

Artigo Original

Análise dos parâmetros cinemáticos determinantes do desempenho na prova de 200 m nado livre

Maria Inês Ferreira¹
António José Silva^{1, 2}
Diogo Roberto de Oliveira¹
Nuno Domingos Garrido^{1, 2}
Tiago Barbosa^{2, 3}
Daniel Almeida Marinho^{1, 2, 4}
Victor Machado Reis^{1, 2}

¹ Departamento de Ciências do Desporto,

Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal

² Centro de Investigação em Desporto, Saúde e Desenvolvimento Humano,
Universidade da Beira Interior, Covilhã, Portugal

³ Departamento de Ciências do Desporto, Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, Portugal

⁴ Departamento de Ciências do Desporto, Universidade da Beira Interior, Covilhã, Portugal

Resumo: Os objetivos deste estudo foram: i) caracterizar o nado submáximo e máximo do ponto de vista cinemático; ii) verificar a influência das variáveis cinemáticas na prova máxima de 200 metros *crawl*. Nove nadadores de elite nacionais realizaram dois testes: um submáximo, descontínuo de intensidade progressiva; outro máximo, que consistiu em uma simulação de uma prova de 200 m *crawl*. Foram estudados os parâmetros cinemáticos gerais da mecânica da braçada, a duração de cada fase do ciclo gestual, a velocidade do centro de massa e a variação intracíclica da velocidade horizontal. Verificaram-se diferenças cinemáticas significativas da frequência gestual, velocidade de deslocamento do centro de massa, duração total do ciclo gestual, duração da ação subaquática propulsora e da velocidade do centro de massa na fase de recuperação entre os testes. Identificou-se associações significativas entre o teste máximo e algumas variáveis cinemáticas como a velocidade do centro de massa e índice de nado.

Palavras-chave: nado *crawl*; cinemática; prova submáxima; prova máxima.

*Analysis of the determinant kinematical parameters for performance
in the 200-m freestyle swimming event*

Abstract: The main aims of this study were i) to perform a kinematic characterization of sub and maximal swimming speed; ii) to investigate the associations between the kinematic profiles and the 200 m front crawl style. Nine national level male swimmers performed two speed tests: a submaximal discontinuous speed trial of progressive speed intensity, and a maximal one, simulating a 200 m front crawl style. The stroke general kinematic parameters, the phases duration of the stroke cycle, the velocity of the centre of mass and the intra cyclic variation of the horizontal velocity were herein studied. Significant kinematic differences in relation to stroke rate, horizontal velocity of the centre of mass, total cycle duration, absolute and relative duration of the propulsive sub aquatic action and the velocity of the centre of mass during the arms recovery were compared between the speed tests. Significant correlations between the performance in the maximal speed and some kinematic variables were observed.

Keywords: front crawl style; kinematics; submaximal speed; maximal speed.

Introdução

A investigação biomecânica em natação tem como fundamental objetivo expandir os conhecimentos acerca da locomoção humana no meio aquático. Enquadrando este propósito no contexto competitivo, a biomecânica procura otimizar o gesto desportivo com o intuito de alcançar os melhores resultados. As características próprias do meio aquático, aliadas

à distorção na observação provocadas pela turbulência e pelas ações de onda da água, bem como a necessidade de obter dados em dois meios (aéreo/aquático), proporcionam maiores dificuldades na avaliação do gesto motor (HAY, 1973). No entanto, o avanço tecnológico tem permitido desenvolver equipamentos, meios e métodos de controlo e avaliação do treinamento

que, apesar de não eliminarem essas dificuldades, ajudam a supera-las.

A técnica é um dos fatores determinantes do rendimento desportivo ([CAPUTO et al., 2000](#)). No caso específico da natação exclusivamente desportiva, a técnica é considerada um fator essencial ao desempenho do nadador ([ALBERTY et al., 2008](#)). Essa elevada importância atribuída à técnica é justificada pela especificidade do meio onde a modalidade se desenrola. A água tende a dificultar a obtenção dos apoios fixos para a locomoção. Além disso, comparativamente ao meio terrestre, o meio líquido sujeita o homem a uma força de resistência, oposta ao seu deslocamento, caracterizada por uma intensidade bastante elevada ([TOUSSAINT, 1990](#); [VILAS-BOAS, 1993](#)).

Com efeito, estudos recentes revelam uma capacidade de incremento da eficiência propulsora não só por meio do aumento do aporte bioenergético, mas também por intervenção técnica ([CAPUTO et al., 2000](#); [LEBLANC; SEIFERT; CHOLLET, 2009](#)).

A análise dos parâmetros cinemáticos gerais é um dos aspectos mais estudados na investigação biomecânica sobre as técnicas de nado, na medida em que os procedimentos de análise utilizados não são muito complexos e podem trazer alguns dados importantes para o controle do treinamento em natação desportiva. Iniciado por [East \(1970\)](#), o objetivo do seu estudo era então compreender o comportamento de variáveis como a frequência gestual (FG), a distância por ciclo (DC) e a velocidade média de nado (Vn).

Em modalidades com características cíclicas como a natação desportiva, na qual o rendimento é traduzido pelo tempo gasto pelos nadadores para percorrer uma determinada distância de prova, a Vn constitui o parâmetro fundamental de observação. A Vn é igual ao produto da FG pela DC ([CRAIG; PENDERGAST, 1979](#)) e o aumento ou diminuição da Vn é devido a aumentos ou diminuições na FG e na DC, respectivamente. A FG em natação é definida pelo número de ciclos realizados pelos membros superiores por unidade de tempo ([CRAIG; PENDERGAST, 1979](#)). A duração de um ciclo e, como tal, a FG, depende da velocidade angular do movimento rotacional em torno da articulação escapulo-umeral e da distância que a parte distal do membro superior percorre na água e no ar ao longo da ação do membro superior ([KESKINEN; KOMI; RUSKO,](#)

1989). A DC é, por definição, o espaço percorrido pelo nadador durante um ciclo completo dos membros superiores. Este indicador depende da força propulsora produzida pelos segmentos propulsores e da intensidade da força de arrasto hidrodinâmico oposta ao deslocamento do nadador ([HAY, 1987](#)). Esta variável pode proporcionar uma razoável indicação da eficiência propulsora, podendo ser utilizada para avaliar o progresso individual na capacidade técnica ([TOUSSAINT, 1990](#)).

