

# CINEMÁTICA DO NADO CRAWL, CARACTERÍSTICAS ANTROPOMÉTRICAS E FLEXIBILIDADE DE NADADORES UNIVERSITÁRIOS

**Marcos Franken**

Acad. Curso Educação Física CEFD/UFMS

**Felipe Pivetta Carpes**

Prof<sup>o</sup> Ms. ESEF/UFRGS

**Flávio Antônio de Souza Castro**

Prof<sup>o</sup> Ms. ESEF/UFRGS

## RESUMO

*Os objetivos deste estudo foram obter o comprimento, a frequência de braçadas e a velocidade média de nado (DC, FC e VN, respectivamente), medidas antropométricas e de flexibilidade e verificar as correlações entre essas variáveis. Dez nadadores universitários, de ambos os sexos, realizaram três repetições máximas de 25m nado crawl quando DC, FC e VN foram obtidos manualmente. Foram cronometrados os 15m finais de cada repetição. Foi encontrada correlação significativa positiva apenas entre as variáveis antropométricas (massa corporal, envergadura e estatura) e a variável cinemática DC. Variáveis cinemáticas do nado, especificamente DC, se mostram adequadas para a avaliação de nadadores.*

*Palavras-chave: natação, cinemática, antropometria, flexibilidade.*

## ABSTRACT

*The objectives of this study have been to obtain the stroke length (DC,) rate (FC) and swimming speed (VN), anthropometrical and flexibility data and to verify the correlation level among these data. Ten college swimmers, both sex, performed three maximal front crawl stroke 25 m trials, when DC, FC and VN were handly obtained. The last 15 m of each trial were timed. Positive and significant correlations were found just among body mass, height and upper arm span and DC. Swimming kinematics data are adequated to asses different levels swimmers.*

*Key-words: swimming, kinematics, anthropometry, flexibility.*

## EXTRACTO

*Los objetivos de este estudio fueron obtener la longitud, la frecuencia de brazada y la velocidad media de nado (DC, FC, VN, respectivamente), medidas antropométricas y flexibilidad y verificar las correlaciones entre las variables. Diez nadadores estudiantes de la universidad, ambo sexo, hicieron tres repeticiones máximas de 25m estilo crawl cuando se obtuvieron DC, FC, VN de forma manuale. Fueron cronometrados los 15m finales de cada repetición. Se encontró la correlación significativa positiva sólo entre lãs variables antropométricas (masa corpórea, envergadura y estatura) y la variable cinemática DC. Variables cinemáticas nado se muestran apropiados para la evaluación de los nadadores.*

*Palabras-claves: natación, cinemáticas, antropometría, flexibilidad.*

## INTRODUÇÃO

A evolução no esporte de alto rendimento tem feito com que o interesse de profissionais pelo aprimoramento das técnicas desportivas aumente a cada dia. Em diversas

modalidades, a técnica ocupa, cada vez mais, espaço durante as sessões de treinamento. Na natação, a técnica desempenha um papel muito importante dentre os fatores que determinam o desempenho (Araújo & Matsudo, 1979), devido, particularmente, à resistência (*drag*), que é dependente das características físicas do meio líquido (viscosidade e densidade), das características antropométricas (área de secção transversa, medidas lineares e coeficiente corporal de arrasto) e, principalmente, da própria velocidade de nado.

Treinadores e pesquisadores apresentam particular interesse no que se refere aos fatores determinantes do desempenho em natação. Esses fatores determinantes seriam aspectos biomecânicos (relacionados à manifestação da técnica de nado), antropométricos e fisiológicos (Ungerechts, 1979). Embora não se saiba ao certo o peso de cada um desses fatores, acredita-se que a avaliação, para o incremento dos mesmos, seja de grande importância para o acompanhamento do treino (Smith, 1995; Pollock et al., 1987). Dentre os aspectos biomecânicos, destacam-se aqueles relacionados à cinética (forças de resistência e de propulsão) e à cinemática do nado: frequência de ciclos (FC), definido como o número de ciclos de braçadas por unidade de tempo e a distância (em m) percorrida a cada ciclo (DC). FC e DC foram, e continuam sendo, amplamente discutidos por pesquisadores e treinadores de natação (Ungerechts, 1979; Kreighbaum & Bartels, 1985; Hay, 1988; Stallman & Kjendlie, 2006), já que são capazes de representar as adequações mecânicas às demandas energéticas de cada evento competitivo e treinamento. O produto entre FC e DC (que apresentam relação inversa entre si [Swaine & Reilly, 1983]) determina a velocidade média de nado (VN), desconsiderando as contribuições propulsivas de saída e/ou viradas. A técnica de nado, a força e as variáveis antropométricas podem influenciar a DC (Castro, 2002). À medida que um nadador é capaz de transformar sua força muscular em força propulsiva, maior deverá ser sua DC, resultado este relacionado tanto a sua capacidade de força, quanto a sua capacidade técnica.

