC e da capacidade de "nado" anaeróbio (CTA), os nadadores foram submetidos a seis esforços até a exaustão no *swimming flume*. Os seis pontos obtidos da relação entre o tempo limite (Tlim) e a distância de nado (DN) foram submetidos ao procedimento de regressão linear; o coeficiente angular representou a VC e o coeficiente linear (intercepto-y), a CTA. Os autores observaram elevada correlação da VC com o limiar de lactato para concentração de 4mM ( $r = 0,95$ ), com o consumo de oxigênio na intensidade de limiar anaeróbio ( $r = 0,82$ ) e com a velocidade máxima de 400m ( $r = 0,86$ ). Posteriormente esses autores facilitaram e popularizaram a utilização da VC determinando esse parâmetro em piscina convencional, utilizando a relação linear entre distância prefixada (200m e 400m) e tempo de nado<sup>(18)</sup>.

Como foi citado anteriormente, a CTA, representada pelo coeficiente linear (intercepto-y), quando determinada com estímulos em que os participantes realizam esforços até a exaustão, parece corresponder à variável anaeróbia do modelo de VC. Foi demonstrado que esse parâmetro é sensível a oito semanas de treinamento intervalado de alta intensidade<sup>(19)</sup> e a seis semanas de treinamento resistido<sup>(20)</sup>. Além disso, a CTA foi significativamente correlacionada com o teste de Wingate<sup>(21)</sup>, produção anaeróbia de ATP muscular ( $r = 0,70$ ), capacidade anaeróbia determinada pela mudança de ATP e fosfocreatina ( $r = 0,73$ ) em ciclistas bem treinados<sup>(22)</sup> e com o déficit máximo de oxigênio acumulado (MAOD), demonstrando que o intercepto-y pode ser um índice válido para representar a capacidade de trabalho anaeróbio<sup>(22,23)</sup>.

No entanto, outros estudos não demonstraram associações entre CTA com o MAOD<sup>(24)</sup> e a potência média do teste de Wingate<sup>(25)</sup>. Além disso, em natação, a grande maioria dos estudos não encontrou associações entre CTA e *performances*<sup>(26-28)</sup>, evidenciando a necessidade de mais pesquisas empenhadas em investigar o significado da CTA como preditor de *performance* em natação. Desse modo, o propósito do presente estudo foi verificar a utilização do intercepto-y na avaliação da aptidão anaeróbia e predição da *performance* de nadadores treinados.

## METODOLOGIA

### Participantes

Foram avaliados 14 nadadores (três do sexo feminino e 11 do masculino) da cidade de Bauru, de nível estadual e nacional, com idade variando entre 15 e 18 anos e tempo mínimo de natação competitiva de dois anos, que treinavam aproximadamente 5000m.d<sup>-1</sup> com frequência de seis dias.semana<sup>-1</sup>. Os participantes somente foram confirmados após manifestação em termo de consentimento, aprovado pelo comitê de ética da Unesp, *campus* de Rio Claro, assinado pelos pais e técnicos das equipes.

### Testes

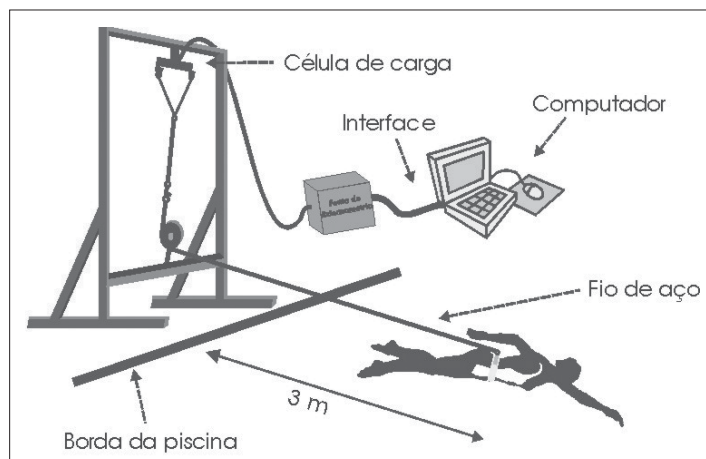
Os nadadores foram avaliados durante três dias, quando foram realizados os testes de aptidão anaeróbia e *performances* máximas.