Outro parâmetro usualmente utilizado para avaliar a eficiência de nado e a adequação mecânica do gesto técnico é o índice de nado (IN), obtido através do produto da DC pela Vn ([COSTILL et al., 1985](#)). Estes autores sugerem a utilização do IN (em detrimento ou em complemento da DC) como indicador da economia de nado, na medida em que este assume que, para uma determinada velocidade, o nadador que se movimenta com uma maior DC tem a técnica de nado mais eficaz.

É consensual que os nadadores de nível desportivo superior apresentam DC e IN superiores, o que vem demonstrar a importância da técnica de nado no rendimento desportivo ([COSTILL et al., 1985](#); [CRAIG et al., 1985](#)). No que diz respeito à FG, parece ser um parâmetro fortemente individual, selecionando cada nadador a FG ótima que lhe permita minimizar o gasto energético e/ou maximizar o rendimento de acordo com as suas características antropométricas e musculares, tal como amplamente demonstrado em outras modalidades ([CRAIG; PENDERGAST, 1979](#)). Todavia, os parâmetros cinemáticos gerais encontram-se fortemente dependentes da altura dos nadadores, sendo que os nadadores de mais elevada estatura apresentam habitualmente um valor mais elevado de DC ([ANDERSON et al., 2006](#)).

Para [Craig et al. \(1985\)](#), o aumento da Vn é normalmente conseguido à custa de um aumento da FG. Assim, ao aumentar a distância de prova diminui a Vn em associação a uma diminuição da FG. Para a DC, a maioria dos autores apresenta uma relação direta entre a distância de prova e os valores deste indicador. À medida que aumenta a distância de prova aumenta a DC ([CRAIG et al., 1985](#); [HAY, 1987](#)). Pode-se então deduzir que os valores superiores na velocidade média de nado nas provas mais curtas são, essencialmente, devidos a um aumento da FG e a uma diminuição da DC, como se pode verificar quando se

compara valores registrados em competições de distâncias distintas.

Outro dos parâmetros utilizados relaciona-se com a análise de parâmetros temporais, como a duração absoluta e/ou relativa das ações dos segmentos corporais e do ciclo gestual, bem como a variação da velocidade no decorrer do ciclo gestual. A velocidade média de nado de um nadador depende da relação entre as forças propulsoras e as forças de arrasto. Durante um ciclo de nado, a intensidade de ambas as forças é alterada constantemente, uma vez que as ações motoras levam sempre a alguma descontinuidade, sendo que a posição relativa dos segmentos corporais também se altera constantemente (SCHNITZLER et al., 2008; SEIFERT; CHOLLET, 2009). Dessa forma, durante o ciclo gestual, a velocidade de deslocamento do nadador sofre modificações devido às acelerações positivas e negativas resultantes da variação contínua dos impulsos resultantes. As variações intracíclicas da velocidade levam a um aumento do custo energético, situação que foi demonstrada por Vilas-Boas (1996). A variação intracíclica da velocidade de nado deve ser considerada como um meio adicional de avaliação da técnica de nado.

Neste âmbito, os objetivos do presente estudo foram: (i) caracterizar o nado submáximo e máximo do ponto de vista cinemático; ii) verificar a influência das variáveis cinemáticas num teste máximo de 200 metros *crawl*.

Material e método

Amostra

Participaram neste estudo nove nadadores masculinos portugueses dos escalões júnior e sênior ($18,00 \pm 2,29$ anos de idade; $72,67 \pm 6,91$ kg de massa corporal; $181,56 \pm 6,06$ cm de estatura). Todos eles apresentavam um elevado nível competitivo, participando habitualmente em campeonatos nacionais da modalidade ($118,89 \pm 9,60$ s de recorde pessoal aos 200m livres).

Os nadadores que compuseram a amostra deste estudo foram esclarecidos acerca dos objetivos do mesmo e das tarefas que iriam ser executadas. Todos os procedimentos foram realizados de acordo com a Declaração de Helsínquia de 1975 para experimentação com seres humanos (POCTI/DES/58362/2004).

Procedimentos

Os nadadores realizaram dois testes em piscina de 25 metros: um submáximo e outro máximo. O intervalo de tempo entre os dois testes foi de 24 horas. O teste submáximo foi constituído por um protocolo incremental de 5x400 metros realizados na técnica de *crawl*. A velocidade de cada patamar foi escolhida de acordo com o nível de aptidão de cada nadador (correspondendo, respectivamente, a 60%, 70%, 80%, 90% e 95% do recorde pessoal aos 400 metros Livres). O intervalo entre cada patamar foi individualizado, de maneira a que cada nadador iniciasse o patamar seguinte nas mesmas condições fisiológicas do início do primeiro patamar (quando os valores de VO_2 registrados em dois momentos consecutivos não se afastavam mais do que $2 \text{ ml Kg}^{-1} \text{ min}^{-1}$ dos valores médios encontrados no segundo minuto de esforço do primeiro patamar) (REIS et al., 2010). A fim de ser assegurada uma velocidade constante durante cada patamar, esta foi controlada com recurso a um sistema de sinais luminosos colocado no fundo da piscina (GBK-Pacer, GBK Electronics, Aveiro, Portugal). A velocidade mínima a que ocorreu o $\text{VO}_{2\text{max}}$ correspondeu ao patamar efetuado a 95% do recorde pessoal dos 400 metros livres, para a totalidade da amostra (REIS et al., 2011).

O teste máximo consistiu no nado de 200 metros *crawl*. Cada nadador foi instruído para realizar o teste como se se tratasse de uma competição. Devido a constrangimentos dos equipamentos utilizados, a partida foi efetuada dentro de água, adotando a virada aberta para o lado da parede lateral. Os nadadores foram sujeitos a constante estímulo verbal por parte dos avaliadores. A velocidade média do teste máximo de 200 metros foi superior à velocidade mínima a que ocorreu o $\text{VO}_{2\text{max}}$, obtida no teste submáximo, em todos os nadadores da amostra.

O protocolo experimental incorporou simultaneamente o registro de dados referente a variáveis fisiológicas, visto o presente estudo fazer parte de um estudo de âmbito mais amplo. Assim, durante ambos os testes os nadadores cumpriram o protocolo usando uma válvula específica para a natação (Aquatrain, Cosmed, Roma, Itália) para medição de parâmetros bioenergéticos através da conexão a um analisador de gases ($K4b^2$ Gas Analyser, Cosmed, Roma, Itália). A apresentação dos resultados bioenergéticos não faz parte do presente estudo, portanto, não serão aqui

descritos. Todavia, para uma melhor compreensão das repercussões cinemáticas na técnica em análise parece-nos pertinente a indicação da sua utilização.

