

Artigo Original

Cinemática do Nado *Crawl* de Nadadores Não-Competitivos

Front crawl kinematics for non-competitive swimmers

Priscila Nicolao Mazzola,

Mariana Mozzaquatro Jacques,

Igor Fangueiro da Silva,

Flávio Antônio de Souza Castro

Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Brasil

Correspondência: primazzola@gmail.com

Recebido: 23/01/2009

Aceite: 30/05/2009

Resumo

Para nadadores não-competitivos (NC) há poucas informações sobre relações cinemáticas do nado, geralmente, pesquisas são realizadas com atletas de elite. Objetivo: verificar comprimento médio de braçada (CB), comprimento médio corrigido pela envergadura (CBc), frequência média de braçada (FB) e velocidade média (VN) do nado *crawl* sob diferentes intensidades em NC. Participaram 24 indivíduos, separados nos grupos G1 e G2, respectivamente, mulheres e homens que nadam, aproximadamente, 3000 m por sessão, três vezes semanais; G3 e G4, respectivamente, mulheres e homens que nadam, aproximadamente, 1000 m por sessão, duas vezes semanais. Dados de idade e antropométricos foram obtidos. Três repetições de 25 m, sob três intensidades foram realizadas em ordem aleatória (intervalo: 2 min). Foram registrados os tempos do percurso entre os 10 e os 20 m e de três ciclos de braçadas realizados dentro desses 10 m. Resultados: o aumento significativo de VN ocorreu paralelamente ao aumento da intensidade, com aumento da FB e diminuição da CBc, todos significativos. G1 e G2 apresentam maiores valores médios dessas variáveis em relação a G3 e G4. NC apresentam similar estratégia para incremento de VN que nadadores de alto nível. Mesmo nesse nível, a técnica é influenciada pela prática.

Palavras-chave: Desempenho desportivo, natação, biomecânica.

Abstract

For non-competitive swimmers (NC), it has few information about swimming kinematics relations, generally, researches are carried through with elite athlete. Objective: to verify front crawl stroke's averages stroke length (CB), length corrected by the upper limb span (CBc), stroke rate (FB) and swim velocity (VN) under different intensities in NC. 24 individuals had participated, separate in groups G1 and G2, respectively, women and men who swim, approximately, 3.000 m per session, three times weekly; G3 and G4, respectively, women and men who swim, approximately, 1.000 m per session, two times weekly. Data of age and anthropometrics has been obtained. Three 25 m trials, under three different intensities were carried through in random sequence (rest interval: 2 min). It has been timed the passage between the 10 and the 20 m and three cycles of stroke performed inside these 10 m. Significant increase in VN occurred parallel to increase in intensity, with increase in FB and reduction in CBc, all significant ones. G1 and G2 present increased average values of these variables when compared to G3 and G4. NC present similar strategies for VN increment than high level swimmers. Exactly in this level, the technique is influenced by the practical one.

Keywords: Sports Performance, swimming, biomechanics.

Introdução

A história da prática da natação se relaciona com as origens da humanidade, tenha ela surgido por necessidade, temeridade, ou até mesmo prazer. Há registros artísticos relacionados a essa atividade já do século VI a.C.⁽⁴⁾, evidenciando a importância dessa prática para diversas sociedades. Atualmente, a natação é praticada em diferentes níveis, desde o terapêutico, até o competitivo. Em relação aos níveis recreacional e desportivo formal, é praticada em clubes, escolas e academias⁽¹⁾, onde os praticantes da modalidade buscam orientações formais quanto à execução técnica dos nados e a exercícios específicos. Devido às características físicas do meio aquático, para uma melhor prática, é necessária atenção constante às técnicas de nado, que, quando corretamente executadas, possibilitam nados mais eficientes⁽²⁾. Uma das maneiras de se avaliar a técnica é pelo conhecimento das variáveis cinemáticas lineares do nado, de modo específico, do comprimento e da frequência de braçadas. No alto nível, diversos estudos⁽²⁾⁽¹³⁾⁽¹⁴⁾⁽¹⁹⁾ vêm utilizando essas variáveis como indicadores da técnica.