Não foi realizado nenhum tipo de exercício durante as 24 horas que antecederam os testes. Esse cuidado foi tomado para que nenhum efeito agudo decorrente das sessões de treinamento influenciasse os resultados.

Previamente ao início dos testes realizou-se um período de aquecimento com duração de dez minutos em intensidade moderada determinado subjetivamente pelos nadadores, utilizando somente o nado *crawl*.

### Determinação da aptidão anaeróbia (AP<sub>ANA</sub>), força pico (F<sub>pic</sub>) e concentração pico de lactato ([La]<sub>pic</sub>) em nado atado

Para determinação da aptidão anaeróbia (AP<sub>ANA</sub>) foi utilizado um protocolo de nado atado padronizado por Papoti *et al.*<sup>(11)</sup> devido à elevada estabilidade e reprodutibilidade das mensurações ( $r = 0,93$ ). Esse sistema contém células de carga (*strain gages*) como elemento sensor primário e esteve suspenso sobre duas "traves" de madeira fixada ao solo com uma distância de um metro paralelo à borda da piscina. No centro do dinamômetro foi conectado um fio de aço de 4,08m de comprimento, tendo em sua extremidade oposta um cinto de náilon envolvendo a cintura do nadador localizado a uma distância de três metros em relação à borda da piscina e quatro metros em relação ao equipamento (figura 1).



**Fig. 1** – Modelo esquemático do sistema utilizado para determinar a aptidão anaeróbia dos nadadores<sup>(11)</sup>

O teste propriamente dito consistiu da aplicação de um esforço máximo em estilo *crawl* com duração de 30s estando os nadadores amarrados ao aparato de medição. Durante todo o teste os participantes foram encorajados verbalmente a realizar esforços máximos. O início e o término do teste foram determinados por sinal sonoro (apito). A deformação detectada pelas células de carga (*strain gage*) devido à tensão gerada pelos esforços do nadador foi amplificada por uma fonte de extensometria portátil (*Sodmex ME-01D*). Os valores obtidos durante os esforços foram enviados por uma interface ao computador e armazenados no programa para aquisição de dados *Lab View* na frequência de 400Hz. Os valores foram submetidos ao processo de análise residual e suavizados utilizando o filtro *butterworth* de quarta ordem com frequência de corte de três hertz (Hz). Os 400 pontos iniciais foram desconsiderados para que os valores de força pico (F<sub>pic</sub>) não fossem superestimados em função da transição do nado moderado para o intenso<sup>(11,29)</sup>.

Com a utilização da reta de calibração (obtida pela sobreposição de pesos conhecidos), os valores obtidos foram convertidos em unidades de força (N) pelo programa *Matlab 5.3*, possibilitando a determinação das forças pico (F<sub>pic</sub>), e média (FM<sub>NA</sub>). A F<sub>pic</sub> foi determinada como a média dos cinco maiores valores durante o teste. A FM<sub>NA</sub> foi admitida como indicativo da aptidão anaeróbia (AP<sub>ANA</sub>)<sup>(11)</sup>. Um, três e cinco minutos após o teste de AP<sub>ANA</sub>, amostras sangüí-

neas foram coletadas do lóbulo da orelha (25µL), diluídas em 50µL de NaF a 1% e analisadas em lactímetro eletroquímico (YSI modelo Sport 1500, Yellow Spring Co., EUA) para determinação da concentração pico de lactato ( $[la]_{pic}$ ).

### Determinação das capacidades de nados anaeróbios (CTA) e performances máximas ( $P_{MÁX}$ )

Para determinação das performances máximas ( $P_{MÁX}$ ) foram realizados cinco esforços máximos randomicamente estabelecidos nas distâncias de 100m, 200m, 300m, 400m e 600m em estilo *crawl*, em piscinas de 25m, com temperatura da água de  $27 \pm 1^\circ C$  separados por um período mínimo de repouso de duas horas.