Durante ambas as tarefas (teste submáximo e máximo) foram registradas imagens para, de acordo com os procedimentos descritos por [Vilas-Boas](#) (1996). Foram utilizadas câmaras (JVC, GR-SX1, Yokoama, Japão) sincronizadas através de uma mesa de mixagem (Panasonic, Digital Mixer WJ-AVE55 VHS, Japão). Os sistemas de duplo meio, como ilustrado na figura 1, encontravam-se orientados não coplanarmente, de forma a maximizar a eficiência na reconstrução das imagens tridimensionais. A sincronização das imagens de duplo meio foi feita através da colocação de díodos emissores de luz no campo de cada objetiva de superfície que eram ativados simultaneamente.

A conversão das coordenadas do sistema informático em coordenadas reais foi possível através da colocação de um sistema de coordenadas fixo conhecido e visível por todas as câmaras, no plano de deslocamento dos nadadores. As características cinemáticas da técnica de nado restringiram-se a um ciclo gestual completo, dentro de um volume de calibração de 27 m³.

A análise cinemática foi efetuada com recurso de digitalização manual e posterior tratamento do sinal, através de sistema específico (Ariel Performance Analysis System, Ariel Dynamics Inc, Califórnia, EUA) e um leitor de vídeo (Panasonic, AG 7355, Japão) a uma frequência de amostragem de 50 Hz. Foi adotado o modelo de Zatsiorsky-Seluyanov adaptado por [de Leva](#) (1996). A reconstrução das imagens foi efetuada com recurso ao procedimento de transformadas lineares diretas ([ABDEL-AZIZ](#); KARARA, 1971). Foi utilizado um filtro com uma frequência de corte de 5 Hz, processado por dupla passagem.

Para o teste submáximo, considerou-se a análise cinemática do patamar correspondente aos 80% da velocidade do recorde pessoal. Esta intensidade foi selecionada por corresponder a uma intensidade de nado situada predominantemente ao nível da capacidade aeróbia ([MORAIS](#) et al., 2006). Os registos de imagem foram feitos na última parcial de 50 metros, entre os 391 e os 394 metros de prova. No teste máximo os registos de imagem foram feitos nos últimos 50 metros, entre os 191 e os 194 m da prova.

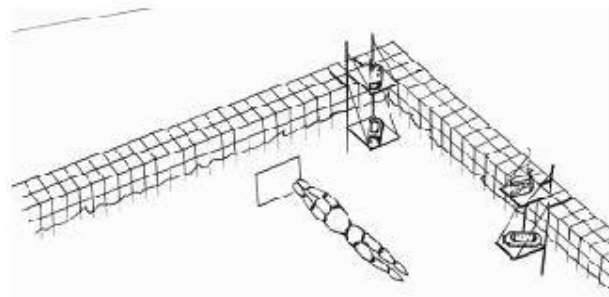


Figura 1. Localização e orientação das câmeras e dos suportes utilizados para o registro das imagens.

O ciclo gestual analisado (para todos os nadadores foi estudado apenas a ação do membro superior direito) foi dividido em quatro fases distintas ([CHOLLET](#); [CHALIES](#); [CHATARD](#), 2000): fase 1 (entrada + deslize) - entrada e agarre da mão na água: esta fase corresponde ao tempo entre a entrada da mão na água e o início do deslocamento posterior da mão; fase 2 (ação subaquática propulsora 1) - esta fase corresponde ao tempo compreendido entre o início do deslocamento posterior das mãos e a chegada da mão até à vertical do ombro (é considerada a 1ª fase da propulsão); fase 3 (ação subaquática propulsora 2) - tempo compreendido entre a mão na vertical do ombro e a saída da mão da água (2ª fase da propulsão); fase 4 (recuperação) - corresponde ao tempo compreendido entre a saída da mão da água e a entrada da mão na água. A duração média do ciclo gestual corresponde ao somatório das quatro fases.

Foram estudadas a velocidade média de nado no teste máximo (V200), a velocidade de deslocamento do centro de massa (V) obtida recorrendo aos registos de imagem nos últimos 50 m, a distância de ciclo (DC), a frequência gestual ($FG = 1 \text{ T}^{-1}$), o índice de nado ($IN = V \text{ DC}$), a duração absoluta do ciclo (T) e de cada uma das fases, a duração relativa de cada uma das fases do ciclo gestual e a variação intracíclica da velocidade de nado (VIV) durante o ciclo gestual.

Procedimentos estatísticos

A normalidade da amostra foi verificada através do teste de *Shapiro-Wilk*. Os resultados são apresentados como média e desvio padrão

($\bar{X} \pm DP$). A VIV foi calculada com base no coeficiente de variação dos valores de V obtidos durante o ciclo gestual. A comparação entre

provas foi efetuada com recurso ao teste T medidas repetidas ou ao teste de *Wilcoxon*, de acordo com o tipo de distribuição identificada em cada variável dependente. Para verificar o nível de associação entre as variáveis foi usado o coeficiente de correlação de *Pearson* ou de *Spearman* (em função da normalidade da distribuição). Para todos os testes o nível mínimo de significância adotado foi de 5%.

Os procedimentos estatísticos foram realizados com recurso do sistema estatístico SPSS (SPSS, versão 13.0, Chicago, Illinois, EUA). Os gráficos foram produzidos com o

software *SigmaPlot 8.0®* (SPSS Science, Chicago, EUA).

Resultados

Nas Figuras 2, 3, 4 e 5 estão representados os valores médios e desvios padrão dos parâmetros cinemáticos gerais (V, DC, FG, IN), da duração absoluta do ciclo gestual e duração absoluta e relativa de cada fase do ciclo gestual e da velocidade de deslocamento do centro de massa em cada fase do ciclo gestual durante os testes submáximo e máximo.

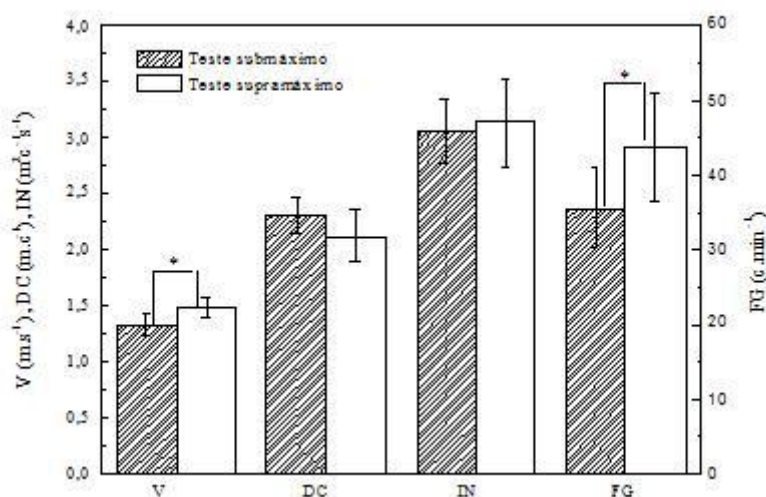


Figura 2. Média e desvio-padrão da velocidade de deslocamento do centro de massa (V), da distância de ciclo (DC), da frequência gestual (FG) e do índice de nado (IN), durante os testes submáximo e máximo (*p<0,05).