O comprimento de braçada (CB) consiste na distância média do trajeto desenvolvido durante um ciclo completo de braçadas (duas braçadas), e é expresso em metros (m)⁽¹¹⁾. A frequência de braçadas (FB) é entendida como o número médio de ciclos realizados por unidade tempo, sendo expressa em ciclos por segundos ($\text{ciclos}\cdot\text{s}^{-1}$ ou Hz). Essa variável depende do tempo gasto nas fases propulsiva e recuperativa na execução da braçada⁽³⁾. Multiplicando-se a CB pela FB, em um determinado trajeto, obtém-se a velocidade de nado (VN) em metros por segundo ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)⁽⁸⁾. Devido à possível influência da

envergadura sobre o CB, quando da comparação entre indivíduos de diferentes características antropométricas, é necessário ajustá-lo pela envergadura. Assim, são obtidos valores corrigidos por meio do quociente entre CB e o dobro da envergadura (CBc)⁽³⁾.

Sendo a natação um esporte que envolve deslocamento, a VN, importante fator relacionado ao controle da intensidade, é obtida pelo produto entre um elemento espacial, o comprimento de braçada, e um elemento temporal, a frequência de braçada. Segundo Craig⁽⁵⁾ (1984), a velocidade na natação pode ser descrita pela relação existente entre a produção de energia provinda dos músculos, a eficiência e a resistência ao avanço que o corpo recebe ao tentar se deslocar. Assim, ao se deslocar na água, o nadador experimenta duas forças totalmente antagônicas: a força que promove a sua propulsão e a resistência ao avanço do corpo que o mesmo sofre em função do meio⁽⁶⁾⁽¹¹⁾.

Para atingir uma mesma VN um nadador pode se utilizar de diferentes estratégias na relação entre CB e FB. O aumento da VN pode ser alcançado agudamente, com incremento de FB, ou cronicamente, com incremento do CB. Essa segunda condição ocorre em resposta ao treinamento, devido à melhora da técnica utilizada pelo nadador⁽²²⁾. Diversos autores⁽²⁾⁽³⁾⁽⁸⁾ estudaram as relações entre as variáveis cinemáticas com nadadores de alto nível, encontrando, como estratégia mais utilizada para incremento agudo de VN, um aumento significativo da FB, concomitante à diminuição do CB, também significativa.

O conhecimento dessas relações cinemáticas leva à prescrição de diversos exercícios para os nadadores de alto nível, com objetivos de melhoria da técnica de nado e do desempenho, buscando, normalmente, um incremento no CB⁽¹¹⁾. Para nadadores não-competitivos (NC), que se caracterizam por não participar de competições, as ferramentas pedagógicas parecem ser mais limitadas, possivelmente devido ao desconhecimento, por parte dos professores, sobre como acontecem as relações entre CB e FB nesse nível⁽¹⁸⁾. Há poucos trabalhos enfocando relações cinemáticas de nado em NC, pois a maioria dos estudos nessa área é voltada a nadadores de elite⁽⁹⁾⁽¹³⁾⁽¹⁸⁾ e poucos estudos analisam diferentes intensidades de nado, a fim de averiguar o comportamento dessas variáveis, sem efeitos do treinamento, nos mesmos indivíduos⁽¹⁰⁾.

Os objetivos deste estudo, assim, foram verificar, em NC executando o nado *crawl*, sob diferentes intensidades, o comportamento dos valores médios de comprimento de braçada (CB), comprimento corrigido pela envergadura (CBc), frequência de braçada (FB) e velocidade de nado (VN).

Métodos

Participaram deste estudo 24 indivíduos voluntários (12 homens e 12 mulheres), nadadores engajados em treinamento de natação, sem objetivo de competição, pelo período de um a dois anos. O tamanho amostral foi definido a partir do conhecimento de valores de média e desvios-padrão, obtidos da literatura⁽³⁾, para um poder de 80% e nível de significância de 5%. Os participantes foram separados em quatro grupos de seis indivíduos: G1-

mulheres que nadam aproximadamente 3000 m por sessão, três vezes por semana; G2 - homens com o mesmo treino do G1; G3 - mulheres que nadam aproximadamente 1000 m por sessão, duas vezes por semana; e G4 - homens com o mesmo treino do G3. Os grupos realizavam, em seus treinos, 10 a 20% da distância total nadada sob exercícios específicos para melhoria da técnica. Todos os participantes foram devidamente informados a respeito do protocolo de avaliação e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido sobre o mesmo. Além disso, o projeto de pesquisa foi encaminhado e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (CEP-UFRGS), sob o número 2007968.