A capacidade de atingir e manter FC adequada à VN desejada está intimamente relacionada às capacidades metabólicas (Chatard et al., 1990). Assim, nadadores que conseguem manter determinada frequência gestual ao longo de uma prova de natação, tendem a apresentar maior consumo máximo de oxigênio (Chatard et al., 1990). Por outro lado, independentemente das características do nadador, fundista ou velocista, as relações entre FC e DC são essenciais, não apenas para a determinação da velocidade média de nado, mas também para a manutenção da VN, do ponto de vista de eficiência propulsiva (Castro, 2002).

A flexibilidade é uma capacidade condicionante relevante para o desempenho esportivo (Platonov, 2005), à medida que mobilidade das articulações apresenta influência direta sobre a amplitude dos movimentos técnico-desportivos. Desse modo, considerando a DC o componente espacial da VN, pode-se esperar que nadadores mais flexíveis apresentem maiores valores de DC, pela maior amplitude atingida pelas articulações envolvidas (o complexo articular do ombro, especificamente) na produção de força propulsiva, e, conseqüentemente, maior VN.

As características antropométricas interferem, principalmente, no nível de resistência encontrado por um nadador (Toussaint & Beck, 1992). Considerando-se a resistência de pressão e a resistência de onda, espera-se que nadadores com maiores valores de dimensões corporais, principalmente aquelas relacionadas à área de superfície frontal, apresentem maiores valores de resistência. Por outro lado, nadadores com maior estatura, quando analisada a resistência de onda, devem apresentar menor valor de resistência (Toussaint & Beck, 1992). Por outro, medidas lineares, como envergadura e estatura podem ser fatores decisivos para maiores valores de DC,

Mesmo compreendendo o desempenho em natação como percorrer a distância prescrita no menor tempo possível, dentro das regras estabelecidas (Mujika et al., 2002), torna-se claro que a interação entre fatores biomecânicos, antropométricos e fisiológicos são determinantes deste desempenho. A literatura apresenta diversos estudos sobre o desempenho em natação realizados com nadadores de alto desempenho (Fernandes, 2006; Sidney et al., 1999).

Por outro lado não é uma modalidade praticada apenas por nadadores de altíssimo nível, normalmente com características homogêneas. Se, mesmo em nadadores de alto nível a complexa relação entre os fatores determinantes do desempenho não está completamente determinada, em nadadores que não são de alto nível, a maioria dos praticantes da modalidade, as possíveis relações entre as variáveis determinantes de seu desempenho ainda são uma grande incógnita. Sendo assim, este estudo apresenta como objetivos, obter de um grupo de nadadores universitários a FC, a DC, a VN, a envergadura, a massa e a estatura e os níveis de flexibilidade e verificar as relações entre essas variáveis.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Participaram deste estudo 10 nadadores universitários, de ambos os sexos, com idades entre 20 e 26 anos, do projeto de extensão “Natação competitiva: proposta de formação de equipes permanentes de treinamento na UFSM”. Todos apresentavam pelo menos dois anos de experiência competitiva na modalidade e treinavam, em média, seis vezes por semana, com distância semanal entre 15000 e 20000 m.

Para a medida do desempenho e das variáveis cinemáticas foi utilizado o *Speed Test* (Araújo & Matsudo, 1979) modificado, no qual, cada atleta, após aquecimento realizado entre 600 e 800 m, em baixa intensidade, auto-percebida, percorreu a distância de 25 m estilo *crawl* em piscina semi-olímpica em máxima velocidade e sem a rotação da cervical para a execução da inspiração, de modo que evitasse um aumento da resistência ao avanço do corpo. Dos 25 m foram desprezados, para efeito de obtenção do tempo, os primeiros 10 m, a fim de se evitar efeitos da impulsão da borda e a da aceleração sobre as variáveis cinemáticas.