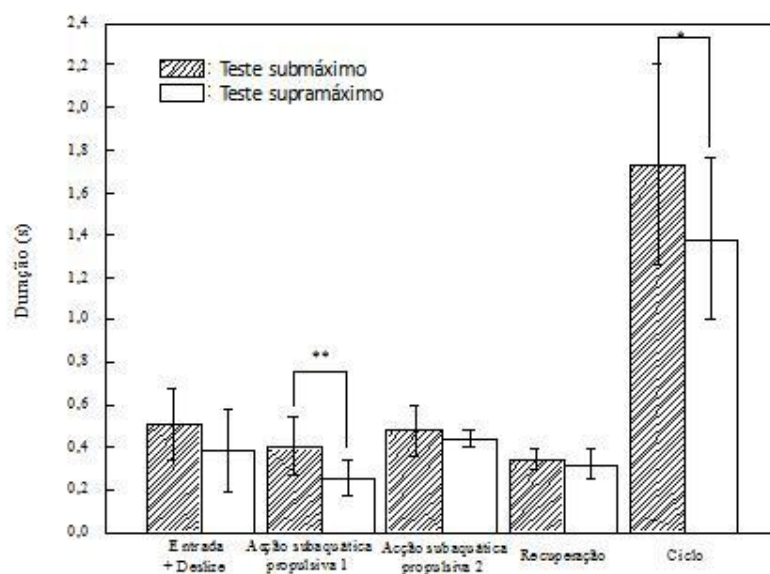


Figura 3. Média de desvio padrão da duração absoluta do ciclo e das fases do ciclo gestual durante os testes submáximo e máximo (*p<0,05; **p<0,01).

Da análise da Figura 2, destacamos a existência de diferenças estatisticamente

significativas entre os testes submáximo e máximo, relativamente à V e à FG, apresentando

o teste máximo um valor médio mais elevado nas duas variáveis.

Da análise da Figura 3 verificou-se que a duração absoluta da ação subaquática propulsora 1 diminui do teste submáximo para o teste máximo, o mesmo acontecendo com a duração do ciclo gestual. Relativamente às restantes fases do ciclo gestual (entrada + deslize, ação subaquática propulsora 2, recuperação), apesar de ter havido uma diminuição da duração absoluta

de cada uma delas do teste submáximo para o teste máximo, estas alterações não foram significativas.

Quando consideramos a duração de cada uma das fases do ciclo gestual relativizada à duração do ciclo gestual (figura 4), verificamos que apenas ocorreram diferenças entre o teste submáximo e o teste máximo também na ação subaquática propulsora 1.

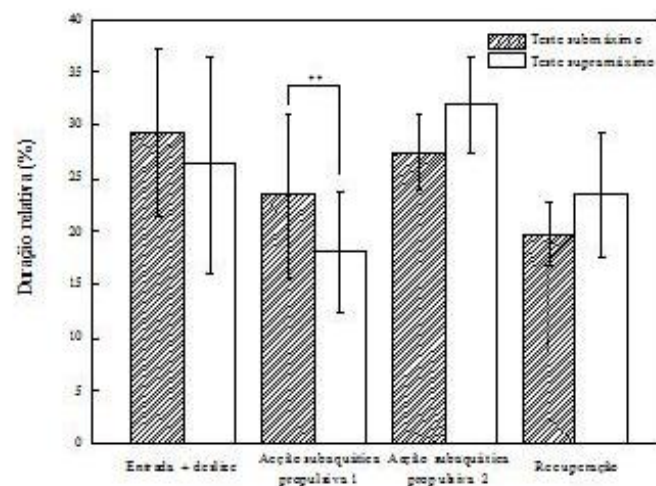


Figura 4. Média de desvio padrão da duração relativa de cada uma das fases do ciclo gestual nos testes submáximo e máximo (** $p < 0,01$).

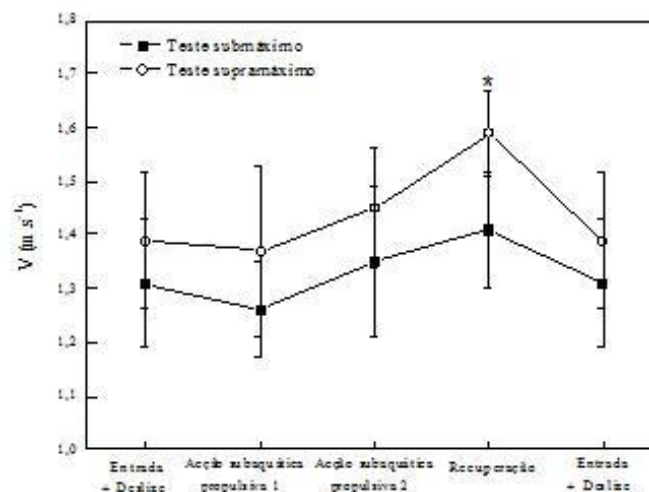


Figura 5. Velocidade de deslocamento do centro de massa (V) durante um ciclo gestual dos membros superiores (membro superior direito) no decorrer dos testes submáximo e máximo (* $p < 0,05$).

Na Tabela 1 são apresentados os valores dos coeficientes de correlação relativos à associação entre a prestação no teste máximo (representada pela V200) e as variáveis cinemáticas analisadas (parâmetros cinemáticos gerais, duração absoluta de cada fase do ciclo gestual e duração relativa

(relativamente à duração do ciclo gestual) de cada fase do ciclo gestual, velocidade de deslocamento do centro de massa em cada fase do ciclo gestual e variação intracíclica da velocidade do centro de massa.

Tabela 1. Valores de coeficientes de correlação relativos à associação entre a prestação na prova máxima (V200) e as variáveis cinemáticas analisadas: velocidade de deslocamento do centro de massa (V), frequência gestual (FG), distância de ciclo (DC), o índice de nado (IN), duração absoluta de cada fase do ciclo gestual, duração relativa de cada fase do ciclo gestual, velocidade de deslocamento do centro de massa (V) em cada fase do ciclo gestual e variação intracíclica da V. * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$.