As características físicas foram obtidas antes da aplicação do protocolo para obtenção dos dados cinemáticos. Os dados antropométricos massa corporal e estatura foram obtidos por meio de uma balança analógica e de um estadiômetro (Filizola[®] modelo 31; resoluções de 0,1 Kg e 0,01 m, respectivamente). A massa de todos os indivíduos foi verificada com os mesmos utilizando roupa de banho seca. Os valores de envergadura, por meio de uma trena (Maxi[®], resolução milimétrica), quando o indivíduo avaliado permanecia deitado no solo, em decúbito dorsal, com abdução de 90° dos ombros e extensão de cotovelos, punhos e dedos, sendo que a maior distância entre as extremidades foi considerada a envergadura. A Tabela 1 apresenta esses valores em médias e desvios-padrão.

TABELA 1: Dados antropométricos. G1- mulheres que nadam aproximadamente 3000 m por sessão, três vezes por semana; G2 - homens com o mesmo treino do G1; G3 - mulheres que nadam aproximadamente 1000 m por sessão, duas vezes por semana; e G4 - homens com o mesmo treino do G3.

	G1	G2	G3	G4
N	6	6	6	6
Idade (anos)	21,5 ± 4,1	22,6 ± 1,3	27,1 ± 4,7	32,6 ± 12,6
Massa (kg)	58,7 ± 5,4 *	69,2 ± 5,9	59,0 ± 4,8*	79,0 ± 8,6*
Estatura (cm)	162,0 ± 5,5*	171,8 ± 7,8	161,1 ± 5,6*	175,4 ± 9,0*
Envergadura (cm)	168,6 ± 7,5	179,5 ± 8,5*	163,1 ± 6,5*	183,3 ± 11,6

Valores expressos em médias e desvios-padrão. Idade (anos), massa corporal (kg), estatura (cm) e envergadura (cm) entre os grupos G1, G2, G3 e G4; n: indica o número de participantes; * indica $p < 0,05$.

Foram encontradas diferenças significativas entre os valores médios de massa e estatura entre os grupos G1 e G4 ($p < 0,001$ e $p = 0,026$, respectivamente), e entre G3 e G4 ($p < 0,001$ e $p = 0,016$, respectivamente). Os grupos G2 e G3 ($p = 0,024$), e G3 e G4 ($p = 0,004$) diferiram na envergadura. Já que diferenças de envergadura foram encontradas, houve necessidade de correção do CB para que esses valores se tornassem relativos e pudessem, assim, ser comparados. A correção do CB foi realizada pelo quociente entre o CB e o dobro da envergadura⁽³⁾.

Cada participante realizou três repetições de 25 m, nadando *crawl*, na piscina semi-olímpica da Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, com temperatura da água entre 30 e 31°C, sob três diferentes intensidades subjetivas de nado: fraca, média e forte. Os participantes deste estudo já estavam familiarizados com a utilização da percepção subjetiva de esforço para a prescrição de intensidades de nado, assim, a sensação subjetiva foi a maneira mais prática do entendimento da

intensidade pelo nadador. A ordem das intensidades foi previamente definida por sorteio e informada ao nadador imediatamente antes da realização de cada percurso. O nadador era instruído a respirar a cada ciclo de braçadas ao longo dos 25 m, para o lado de sua preferência. O intervalo entre as repetições foi passivo e, após, ativo por 25 m de, aproximadamente, 2 min, a fim de evitar possíveis efeitos da fadiga.

Foram obtidos, utilizando-se dois cronômetros manuais (Casio®), o tempo que o nadador levou para percorrer 10 m, entre os 10 e os 20 m do percurso e o tempo gasto na realização de três ciclos de braçadas dentro desses 10 m⁽¹⁹⁾. Esse trecho foi escolhido a fim de desconsiderar o efeito da propulsão obtida pela impulsão na borda.