Foram realizadas três tentativas, sendo registrado o melhor tempo obtido pelo nadador. Entre as tentativas foi observado um período de 3 min de repouso, a fim de evitar possíveis efeitos da fadiga sobre o desempenho, quando os nadadores permaneceram dentro da piscina.

Durante a realização do teste, um avaliador registrou o tempo para a realização dos últimos 15 m e um segundo avaliador contou o número de ciclos de braçadas a partir da entrada, com a cabeça como referência, no espaço avaliado. Dessa forma, quando o nadador passasse com a cabeça por uma linha imaginária projetada por meio de uma haste colocada na lateral da piscina, aos 10 m, foi iniciada a contagem do número de ciclos de braçadas. O tempo foi registrado entre a passagem da cabeça e o toque na borda. Uma fita métrica com resolução de 0,1 cm foi utilizada para as demarcações da piscina e um cronômetro digital da marca *Technos*, de precisão de um centésimo de segundo, para a marcação do tempo.

O DC foi definido pelo quociente entre a distância (15 m) e o número de ciclos de braçadas executados na distância. A FC foi determinada pelo quociente entre o número de ciclos executados na distância e o tempo. VN foi obtida pelo quociente entre a distância (15 m) e o tempo para percorrê-la.

A flexibilidade foi determinada pela aplicação do flexiteste, com avaliação da amplitude articular de 20 articulações de membros inferiores e superiores e tronco (Araújo, 2001). As variáveis antropométricas foram obtidas por meio de uma balança da marca *Filizola* e uma fita métrica com resolução de 0,1 cm, fixada à parede.

Foram calculadas médias, desvios e erros-padrão das variáveis antropométricas e cinemáticas (DC, FC e VN). A normalidade dos dados foi verificada com o teste de Shapiro–Wilk. Correlações entre as variáveis foram testadas com a aplicação do Teste de Correlação Linear Produto–Momento de Pearson. Os cálculos foram realizados no programa SPSS v 12.0, para  $\alpha < 0,05$ .

## RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta, em média  $\pm$  desvio-padrão, os resultados das variáveis antropométricas, cinemáticas e flexibilidade.

Tabela 1 – Massa (Mas), estatura (Est) envergadura (Env), DC, FC, VN e flexibilidade (Flex) média  $\pm$  desvio-padrão (dp); n = 10.

	Média	dp
Mas (kg)	65,0	11,9
Estat (cm)	172,0	14,3
Env (cm)	172,6	15,8
DC (m)	1,55	0,19
FC (Hz)	1,01	0,11
VN (m.s <sup>-1</sup> )	1,57	0,21
Flex.	55,6	8,61

A Tabela 2 apresenta os resultados dos testes de correlação entre as variáveis de flexibilidade, antropométricas e cinemáticas (DC, FC e a VN).

Tabela 2 – Valores de correlação e nível de significância entre as variáveis deste estudo; asterisco (\*) indica correlações significativas; n = 10.

	<i>r</i>	<i>P</i>
Flex X DC	-0,229	0,525
Flex X FC	0,049	0,894
Flex X VN	-0,136	0,708
Env X DC	0,762	0,010*
Env X FC	-0,019	0,958
Env X VN	0,622	0,055
Est X DC	0,764	0,010*
Est X FC	0,075	0,837
Est X VN	0,571	0,085

Mas X DC	0,716	0,020*
Mas X FC	-0,058	0,874
Mas X VN	0,530	0,115

De acordo com os resultados da Tabela 2, pode-se verificar que foi encontrada correlação significativa ( $p < 0,05$ ) entre as variáveis antropométricas e o DC. Nenhuma variável apresentou correlação significativa com a flexibilidade.

## DISCUSSÃO

Considerando as possíveis relações entre desempenho em natação, variáveis cinemáticas, antropométricas e flexibilidade, este artigo apresentou como objetivos, obter de um grupo de nadadores universitários a FC, o DC, a VN, a envergadura, a massa a estatura e os níveis de flexibilidade e verificar as correlações entre essas variáveis.

Todas as correlações significativas encontradas neste estudo foram com DC (envergadura, estatura e massa), componente espacial da velocidade média de nado e um dos indicadores da eficiência propulsiva.