V200				
P. cinemáticos gerais	V 0,89**	FG 0,40	DC - 0,25	IN 0,74*
Duração absoluta de cada fase	Entrada + deslize - 0,67*	Ação subaquática propulsora 1 0,06	Ação subaquática propulsora 2 0,04	Recuperação - 0,11
Duração relativa de cada fase	Entrada + deslize - 0,63	Ação subaquática propulsora 1 0,34	Ação subaquática propulsora 2 0,68*	Recuperação 0,24
V em cada fase	Entrada + deslize - 0,36	Ação subaquática propulsora 1 0,73*	Ação subaquática propulsora 2 0,73*	Recuperação 0,89*
Variação intracíclica da V	VIV 0,39			

A relação entre a prestação no teste máximo e os parâmetros cinemáticos gerais exibiu um nível de associação elevado, positivo e significativo entre a V e a prestação e entre o IN e a prestação.

A relação entre a prestação no teste máximo e a duração absoluta de cada fase do ciclo gestual mostrou um nível de associação moderado, negativo e significativo, entre a duração da fase entrada + deslize e a prestação.

A relação entre a prestação no teste máximo e a duração relativa de cada fase do ciclo gestual mostrou uma correlação significativa, moderada e positiva, entre a duração relativa da ação subaquática propulsora 2 e a prestação.

A relação entre a prestação no teste máximo e a velocidade horizontal do centro de massa (V) em cada fase do ciclo gestual mostrou a existência de um nível de associação elevado, positivo e significativo, entre prestação e a V na ação subaquática propulsora 1, a V na ação subaquática propulsora 2 e a V na fase de recuperação.

A relação entre a prestação no teste máximo e a variação intracíclica da velocidade não foi significativa entre as duas variáveis.

Discussão

Foi objetivo do presente estudo foi caracterizar o nado submáximo e máximo do ponto de vista cinemático e verificar a influência das variáveis cinemáticas num teste máximo de 200 metros crawl. Verificaram-se diferenças cinemáticas significativas entre os dois testes ao nível da FG, da V, da duração total do ciclo gestual, da duração absoluta e relativa da ação subaquática

propulsora 1 e da V na fase de recuperação. Identificaram-se também associações significativas entre a prestação no teste máximo de 200 metros *crawl* e algumas variáveis cinemáticas (V, IN, duração absoluta da ação entrada + deslize, duração relativa da ação subaquática propulsora 2).

Visto que este estudo fazia parte de um projeto de investigação mais amplo, em que a medição dos parâmetros fisiológicos era um dos aspectos centrais, o protocolo experimental do presente estudo foi realizado com o nado com a válvula *Aquatrainer* (Cosmed, Roma, Itália), integrada com o sistema portátil de oximetria direta, *K4b²* (Cosmed, Roma, Itália). Este sistema, recentemente utilizado em pesquisas na natação (FERNANDES et al., 2006; MARINHO et al., 2006), permite fornecer informações ao nível da bioenergética do nado, relacionadas com a avaliação de componentes como: i) economia de nado e custo energético; ii) eficiência de nado; iii) consumo máximo de oxigênio ($\text{VO}_{2\text{máx}}$) e volume de consumo de oxigênio (VO_2), evidenciando particularmente as características da cinética do VO_2 nomeadamente a componente lenta; e iv) o tempo limite necessário até se verificar a estabilização no consumo máximo de O_2 . No nosso estudo, a utilização desta válvula especificamente concebida para utilização em natação deveu-se à necessidade de, por um lado, minimizar o previsível efeito das válvulas mais tradicionais na intensidade da força de arrasto hidrodinâmico (TOUSSAINT et al., 1987) e, por outro, de atenuar o constrangimento imposto pelos dispositivos oximétricos tradicionais à

capacidade individual de execução motora do gesto ([LÉGER](#); SELIGER; BRASSARD, 1980). Apesar do acréscimo na força de arrasto hidrodinâmico devido à utilização da válvula respiratória parecer não ser significativo ([KESKINEN](#); RODRÍGUEZ; KESKINEN, 2003), a comparação dos dados cinemáticos do presente estudo com outros estudos realizados sem válvula devem ser feitos com alguma prudência. Dessa forma, valorizaremos as comparações dos dados cinemáticos obtidos com estudos realizados em nadadores acoplados a uma válvula respiratória.

O valor médio da V encontrado no presente estudo no teste máximo foi inferior ao encontrado no estudo de [Vilas Boas](#) et al. (2001). Uma justificação para este fato poderá estar relacionado com a metodologia utilizada. A técnica de virada aberta, assim como a não realização de salto de partida, poderá ter contribuído para a diminuição do valor da V. Por outro lado, o nível desportivo dos nadadores das amostras também poderá ter influenciado os resultados obtidos. A amostra do estudo de [Vilas Boas](#) et al. (2001) apresentou como melhor prestação na prova de 200 metros *crawl*, o tempo de 115 segundos. Já a média da melhor prestação da amostra do presente estudo foi de $118,89 \pm 9,60$ segundos. Contudo, quando comparamos os dados da V com outros estudos nos quais os nadadores tiveram que realizar um protocolo de testagem semelhante (i.e. medição do consumo de oxigênio através de uma válvula específica para a natação), podemos verificar que os valores encontrados são semelhantes. [Fernandes](#) et al. (2006), encontraram valores médios para a velocidade mínima a que ocorre o VO_{2max} de $1,45 \pm 0,04 \text{ m s}^{-1}$, enquanto [Marinho](#) et al. (2006) encontraram valores para esta variável de $1,46 \pm 0,08 \text{ m s}^{-1}$. No presente estudo, o valor da V encontrado no teste máximo foi aproximadamente $1,5 \pm 0,04 \text{ m s}^{-1}$, sendo que este valor se encontra acima da velocidade mínima de VO_{2max} ($1,43 \pm 0,05 \text{ m/s}$).