A velocidade de nado (VN) foi obtida por meio do quociente entre 10 m e tempo gasto para percorrê-los, a frequência de braçada (FB) por meio do quociente entre três ciclos e o tempo gasto para realizá-los, o comprimento de braçada (CB) pelo quociente entre a VN e a FB⁽¹⁹⁾, e o comprimento de braçada corrigido pela envergadura (CBc) por meio do quociente entre CB e o dobro da envergadura.

Análise Estatística: Primeiramente foram calculadas médias, desvios e erros-padrão. Foram verificadas a normalidade dos dados (Teste de Shapiro-Wilk), a equivalência de variâncias (Teste de Levene) e a homocedasticidade dos dados (Teste de Mauchly). Para a comparação dos dados antropométricos entre os grupos, foi aplicada uma análise de variância de um fator. Para verificar os efeitos dos fatores sexo, nível de prática e intensidade, foi aplicada um análise de variância para medidas repetidas em um modelo misto 2 (sexo)

x 2 (nível de prática) x 3 (intensidade do nado). O teste de Bonferroni foi utilizado para verificar as diferenças específicas, quando necessário. O aplicativo SPSS Versão 12.0 foi empregado na realização da análise estatística. Adotou-se 5% como nível de significância.

Resultados

Os valores médios de CB foram significativamente maiores para os grupos que realizam treino de maior volume (G1 e G2) em relação aos de menor volume (G3 e G4). Como mostra a Figura 1.

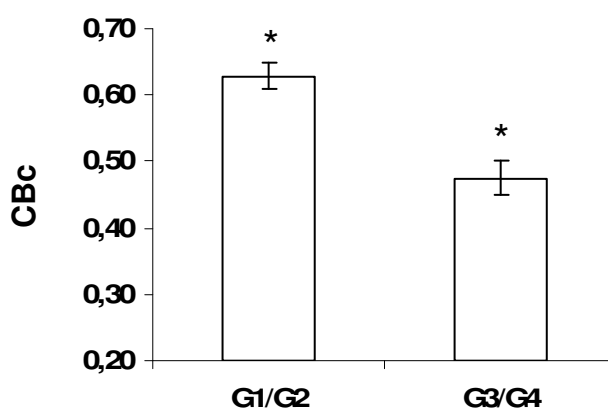


FIGURA 1: Médias e erros-padrão de CBc dos grupos G1 e G2 (maior volume de treino) e G3 e G4 (menor volume de treino). * indica $p < 0,05$

Em relação aos efeitos do fator sexo, a análise estatística mostrou que não houve diferença significativa entre eles nas médias de VN, FB e CBc. Em relação ao fator nível de prática, os grupos (homens e mulheres) que nadam aproximadamente 3000 m por sessão, três vezes por semana (G1 e G2) apresentaram maiores valores de VN ($p < 0,001$) e CBc ($p = 0,01$) do que os grupos que nadam aproximadamente 1000 m por sessão, duas vezes por semana (Tabela 2).

TABELA 2: Variáveis cinemáticas

	Mulheres	Homens	G1/G2	G3/G4
VN (m/s)	0,94 ± 0,013*	1,08 ± 0,028*	1,17 ± 0,014*	0,85 ± 0,028*
FB (Hz)	0,53 ± 0,023*	0,55 ± 0,022*	0,56 ± 0,011*	0,53 ± 0,022*
CBc	0,55 ± 0,015	0,55 ± 0,024	0,63 ± 0,020	0,48 ± 0,025

Valores expressos em médias e erros-padrão. VN (m/s), FB (Hz), e CBc, em relação ao sexo entre os grupos G1 e G3 (mulheres), e G2 e G4 (homens). E médias e erros-padrão de VN (m/s), FB (Hz), e CBc, em relação ao volume de prática dos grupos G1 e G2 (maior), e G3 e G4 (menor); * indica $p < 0,05$.

Avaliando os efeitos do nível de prática, os valores de VN e CBc foram significativamente maiores para os grupos que nadam mais, em comparação aos que nadam menos.