Os valores de distância e tempo foram submetidos ao procedimento de regressão linear para estimativa das CTAs (modelo distância-tempo); o coeficiente linear (intercepto-y) de cada uma das regressões individuais representou as capacidades de nado anaeróbio (CTAs) (figura 2).

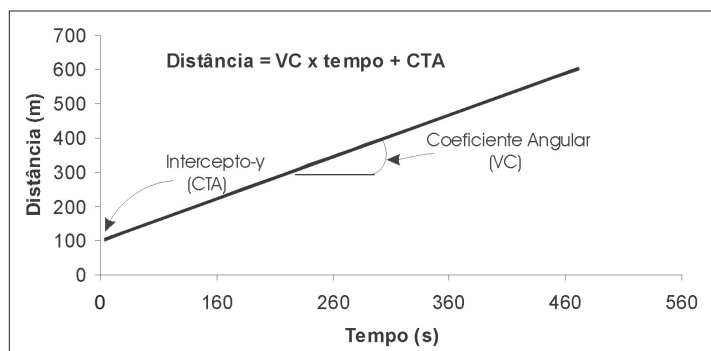


Fig. 2 – Modelo representativo de determinação da capacidade de nado anaeróbio (CTA) através do modelo de regressão linear entre distância versus tempo

Utilizando todas as combinações possíveis com números de pontos variando entre três e cinco, além da CTA proveniente do protocolo proposto por Wakayoshi *et al.*<sup>(18)</sup>, que utiliza somente as distâncias de 200m e 400m, obtiveram-se 16 CTAs (CTA<sub>12346</sub>, CTA<sub>1234</sub>, CTA<sub>1246</sub>, CTA<sub>1346</sub>, CTA<sub>123</sub>, CTA<sub>124</sub>, CTA<sub>126</sub>, CTA<sub>134</sub>, CTA<sub>136</sub>, CTA<sub>146</sub>, CTA<sub>234</sub>, CTA<sub>236</sub>, CTA<sub>2346</sub>, CTA<sub>246</sub>, CTA<sub>346</sub> e CTA<sub>24</sub>).

### Tratamento estatístico

Os valores estão apresentados em média  $\pm$  desvio-padrão. Foi utilizada a análise de variância (ANOVA) *one way* com teste *post hoc* de Newman Keuls, caso necessário, para todas as CTAs obtidas no estudo. As relações entre as CTAs com a  $F_{pic}$ ,  $AP_{ANA}$ ,  $[la]_{pic}$  e performances ( $P_{100}$ ,  $P_{200}$ ,  $P_{300}$ ,  $P_{400}$  e  $P_{600}$ ), bem como o cruzamento entre a  $F_{pic}$ ,  $AP_{ANA}$ ,  $[la]_{pic}$  e performances foram obtidas a partir de análise de correlação de Pearson. Em todos os casos, o nível de significância foi prefixado em  $p < 0,05$ .

Com a utilização do programa *Origin 6.0*, ainda foram determinados para as CTAs obtidas a partir de três a seis velocidades os erros dos coeficientes lineares (ECL), denominados por Hill *et al.*<sup>(30)</sup> como erro padrão da estimativa.

## RESULTADOS

Na figura 3 estão apresentados os valores de performances ( $m.s^{-1}$ ) utilizadas para determinação das capacidades de nado anaeróbio, enquanto que na tabela 1 estão os valores de  $F_{pic}$ ,  $AP_{ANA}$  e  $[la]_{pic}$  respectivamente.

A relação entre a distância e o tempo de nado apresentou-se altamente linear, com o coeficiente de determinação ( $r^2$ ) variando entre 0,99 e 1,00. Foram observados valores médios de CTA e ECL de  $25,07 \pm 4,22m$  e  $19,30 \pm 5,9\%$ , respectivamente, de modo que apenas a CTA<sub>236</sub> apresentou erro inferior a 10% (8,86%). Veri-

ficaram-se significativas diferenças entre as CTAs ( $P < 0,05$ ). No entanto, esses valores foram altamente correlacionados ( $r \approx 0,80$ ).