Quando se compara os valores da FG obtidos no presente estudo com os resultados obtidos por outros autores ([ALBERTY](#) et al., 2005; [CAPUTO](#) et al., 2000), verifica-se que os valores são ligeiramente superiores aos do presente estudo. Contudo, o estudo de [Vilas Boas](#) et al. (2001) apresenta valores bastante superiores para a FG. No entanto, os valores da FG na prova máxima do presente estudo são superiores aos

encontrados por [Caputo](#) et al. (2000) e por [Alberty](#) et al. (2005). Esta extrema variabilidade de resultados encontrada poderá ser atribuída à forma de cálculo da FG. No estudo de [Caputo](#) et al. (2000) utilizou-se um cronofrequencímetro de base 5, enquanto no presente estudo e no de [Alberty](#) et al. (2005) a FG foi calculada através de cinematria por meio de análise videométrica. Outro motivo para os valores superiores de FG no presente estudo em comparação com o de [Alberty](#) et al. (2005) poderá ser a influência do sexo no comportamento desta variável cinemática. Isto porque no estudo do grupo francês (2005), a amostra foi composta por nadadores de ambos os sexos, enquanto no presente estudo apenas se testaram nadadores do sexo masculino. Contudo, [Fernandes](#) et al. (2006), ao estudar a relação entre os parâmetros cinemáticos gerais e a duração máxima do nado à velocidade mínima de VO_{2max} , verificaram que não existiam diferenças na FG entre os elementos do sexo feminino e os do sexo masculino. Neste protocolo de testagem com a válvula respiratória, [Fernandes](#) et al. (2006) encontraram valores de aproximadamente 35 c min^{-1} na FG, valor semelhante ao encontrado por [Marinho](#) et al. (2006). No presente estudo, no teste máximo, o valor médio encontrado foi aproximadamente 44 c min^{-1} . Contudo, no presente estudo, a velocidade foi acima da velocidade mínima de VO_{2max} , pelo que é de esperar-se que a FG seja também superior ([CRAIG](#) et al., 1985).

A DC é um indicador cinemático tido como um indicador de habilidade técnica ([CRAIG](#) et al., 1985), sendo mesmo considerado como um dos fatores que permitem diferenciar nadadores de bom nível técnico de nadadores de nível médio ou medíocre ([SEIFERT](#); CHOLLET; CHATARD, 2007). De uma forma geral, a DC apresentou valores inferiores à literatura ([FERNANDES](#) et al., 2006; [MARINHO](#) et al., 2006; [SMITH](#); NORRIS; HOGG, 2002), exceção feita ao estudo de [Vilas Boas](#) et al. (2001) e [Alberty](#) et al. (2005). Uma vez que as amostras dos estudos supra-citados incluíram nadadores com participações em campeonatos europeus e jogos Olímpicos ([SMITH](#); NORRIS; HOGG, 2002), parece ser plausível que os valores da DC apresentem valores superiores. Todavia, relativamente aos estudos realizados com a utilização da válvula respiratória, tanto [Fernandes](#) et al. (2006), como [Marinho](#) et al. (2006) determinaram a DC através da contagem do número de ciclos de nado em

cada 25 m. Apesar da utilização da válvula não permitir um grande deslize após as viragens, a não consideração deste deslocamento em deslize, no qual o nadador não executa movimentos com os membros superiores, pode levar à sobrevalorização da DC, o que pode ser uma explicação para a diferença nos dados.

Segundo [Costill](#) et al. (1985), o IN é um excelente indicador da adequação do gesto técnico. O IN no presente estudo foi inferior aos valores encontrados por [Caputo](#) et al. (2000) e superior aos encontrados por [Vilas Boas](#) et al. (2001). As diferenças encontradas nos estudos analisados poderão ser atribuídas à diferença de nível desportivo das amostras que participaram nos vários estudos. Todavia, quando comparamos os valores do IN com os dados de [Fernandes](#) et al. (2006) ($3,60 \pm 0,38 \text{ m}^2 \text{ c}^{-1} \text{ s}^{-1}$) e [Marinho](#) et al. (2006) (valores entre 3,25 e $3,80 \text{ m}^2 \text{ c}^{-1} \text{ s}^{-1}$ encontrados durante um teste à velocidade mínima de VO_2max), podemos verificar que os valores encontrados no presente estudo ($\approx 3,20 \pm 0,27 \text{ m}^2 \text{ c}^{-1} \text{ s}^{-1}$) são ligeiramente inferiores. Mais uma vez, parece-nos que a principal diferença se prende com a metodologia de medição da DC ($\text{IN} = \text{V DC}$).

Relativamente às diferenças nos parâmetros cinemáticos gerais entre o teste submáximo e o teste máximo, verificou-se que no teste máximo a V e a FG foram superiores. Esta situação corrobora os estudos efetuados anteriormente ([CRAIG](#) et al., 1985; [HAY](#), 1987) que referem que o aumento da V é habitualmente conseguido à custa de um aumento da FG. Esta relação entre a V e a FG permite também explicar as diferenças encontradas na duração do ciclo gestual e de cada uma das fases do ciclo entre os testes máximo e submáximo ($T = 1 \text{ FG}^{-1}$).

Deste modo, verificou-se uma diminuição da T e da ação subaquática propulsora 1 (tanto em valor absoluto como relativamente a T), do teste submáximo para o máximo. O presente estudo obteve valores semelhantes aos encontrados por [Alberty](#) et al. (2005), no que diz respeito à duração relativa das fases da ação subaquática propulsora 1 e da recuperação. No entanto, nas restantes fases, os resultados não são coincidentes.

No caso da velocidade horizontal de deslocamento do centro de massa, observou-se que para todas as fases, esta foi superior no teste máximo do que no submáximo. Contudo, o único momento em que se encontraram diferenças significativas foi na fase de recuperação. Esta diferença poderá ser justificada pela maior

velocidade a que se realizou o teste máximo, relativamente ao teste submáximo. A fase entrada + deslize e a ação subaquática propulsora 1 foram aquelas que apresentaram uma velocidade de deslocamento do centro de massa mais reduzida. Estes resultados confirmam, em parte, os relatos de [Chollet](#), Chalties e Chatard (2000). Segundo estes autores, a fase entrada + deslize corresponde a uma fase não propulsora da braçada. Consequentemente, verifica-se a obtenção de uma velocidade de deslocamento do centro de massa inferior. A recuperação, pelo contrário, foi aquela onde se alcançou a maior velocidade de deslocamento do centro de massa, tanto no teste submáximo como no teste máximo. Esta situação poderá ser atribuída às características da técnica de *crawl*. Esta é tida como uma técnica contínua e alternada. Assumindo uma sincronização do tipo alternada entre os membros superiores, enquanto um membro superior está a realizar a recuperação, o outro está a realizar a ação subaquática propulsora 2, fase que alcançou a mais elevada velocidade de deslocamento do centro de massa. Todavia, diferentes abordagens de sincronização intersegmentar poderão ter repercussão na velocidade assumida pelo nadador e na variação intracíclica da velocidade de deslocamento ([CHOLLET](#); [CHALIES](#); [CHATARD](#), 2000; [SEIFERT](#); [CHOLLET](#), 2009; [SEIFERT](#); [CHOLLET](#); [CHATARD](#), 2007), sendo que este aspecto não foi considerado no presente estudo.