Quanto aos efeitos da intensidade sobre os parâmetros cinemáticos, foi verificado o aumento significativo previsto de VN ao passo que a intensidade aumentava (Figura 3). Esse aumento de VN foi obtido à custa de aumento significativo de FB (Figura 4) concomitante a redução de CBc (Figura 5).

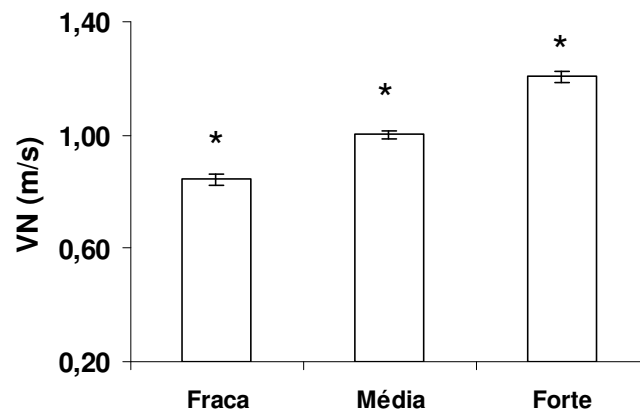


FIGURA 3: Médias e erros-padrão de VN (m/s) em relação às intensidades fraca, média e forte. * indica $p < 0,05$.

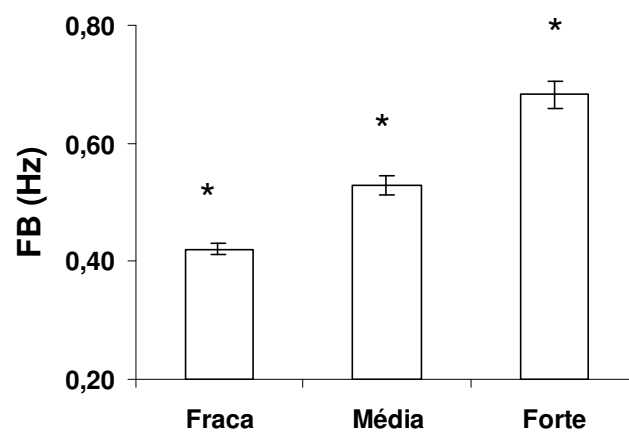


FIGURA 4: Médias e erros-padrão de FB (Hz) em relação às intensidades fraca, média e forte. * $p < 0,05$.

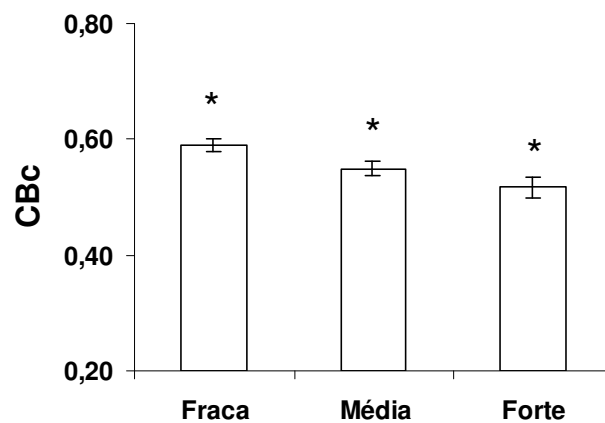


FIGURA 5: Médias e erros-padrão de Cbc em relação às intensidades fraca, média e forte. * indica $p < 0,05$.

Discussão

O CB é um importante indicador de eficiência propulsiva, indicando a qualidade do gesto empregado no nado e pode ser utilizado para avaliar (ao longo do tempo) progressos na “habilidade técnica”⁽²⁰⁾. Esta relação é verificada em nadadores competitivos. Neste estudo, com NC, os resultados são similares aos de nadadores de alto nível em relação à estratégia adotada para incremento da velocidade de nado.

Santos et al⁽¹⁵⁾, em 2003, encontraram diferenças significativas entre os sexos em seu estudo, com nadadores competitivos, observando-se valores maiores para o grupo de sexo masculino quando comparados valores do grupo de sexo feminino. No presente estudo, essa diferença não foi significativa entre as variáveis cinemáticas devido a esse fator, provavelmente porque a análise estatística adotada, com modelo misto, mistura os níveis de prática. Além disso, nadadores competitivos realizam maiores volumes de treino, maximizando sua eficiência ao extremo, e, assim, distanciando valores masculinos em comparação aos femininos. Sobretudo, devido a maiores envergaduras e massa corporal magra características do sexo masculino⁽¹³⁾, resultando em maior CB⁽¹⁶⁾.