Não foram observadas correlações significativas entre CTAs e performances máximas ou entre CTAs com a  $F_{pic}$ ,  $AP_{ANA}$  e  $[la]_{pic}$  (tabela 2). A  $F_{pic}$  e a  $[la]_{pic}$  também não apresentaram correlações significativas com as  $P_{MÁX}$ . No entanto, a  $AP_{ANA}$  foi significativamente correlacionada com todas as  $P_{MÁX}$  (tabela 3).

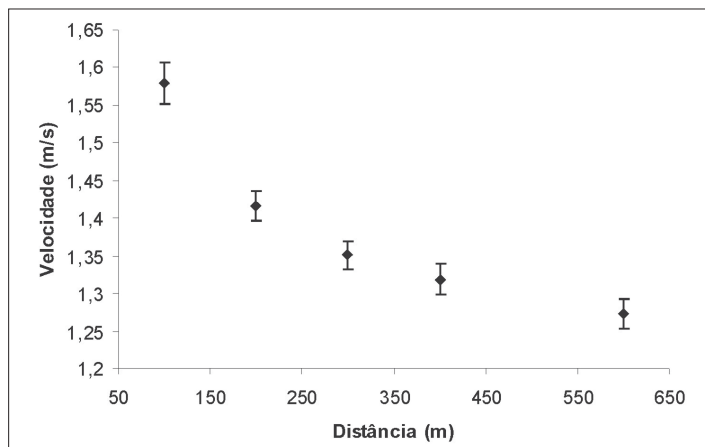


Fig. 3 – Valores médios  $\pm$  desvio-padrão da velocidade obtida durante a realização de esforços máximos nas distâncias de 100m, 200m, 300m, 400m e 600m nado crawl

TABELA 1

Valores médios  $\pm$  desvio-padrão da força pico ( $F_{pic}$ ), aptidão anaeróbia ( $AP_{ANA}$ ) e concentração pico de lactato ( $[la]_{pic}$ ) após esforço máximo de 30 segundos

$F_{pic}$ (N)	$AP_{ANA}$ (N)	$[la]_{pic}$ (mM)
227,81 $\pm$ 63,02	86,55 $\pm$ 13,05	6,80 $\pm$ 1,03

TABELA 2

Coefficiente de correlação de Pearson (r) das capacidades de nados anaeróbios (CTAs) com as performances máximas ( $m.s^{-1}$ ), distâncias de 100m, 200m, 300m, 400m e 600m e com a força pico ( $F_{pic}$ ), aptidão anaeróbia ( $AP_{ANA}$ ) e concentração pico de lactato ( $[la]_{pic}$ )

CTAs	$P_{100}$	$P_{200}$	$P_{300}$	$P_{400}$	$P_{600}$	$F_{pic}$	$AP_{ANA}$	$[la]_{pic}$
CTA <sub>12346</sub>	0,00	-0,16	-0,28	-0,47	-0,54	0,16	0,30	0,37
CTA <sub>1234</sub>	0,02	-0,11	-0,20	-0,51	-0,45	0,23	0,14	0,48
CTA <sub>1246</sub>	0,04	-0,14	-0,30	-0,41	-0,52	0,13	0,35	0,37
CTA <sub>1346</sub>	-0,03	-0,19	-0,31	-0,48	-0,56	0,12	0,27	0,35
CTA <sub>123</sub>	0,12	-0,06	-0,29	-0,22	-0,34	0,04	0,33	0,35
CTA <sub>124</sub>	0,01	-0,13	-0,22	-0,53	-0,47	0,22	0,13	0,50
CTA <sub>126</sub>	0,03	-0,13	-0,29	-0,45	-0,52	0,16	0,32	0,41
CTA <sub>134</sub>	-0,01	-0,14	-0,21	-0,54	-0,47	0,21	0,08	0,46
CTA <sub>136</sub>	-0,04	-0,19	-0,29	-0,52	-0,56	0,16	0,22	0,39
CTA <sub>146</sub>	0,01	-0,17	-0,34	-0,50	0,03	0,03	0,35	0,28
CTA <sub>234</sub>	0,02	-0,08	-0,13	-0,49	-0,39	0,27	0,10	0,45
CTA <sub>236</sub>	-0,00	-0,14	-0,24	-0,48	-0,52	0,20	0,29	0,38
CTA <sub>2346</sub>	-0,02	-0,16	-0,27	-0,47	-0,53	0,18	0,31	0,37
CTA <sub>246</sub>	0,06	-0,09	-0,26	-0,33	-0,47	0,13	0,42	0,31
CTA <sub>346</sub>	-0,06	-0,18	-0,25	-0,41	-0,51	0,11	0,29	0,23
CTA <sub>24</sub>	0,03	-0,08	-0,16	-0,49	-0,41	0,27	0,15	0,49