Uma associação positiva e elevada entre a V200 e a V foi obtida nas ações subaquáticas propulsoras 1 e 2 e na recuperação. Por outro lado, a associação entre o IN e a prestação pode estar relacionado com a associação anterior, visto $\text{IN} = \text{V DC}$, esperando-se que os nadadores que apresentam uma velocidade mais elevada apresentem também um IN superior ([COSTILL](#) et al., 1985), apesar de não ter sido encontrada uma associação significativa entre a V200 e DC.

A associação negativa encontrada entre a duração absoluta da fase entrada + deslize e a prestação parece indicar que a maior duração desta fase tem como consequência uma diminuição da V200 e limitando a prestação final. Quanto maior o tempo que o nadador demora a realizar esta fase, mais tempo estará a realizar uma ação com efeitos pouco propulsores. Por outro lado, verificou-se uma associação positiva e moderada entre a duração relativa da ação subaquática propulsora 2 e a prestação. Uma vez que esta é uma fase propulsora do ciclo gestual, a

maior contribuição relativa trará benefícios para a V200, aumentando o tempo de atuação das forças propulsoras (ANDERSON et al., 2006). Assim, um aumento da duração relativa das fases mais propulsoras do trajeto motor e uma diminuição dessa mesma duração em fases menos propulsoras serão uma estratégia para aumentar a velocidade e, portanto, a prestação. Todavia, mais uma vez é necessário ter alguma precaução nestas considerações, uma vez que o tipo de coordenação entre os membros superiores adotada pelos nadadores pode levar a estratégias propulsoras distintas (CHOLLET; CHALIES; CHATARD, 2000; SEIFERT; CHOLLET, 2009; SEIFERT; CHOLLET; CHATARD, 2007).

Relativamente à associação entre a variação intracíclica da velocidade e a V200, não foi encontrada nenhuma relação entre estas duas variáveis. A avaliação da variação intracíclica é, segundo Costill et al. (1985), um dos métodos mais comuns para a avaliação da eficiência dos nadadores. Todavia, neste caso específico, a variação intracíclica da velocidade não apresentou associação com a prestação no teste máximo de 200 m realizado na técnica de *crawl*.

No presente estudo as variáveis cinemáticas apenas foram determinadas na parte final da prova. Apesar de algumas variações ao longo da prova, das quatro técnicas de nado, o *crawl* é a técnica que apresenta menores variações (HELLARD et al., 2008). Assim sendo, optamos por apenas efetuar os registros de imagem uma única vez, nos últimos 50 metros e na parte final da prova. Todavia, a determinação das variáveis cinemáticas em mais do que um momento deve ser uma preocupação em estudos futuros, tentando analisar mais detalhadamente o comportamento destas variáveis e a sua relação com a prestação desportiva ao longo de uma prova de natação.

Em síntese, foram encontradas diferenças cinemáticas significativas entre os testes submáximo e máximo ao nível da FG, da V, da duração total do ciclo gestual, da duração absoluta e relativa da ação subaquática propulsora 1 e da V na fase de recuperação. Foram identificadas associações entre a prestação no teste máximo de 200 metros *crawl* e algumas variáveis cinemáticas (V, IN, duração absoluta da ação entrada + deslize, duração relativa da ação subaquática propulsoras 2). Assim sendo, deverá ser dada particular atenção ao comportamento das variáveis cinemáticas nos nadadores de *crawl*, no sentido de potenciar um incremento da sua prestação competitiva.

Referências

- ABDEL-AZIZ, Y.; KARARA, H. Direct linear transformation: from comparator coordinates into object coordinates in close range photogrammetry. In: SYMPOSIUM ON CLOSE-RANGE PHOTOGRAMMETRY, 1971, Church Falls, VA. **Annals...** Church Falls, VA: American Society of Photogrammetry, 1971. p. 1-18.
- ALBERTY, M.; POTDEVIN, F.; DEKERLE, J.; PELAYO, P.; GORCE, P.; SIDNEY, M. Changes in swimming technique during time to exhaustion at freely chosen and controlled stroke rates. **Journal of Sports Science**, Leeds, v. 26, n. 11, p. 191-200, 2008.
- ALBERTY, M.; SIDNEY, M.; HUOT-MARCHAND, F.; HESPEL, J. M.; PELAYO, P. Intracyclic velocity variations and arm coordination during exhaustive exercise in front crawl. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v. 26, n. 6, p. 471-475, 2005.
- ANDERSON, M. E.; HOPKINS, W. G.; ROBERTS, A. D.; PYNE, D. B. Monitoring seasonal and long-term changes in test performance in elite swimmers. **European Journal of Sport Science**, Cologne, v. 6, n. 3, p. 145-154, 2006. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/17461390500529574>>. Acesso em: 15 abr. 2011.
- CAPUTO, F.; LUCAS, R. D.; GRECO, C. C.; DENADAI, B. S. Características da braçada em diferentes distâncias no estilo crawl e correlações com a performance. **Revista Brasileira de Ciências e Movimento**, Brasília, v. 8, n. 3, p. 7-13, 2000.
- CHOLLET, D.; CHALIES, S.; CHATARD, J. C. A new index of coordination for the crawl: description and usefulness. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v. 21, n. 1, p. 54-59, 2000.
- COSTILL, D.; KOVALESKI, J.; PORTER, D.; FIELDING, R.; KING, D. Energy expenditure during front crawl swimming: predicting success in middle-distance events. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v. 6, n. 5, p. 266-270, 1985.
- CRAIG, A.; PENDERGAST, D. Relationships of stroke rate, distance per stroke and velocity in competitive swimming. **Medicine and Science in Sports**, Madison, v. 11, n. 3, p. 278-283, 1979.
- CRAIG, A.; SKEHAN, P.; PAWELCZYK, J.; BOOMER, W. Velocity, stroke rate, and distance per stroke during elite swimming competition. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v. 17, n. 6, p. 625-634, 1985.

DE LEVA, P. Adjustments to Zatsiorsky-Seluyanov's segment inertia parameters. **Journal of Biomechanics**, Elmsford, v. 29, n. 9, p. 1223-1230, 1996.