Os resultados encontrados, em relação aos efeitos do nível de prática, mostraram que a eficiência de nado é influenciada pelo volume de treinamento, e é alcançada por meio do treinamento específico da técnica. A economia de nado está relacionada a parâmetros fisiológicos e biomecânicos, e depende da eficiência da fase propulsiva da braçada e da relação entre CB e FB, assim, o desempenho do nadador deve ser avaliado e treinado por meio dessas

variáveis⁽¹⁷⁾. Stallman e Kjendlie⁽¹⁸⁾, em 2006, propõem o uso da contagem de ciclos de braçadas em uma distância pré-estabelecida e redução voluntária do número de ciclos (para uma mesma velocidade de nado), como ferramenta pedagógica entre NC, objetivando o incremento do CB pela melhora da técnica propulsiva empregada.

Yanai⁽²¹⁾, em 2003, afirma que o incremento da VN pode acontecer sob duas condições: agudamente, quando ocorre aumento significativo de FB e cronicamente, em resposta a treinamento, quando ocorre aumento significativo de CB. Além disso, o efeito crônico possibilita um aumento da capacidade para realizar trabalho devido aos grandes músculos que atuam na fase de propulsão do nado *crawl* (peitoral maior, grande dorsal, redondo maior, entre outros) o que leva a um maior CB devido a maior força e resistência muscular localizada dessa musculatura⁽⁷⁾. Por outro lado, a estratégia mais encontrada para o aumento da VN é uma pequena diminuição de CB e aumento de FB. Todas as possíveis relações entre essas variáveis foram encontradas entre nadadores competitivos⁽²⁾⁽⁸⁾. O presente estudo mostrou que NC, quando instigados a executar o nado *crawl* em menores intensidades, adotam a mesma estratégia já descrita na literatura⁽⁵⁾⁽¹³⁾⁽¹⁴⁾ entre nadadores competitivos. Dessa forma, e considerando outros estudos⁽⁹⁾⁽¹⁸⁾, parece adequada a utilização das variáveis cinemáticas lineares de nado (CB, FB) pelo professor de natação, como um recurso pedagógico nas suas aulas, com NC.

Diversos artigos⁽³⁾⁽⁵⁾⁽⁸⁾ citados no presente estudo, para a avaliação de nadadores competitivos, utilizaram-se de equipamentos de videogrametria em duas dimensões para a obtenção dos dados cinemáticos. O presente estudo,

entendendo que o acesso a tais equipamentos é restrito, devido a condições econômicas e técnicas, à maioria dos profissionais da área, utilizou metodologia manual para a obtenção dos dados cinemáticos. Essa metodologia, simples e fácil de ser executada, permite uma avaliação mais rápida, com pronta resposta ao aluno que é avaliado.

Exercício, de aplicação prática, envolvendo as questões de distância percorrida por braçada e eficiência, pode ser a contagem das braçadas e do tempo para percorrer determinada distância. Após, somar os valores de tempo e de número de braçadas e, a cada repetição, reduzir o valor da soma. Deste modo, o aluno será incentivado a nadar de modo mais eficiente, sem reduzir sua velocidade de nado.

Conclusão

Os resultados do presente estudo, em relação às estratégias adotadas para o incremento da VN, vão ao encontro das conclusões dos estudos realizados com nadadores de alto nível competitivo, população dos estudos acerca da cinemática do nado. Deste modo, podemos concluir que NC utilizam estratégia similar a de nadadores de alto nível para aumento de velocidade, e, mesmo no meio recreacional, a técnica é influenciada pelo nível de prática. Devido a isso, parâmetros cinemáticos de nado já descritos na literatura podem, e devem, ser utilizados para análise de NC.