TABELA 3

Coefficiente de correlação de Pearson (r) da força pico ( $F_{pic}$ ), aptidão anaeróbia ( $AP_{ANA}$ ) e concentração pico de lactato ( $[la]_{pic}$ ) com as performances máximas ( $m.s^{-1}$ ) nas distâncias de 100m ( $P_{100}$ ), 200m ( $P_{200}$ ), 300m ( $P_{300}$ ), 400m ( $P_{400}$ ) e 600m ( $P_{600}$ ) em nado *crawl*

	$P_{100}$	$P_{200}$	$P_{300}$	$P_{400}$	$P_{600}$
$F_{pic}$ (N)	0,63	0,56	0,53	0,38	0,41
$AP_{ANA}$ (N)	0,78*	0,82*	0,75*	0,74*	0,70*
$[la]_{pic}$ (mM)	-0,22	-0,21	0,29	-0,36	-0,33

\* Indica correlação significativa para  $P < 0,05$ .

## DISCUSSÃO

O principal achado do presente estudo foi que a CTA não apresentou correlação significativa com a aptidão anaeróbia e *performance* dos nadadores. Estudos experimentais e de revisão da literatura demonstraram associações significativas entre a CTA e o teste de Wingate<sup>(16,21,23)</sup>, o trabalho intermitente total acumulado<sup>(19)</sup> e a produção de ATP muscular<sup>(22)</sup>, além de revelar contribuição significativa da CTA com o desempenho em corridas acima de 8km<sup>(31)</sup>. Foi demonstrado, ainda, que a CTA é um parâmetro reprodutível<sup>(23)</sup> e sensível aos efeitos do treinamento intenso<sup>(19)</sup>, resistido<sup>(20)</sup> e à suplementação de creatina<sup>(32)</sup>, evidenciando a possibilidade de esse parâmetro ser utilizado como medida indireta na avaliação e predição de *performances* anaeróbias<sup>(22,30,33)</sup>.

Interessante notar que os valores de CTA no presente estudo, ao contrário da maioria das investigações citadas anteriormente, não apresentaram correlações significativas com nenhuma das *performances* máximas e teste de aptidão anaeróbia, que utilizou o mesmo tempo de duração que o teste de Wingate.

Guglielmo e Denadai<sup>(34)</sup> não encontraram correlações entre a CTA de nadadores com a potência média determinada durante esforços máximos de 30 segundos em ergômetro de braço isocinético. Papoti *et al.*<sup>(27)</sup>, utilizando um sistema de nado atado, verificaram correlação significativa entre a força média (FNA) durante esforços máximos de 30 segundos e *performances* de 100m e 200m de nado *crawl*, mas não entre FNA e CTA obtida através do intercepto-y da relação linear distância *versus* tempo, utilizando as distâncias de 200m e 400m como proposto por Wakayoshi *et al.*<sup>(18)</sup>. Na presente investigação, a FNA, aceita por Papoti *et al.*<sup>(11)</sup> como indicativo da AP<sub>ANA</sub>, também foi significativamente correlacionada com *performances* entre 100m e 600m em nado *crawl*.