EAST, D. Swimming: an analysis of stroke frequency, stroke length and performance. **New Zealand Journal of Health, Physical Education and Recreation**, Auckland, v. 3, n. 1, p. 16-27, 1970.

FERNANDES, R.; MARINHO, D.; BARBOSA, T.; VILAS-BOAS, J. P. Is time limit at the minimum swimming velocity of $\text{VO}_{2\text{max}}$ influenced by stroking parameters? **Perceptual and Motor Skills**, Missoula, v. 103, n. 1, p. 67-75, 2006. Disponível em: <<http://www.amsciepub.com/doi/abs/10.2466/pms.103.1.67-75>>. Acesso em: 22 abr. 2011.

HAY, J. G. **The biomechanics of sports techniques**. NJ: Prentice Hall, 1973.

HAY, J. G. Swimming biomechanics: a brief review. **Swimming Technique**, Sedona, AZ, v. 23, p. 15-34, nov./jan., 1987.

HELLARD, P.; DEKERLE, J.; AVALOS, M.; CAUDAL, N.; KNOPP, M.; HAUSSWIRTH, C. Kinematic measures and stroke rate variability in elite female 200-m swimmers in the four swimming techniques: Athens 2004 Olympic semi-finalists and French National 2004 Championship semi-finalists. **Journal of Sports Science**, Leeds, v. 26, n. 1, p. 35-46, 2008.

KESKINEN, K.; KOMI, P.; RUSKO, H. A comparative study of blood lactate tests in swimming. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v. 10, n. 3, p. 197-201, 1989.

KESKINEN, K. L.; RODRÍGUEZ, F. A.; KESKINEN, O. P. Respiratory snorkel and valve system for breath-by-breath gas analysis in swimming. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, Copenhagen, v. 13, n. 5, p. 322-329, 2003.

LEBLANC, H.; SEIFERT, L.; CHOLLET, D. Arm-leg coordination in recreational and competitive breaststroke swimmers. **Journal of Science and Medicine in Sport**, Belconnen, v. 12, n. 3, p. 352-356, 2009.

LÉGER, L.; SELIGER, V.; BRASSARD, L. Backward extrapolation of $\text{VO}_{2\text{max}}$ from the O_2 recovery curve. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v. 12, n. 1, p. 24-27, 1980.

MARINHO, D.; VILAS-BOAS, J. P.; KESKINEN, K.; RODRÍGUEZ, F.; SOARES, S.; CARMO, C.; VILAR, S.; FERNANDES, R. The kinematic

parameters during a time to exhaustion test at the minimum velocity that elicits $\text{VO}_{2\text{max}}$ in elite swimmers. **Journal of Human Movement Studies**, Edinburgh, v. 51, n. 1, p. 1-10, 2006.

MORAIS, P.; CARDOSO, C.; FARIA, V.; ROCHA, S.; MACHADO, L.; FERNANDES, R.; VILAS-BOAS, J. P. Oxygen uptake and ventilatory threshold in swimming. **Portuguese Journal of Sport Sciences**, Porto, v. 6, n. 2, p. 130-132, 2006.

REIS, V. M.; BARBOSA, T. M.; MARINHO, D. A.; POLICARPO, F.; REIS, A. M.; SILVA, A. J.; BALDARI, C. Physiological determinants of performance in breaststroke swimming events. **International SportMed Journal**, Champaign, v. 11, n. 3, p. 324-335, 2010.

REIS, V. M.; SILVA, A. J.; CARNEIRO, A. L.; MARINHO, D. A.; NOVAES, G. S.; BARBOSA, T. M. 100m and 200m front crawl performance prediction based on anthropometric and physiological measurements. **International Sports and Medicine Journal**, Champaign. 2011. No prelo.

SCHNITZLER, C.; SEIFERT, L.; ERNWEIN, V.; CHOLLET, D. Arm coordination adaptations assessment in swimming. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v. 29, n. 6, p. 480-486, 2008.

SEIFERT, L.; CHOLLET, D. Modelling spatial-temporal and coordinative parameters in swimming. **Journal of Science and Medicine in Sport**, Belconnen, v. 12, n. 4, p. 495-499, 2009.

SEIFERT, L.; CHOLLET, D.; CHATARD, J. C. Kinematic changes during a 100-m front crawl: effects of performance level and gender. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v. 39, n. 10, p. 1784-1793, 2007.

SMITH, D.; NORRIS, S.; HOGG, J. Performance evaluation of swimmers: scientific tools. **Sports Medicine**, Auckland, v. 32, n. 9, p. 539-554, 2002.

TOUSSAINT, H. Differences in propelling efficiency between competitive and triathlon swimmers. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v. 3, n. 22, p. 409-415, 1990.

TOUSSAINT, H.; MEULEMANS, A.; DE GROOT, G.; HOLLANDER, A. P.; SCHREURS, A. W.; VERVOORN, K. Respiratory valve for oxygen uptake measurements during swimming. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v. 56, n. 3, p. 363-366, 1987.

VILAS-BOAS, J. P. **Caracterização biofísica de três variantes da técnica de bruços**. 1993. 145f.

Tese (Doutorado em Biomecânica do Desporto) -
Universidade do Porto, Portugal, 1993.

VILAS-BOAS, J. P. Speed fluctuations and energy cost of different breaststroke kinematic variables in national and elite male and female 100-m and 200-m breaststroke swimmers. **Journal of Sports Sciences**, London, v. 18, n. 6, p. 421-443, 1996.

VILAS-BOAS, J. P.; SOUTO, S.; PINTO, J.; FERREIRA, M. I.; DUARTE, M.; SILVA, J. V.; FERNANDES, R.; SOUSA, F. Estudo cinemático 3D da afectação da técnica de nado pela fadiga específica da prova de 200m livres. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMECÂNICA, 9, 2001, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Biomecânica: Universidade Federal de Rio Grande do Sul, 2001. p. 31-41.

Agradecimentos: Este trabalho foi financiado pelo Programa Operacional de Ciência e Inovação 2010 do Quadro Comunitário de Apoio III e participado pelo Fundo Comunitário Europeu FEDER, através da Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) e incluído no Projeto POCI/DES/58362/2004.

Endereço:

Diogo Oliveira
Departamento de Ciências do Desporto,
Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
Rua Dr. Manuel Cardona / CIFOP
5000 Vila Real
Portugal
Tel: +351 259 350 877
Fax: +351 259 330 168
Email: diogorobertodeoliveira@gmail.com

Recebido em: 14 de abril de 2010.
Aceito em: 26 de setembro de 2011.



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/)