Referências

1. Burkhardt R, Escobar MO. **Natação para portadores de deficiência**. Ao Livro Técnico SA, Rio de Janeiro, 1985.
2. Caputo F, Lucas RD de, Greco CC, Denadai BS. Características da braçada em diferentes distâncias no estilo crawl e correlações com a performance. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**. 2000; Brasília: v.8, n.3, p.7-13.
3. Castro FS, Guimarães ACS, Moré F, Lammehirt H, Marques A. Cinemática do nado crawl sob diferentes intensidades e condições de respiração de nadadores e triatletas. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**. 2005; São Paulo: v.19, n.3, p.223-32.
4. Catteau R, Garoff F. O ensino da natação. 3.ed. São Paulo: Manole, 1990.
5. Craig JR AB, Skehan PL, Pawelczyk JA, Boomer WL. Velocity, stroke rate, and distance per stroke during elite swimming competition. **Med Sci Sports Exerc**. 1985; 17 (6), 625-634.
6. DiPrampero PE, Pendergast DR, Wilson DW, Renne DW. Energetics of swimming in man. **J Appl Physiol**. 1974; Jul;37(1):1-5.
7. Grimston SK, Hay JG. Relationships among anthropometric and stroking characteristics of college swimmers. **Med Sci Sports Exerc**. 1986; Madison: v.18, n.1, p.60-8.
8. Hay JG, Guimarães ACS. A quantitative look at swimming biomechanics. *Swimming Technique*, 1983; p.11-17, August-October..
9. Invernizzi PL, Pizzini G, Scurati R, Michielon G. Perfecting of the crawl in non-skilled swimmers: comparison between the drag reduction and

- improvement of the propulsion. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**. 2006; Portugal: n.6, p.225-27.
10. Keskinen KL, Komi PV. Intracycle variation in force, velocity and power as a measure of technique performance during front crawl swimming. In Bouisset, S., Métral, S. e Monod, H. (eds.). **Abstract. XIVth ISB Congress of Biomechanics**. 1993; 676-677.
11. Maglischo EW. **Nadando ainda mais rápido**. São Paulo: Manole, 1999.
12. McArdle WD, Katch FI, Katch VL. **Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano**. 5.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.
13. Pelayo P, Wille F, Sidney M., Berthoin S, Lavoie JM. Swimming performance and stroking parameters in non skilled grammar school pupils: relation with age, gender and some anthropometric characteristics. **J Sports Med Phys Fitness**. 1997; Turin: v.3, p.187-91.
14. Perez AJ. Correlação de frequência e distância médias de braçadas com tempo atingido em provas competitivas por nadadores brasileiros. **Brazilian Journal of Biomechanics**. 2001; 3, 15-21.
15. Santos SS, Silva CR, Domiciano LP. A Relação entre o Comprimento e a Frequência de Braçadas na Estratégia de Provas Curtas de Natação. **Anais do X Congresso Brasileiro de Biomecânica**. 2003; Ouro Preto: V.1, 132-135.
16. Seifert L, Chollet D, Chatard JC. Kinematic changes during a 100 m front crawl : effects of performance level and gender. **Med Sci Sports Exerc**. 2007; 39(10): 1784-1793.

17. Silva AJ, Reis VM, Marinho D, Carneiro AL, Novaes G, Aïdar FJ. Economia de nado: factores determinantes e avaliação. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, 2006; 8(3): 93-99.
18. Stallman RK, Kjendlie P-L. The stroke length, frequency and velocity among university physical education students and its use as a pedagogical tool. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto** 6 (Supl.2). 2006; p.201-82.
19. Toussaint HM, Knops W, De Groot G, Hollander AP. The mechanical efficiency of front crawl swimming. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. 1990; v.22, n.3, p.402-408.
20. Toussaint HM, Beek PJ. Biomechanics of competitive front crawl swimming. **Sports Med**. 1992; Auckland: v.13, p.8-24.
21. Yanai T. Stroke frequency in front crawl: its mechanical link to the fluid forces required in non-propulsive directions. **J Biomech**. 2003; New York: v.36, p.53-62.
22. Zamparo P, Bonifazi M, Faina M, Milan A, Sardella F, Schena F, Capelli C. Energy cost of swimming of elite long-distance swimmers. **Eur J Appl Physiol**. 2005; 94, 697-704.