Soares *et al.*<sup>(35)</sup> não encontraram correlações significativas entre a CTA (determinada através da relação obtida entre a distância prefixada pelo tempo de nado) e a potência média no *swim bench* durante esforço máximo de 45 segundos em nadadores infantis e adultos. Esses autores concluíram que a CTA não fornece informações consistentes sobre a capacidade anaeróbia de nadadores, independentemente da faixa etária considerada.

Dekerle *et al.*<sup>(26)</sup> também não constataram correlação significativa entre CTA e a máxima distância anaeróbia em nadadores, que foi admitida como a distância na qual a velocidade máxima de nado pode ser mantida, e sugeriram a não utilização desse parâmetro para controlar variáveis anaeróbias.

Uma possível explicação para a contradição observada na literatura com relação à utilização da CTA como parâmetro preditor de *performances* anaeróbias<sup>(19-21,32)</sup> pode ser porque a relação utilizada para o procedimento de regressão linear considera o tempo limite (Tlim). O modelo de distância fixa proposto por Wakayoshi *et al.*<sup>(18)</sup> implica que o nadador teoricamente não seria capaz de sustentar a velocidade de nado implementada durante os esforços, em qualquer distância superior à prefixada (200m e 400m). Essa hipótese parece limitar a utilização do modelo, apenas no aspecto anaeróbio, pois alguns nadadores são capazes de sustentar a velocidade de nado obtida nas distâncias de 200m e 400m por mais alguns metros, provavelmente devido à capacidade de tolerância ao lactato.

Green<sup>(33)</sup> constatou que a maior exatidão na determinação da CTA de ciclistas bem treinados foi obtida quando o critério de exaustão para obtenção dos tempos limites foi estendido até a intensidade correspondente ao VO<sub>2</sub> pico e não como a impossibilidade de manter uma cadência prefixada (90rpm). O autor acredita que esse critério possibilita maximizar a utilização dos substratos geralmente utilizados na realização de exercícios anaeróbios e, consequentemente, valores mais exatos de CTA.

Toussaint *et al.*<sup>(28)</sup> investigaram se os conceitos de potência crítica e de CTA poderiam ser utilizados para avaliar as capacidades aeróbia e anaeróbia de nadadores. Para isso, os autores, baseados

em estudos prévios e em avaliações realizadas no *swimming flume*, desenvolveram um modelo matemático relacionado à mecânica e à energética envolvida no nado *crawl*. Também modelaram a liberação de energia aeróbia e anaeróbia em relação ao tempo de nado. Os autores concluíram que, embora a velocidade crítica seja um indicativo do sistema aeróbio, a CTA sofre influência de ambas as variações da energia proveniente dos sistemas anaeróbio e aeróbio, não fornecendo uma estimativa real da capacidade anaeróbia. Além disso, os resultados encontrados na literatura sobre sua reprodutibilidade variam de  $r = 0,62$ <sup>(36)</sup> a  $r = 0,87$ <sup>(23)</sup>.

Outra hipótese para explicar a não representatividade da CTA como parâmetro preditor de *performance* de nadadores é a grande flutuação nos valores do intercepto-y e pequenas variações na velocidade de nado. Além disso, Bishop e Jenkins<sup>(20)</sup> encontraram elevada correlação negativa ( $r = -0,94$ ) entre alterações na potência crítica (PC) e na CTA após seis semanas de treinamento resistido. Esses autores acreditam que uma grande mudança na PC ou na CTA pode exercer influência sobre ambas as variáveis devido ao efeito rotatório do modelo matemático evidenciando uma limitação ao modelo linear de determinação da potência crítica e CTA.

Hill *et al.*<sup>(32)</sup> relataram que a CTA é um parâmetro sensível para mensurar a capacidade anaeróbia somente quando esta apresentar um erro padrão do coeficiente linear inferior a 10%. No presente estudo a média dos erros dos coeficientes lineares esteve entre 9% e 29%. Somente a CTA determinada com as distâncias de 200m, 300m e 600m apresentou erro inferior a 10% (9%). No entanto, esta também não apresentou correlação com a AP<sub>ANA</sub> e *performances*. Bullbulian *et al.*<sup>(25)</sup> não encontraram associações entre CTA e a capacidade anaeróbia no teste de Wingate ( $r = 0,07$ ) e relação significativa, mas muito baixa quando corrigida pelo peso corporal ( $r = 0,41$ ), e sugeriram que a CTA não poderia ser um indicativo da via anaeróbia glicolítica. Embora mais pesquisas comparando a CTA com métodos de avaliação anaeróbia com validade comprovada, como, por exemplo, o déficit máximo de oxigênio acumulado, sejam necessárias, pode-se concluir que a CTA representada pelo intercepto-y da relação distância *versus* tempo de nado parece não ser um bom parâmetro na avaliação da aptidão anaeróbia e predição de *performances* entre 100m e 600m em nado *crawl*.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos técnicos André Barbosa e Oscar Fleury da Associação Luso Brasileira de Bauru pela importante ajuda na realização deste estudo.

Fapesp (processo-01/08295-2) e CNPq (processo-130841/2003-0).

---

*Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.*

---

## REFERÊNCIAS

1. Smith DJ, Norris RS, Hogg MJ. Performance evaluation of swimmers: scientific tools. *Sports Med* 2002;32:539-54.
2. Maglischo EW. Nadando ainda mais rápido. São Paulo, SP: Manole, 1999.
3. Pyne BD, Lee HE, Swanwick KM. Monitoring the lactate threshold in world-ranked swimmers. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33:291-7.
4. Fry RW, Morton AR, Garcia-Webb P, Crawford GPM, Keast D. Psychological and immunological correlates of acute overtraining. *Br J Sports Med* 1994;28:241-6.
5. Jeukendrup AE, Hesselink MK. Overtraining – What do lactate curves tell us? *Br J Sports Med* 1994;28:239-40.
6. Snyder AC, Jeukendrup AE, Hesselink MK, Kuipers H, Foster CA. A physiological/psychological indicator of over-reaching during intensive training. *Int J Sports Med* 1993;14:29-32.
7. Lehmann M, Baumgart P, Wiesenack C. Training overtraining: influence of a defined increase in training volume vs training intensity on performance, catecholamines and some metabolic parameters in experienced middle and long-distance runners. *Eur J Appl Physiol* 1992;64:169-77.
8. Sharp RL, Troup JP, Costill DL. Relationship between power and sprint freestyle swimming. *Med Sci Sports Exerc* 1982;14:53-6.

9. Costill DI, Reifield F, Kirwan J, Thomas R. A computer based system for the measurement of force and power during front crawl swimming. *J Swim Res* 1986;2:16-9.
10. Marinho PC, Andries Jr O. Avaliação da força propulsora do nadador: validação e reprodutibilidade de uma metodologia específica. *Rev Bras Ciên e Mov (Supl)* 2001:79.
11. Papoti M, Martins L, Cunha S, Zagatto A, Gobatto C. Padronização de um protocolo específico para determinação da aptidão anaeróbia de nadadores utilizando célula de carga. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto* 2003;3:36-42.
12. Raglin JS, Koceja DM, Stanger JM, Harms CA. Mood, neuromuscular function, and performance during training in female swimmers. *Med Sci Sports Exerc* 1996;28:372-7.
13. Hooper SL, Mackinnon IT, Ginn EM. Effects of three tapering techniques on the performances, forces and psychometric measures of competitive swimmers. *Eur J Appl Physiol* 1998;78:258-63.
14. Papoti M, Martins LEB, Cunha SA, Freitas Jr PB, Gobatto C. Effects of taper on swimming force and performance after a 10-wk training program. 7<sup>th</sup> Annual Congress of the European College of Sport Science, 2002;470.
15. Monod H, Scherrer J. The work capacity of a synergic muscular group. *Ergonomics* 1965;8:329-37.
16. Moritani T, Nagata A, DeVries HA, Muro M. Critical power as a measure of physical work capacity and anaerobic threshold. *Ergonomics* 1981;24:339-50.
17. Wakayoshi K, Ikuta K, Yoshida T, Udo M, Moritani T, Mutoh Y, et al. Determination and validity of critical velocity as an index of swimming performance in the competitive swimmer. *Eur J Appl Physiol* 1992;64:153-7.
18. Wakayoshi K, Yoshida T, Udo M, Harada T, Moritani T, Mutoh Y, et al. Does critical swimming velocity represent exercise intensity at maximal lactate steady state? *Eur J Appl Physiol* 1993;66:90-5.
19. Jenkins DG, Quigley BM. The influence of high-intensity exercise on the Wlaim-Tliim relationship. *Med Sci Sports Exerc* 1993;25:275-82.
20. Bishop D, Jenkins DG. The influence of resistance training on the critical power function & time to fatigue at critical power. *Aust J Sci Med Sport* 1996;28:101-5.
21. Jenkins DG, Quigley BM. The y-intercept of the critical power function as a measure of anaerobic work capacity. *Ergonomics* 1991;31:1413-9.
22. Green S, Dawson BT, Goodman, C, Carey MF. Y-intercept of the maximal work-duration relationship and anaerobic capacity in cyclists. *Eur J Appl Physiol* 1994; 69:550-6.
23. Nebelsick-Gullett LJ, Housh TJ, Johnson GO, Bauge SM. A comparison between methods of measuring anaerobic work capacity. *Ergonomics* 1988;31:1413-9.
24. Berthoin S, Baquet G, Dupont G, Blondel N, Mucci P. Critical velocity and anaerobic distance capacity in prepuberal children. *Can J Appl Physiol* 2003;28:561-75.
25. Bulbulian R, Jeong JW, Murphy M. Comparison of anaerobic components of the Wingate and critical power tests in males and females. *Med Sci Sports Exerc* 1996;28:1336-41.
26. Dekerle J, Sidney M, Hespel MJ, 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* 2002;23:93-8.
27. Papoti M, Martins LEB, Cunha AS, Zagatto AM, Pereira RR, Gobatto CA. Validade na determinação das capacidades aeróbia e anaeróbia de nadadores. *Motriz* 2003;9:56.
28. Toussaint HM, Wakayoshi K, Hollander PA, Ogita F. Simulated front crawl swimming performance related to critical speed and critical power. *Med Sci Sports Exerc* 1998;30:144-51.
29. Trappe S, Costill D, Thomas R. Effect of swim taper on whole muscle and single muscle fiber contractile properties. *Med Sci Sports Exerc* 2001;32:48-56.
30. Hill DW, Jimmy C, Smith C. A method to ensure the accuracy of estimates of anaerobic capacity derived using the critical power concept. *J Sports Med Phys Fit* 1994;34:23-37.
31. Bulbulian R, Wilcox AR, Darabos BI. Anaerobic contribution to distance running performance of trained cross-country athletes. *Med Sci Sports Exerc* 1986;18: 107-13.
32. Smith JC, Stephens DP, Hall EL, Jackson AW, Earnest CP. Effect of oral creatine ingestion on parameters of the work rate-time relationship an time to exhaustion in high-intensity cycling. *Eur J Appl Physiol* 1998;77:360-5.
33. Green S. Measurement of anaerobic work capacities in humans. *Sports Med* 1995;19:32-42. Review.
34. Guglielmo LGA, Denadai BS. Correlação do teste de Wingate de braço com a capacidade de trabalho anaeróbio determinada através do conceito de velocidade crítica na natação. *Motriz (Suplemento)* 1999;5:92.
35. Soares S, Vilar S, Bernardo C, Campos A, Fernandes R, Vilas-Boas JP. Using data from the critical velocity regression line for the estimation of anaerobic capacity in infant and adult swimmers. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto* 2003;3:108-10.
36. Gaesser GA, Wilson IA. Effects of continuous and interval training on the parameters of the power-endurance time relationship for high-intensity exercise. *Int J Sport Med* 1988;9:417-21.