Em relação à hipótese de se encontrar correlação significativa entre as variáveis cinemáticas, nomeadamente o DC e a flexibilidade, os resultados deste estudo colocam em questão a necessidade de um maior nível de flexibilidade geral para um nadador adquirir um aumento da amplitude de braçada, indicador de técnica e eficiência de nado. É reconhecido que a estrutura biomecânica dos movimentos em natação apresenta grandes exigências em relação aos níveis de flexibilidade das articulações do ombro e do tornozelo (Platonov, 2005). Assim, um teste que avalia a flexibilidade geral pode não conseguir expressar as relações das articulações específicas entre flexibilidade e DC.

Por outro lado, não está claro, ainda, se um treinamento para incremento da flexibilidade auxilia apenas na melhoria do gesto técnico pelo aumento da amplitude articular ou pode apresentar efeitos deletérios sobre a capacidade de transmissão de força pelo tendão dos músculos envolvidos no gesto e nos treinamentos (Magnusson et al., 2000). Neste caso, treinamento de flexibilidade para nadadores, deveria estar relacionado, apenas, à manutenção de níveis normais de flexibilidade, não o incremento desses níveis.

Em relação aos resultados das correlações entre as variáveis antropométricas e o DC, é reconhecido que fatores antropométricos, como a estatura e a envergadura, podem interferir nas variáveis cinemáticas de nado, como a FC, o DC e a VN. Os achados deste estudo corroboram resultados anteriores (Pelayo et al., 1996) que demonstraram que estatura e envergadura apresentam correlação significativa positiva com o DC de nadadores durante a execução de teste em máxima velocidade. Embora pareçam lógicas as correlações entre estatura e envergadura com DC, poucos estudos apresentam, de modo sistemático, essas correlações (Grimston & Hay, 1986).

Em um estudo com 159 nadadores e 169 nadadoras, foram encontradas correlação entre comprimento de braçada e envergadura entre as do sexo feminino, mas não entre os do sexo masculino (Kherif et al., 1994). A explicação desse resultado poderia ser pelas melhores condições de flutuação que as nadadoras normalmente apresentam quando comparadas a nadadores, devido aos componentes de gordura corporal. Assim, nadadora focariam mais sua atenção à geração de força propulsiva, enquanto nadadores dispersariam energia, ainda, em produção de força para a flutuação, reduzindo seu DC em relação à sua envergadura.

Há, ainda, contradição entre diferentes estudos acerca da influência de medidas lineares como estatura e envergadura sobre o DC. Quando analisando nadadores de ambos os

sexos, foi encontrada correlação entre DC e envergadura apenas entre as nadadoras, mas não entre os nadadores (Kherif et al., 1994). Por outro lado, análise em nadadores de diferentes idades e sexos, encontrou no comportamento de DC, influência positiva da envergadura, sem diferenças significativas entre os sexos (Pelayo et al., 1997).

A relação entre envergadura e comprimento de braçada foi estudada, juntamente com velocidade de nado e frequência de braçada, por (Pelayo et al., 1997) em um grupo de 2058 nadadores de ambos os sexos (1097 nadadores e 961 nadadoras), não competitivos, de 11 a 17 anos, com objetivo de verificar a influência do sexo e do crescimento nas variáveis biomecânicas de nado. Foram mensuradas as variáveis antropométricas estatura, massa e envergadura e as variáveis biomecânicas do nado *crawl* velocidade de nado, comprimento e frequência de braçadas. As variáveis biomecânicas foram obtidas de modo manual, sem a utilização de videogrametria, a partir do registro, em um cronômetro, do tempo gasto para nadar 50 m e do número de braçadas efetuado nos 50 m. Os resultados indicaram que a frequência de braçadas permanecia constante nas diferentes idades e o comprimento de braçadas aumentava, possibilitando as maiores velocidades apresentados, no estudo, pelos indivíduos mais velhos. O parâmetro biomecânico comprimento de braçada foi influenciado, positivamente, pela envergadura do sujeito, sem diferenças significativas entre nadadores e nadadoras.

Essas diferenças entre os estudos poderiam ser explicadas por diferentes níveis técnicos e competitivos, ao passo que, na natação de alto nível competitivo, a maior parte dos atletas apresenta semelhantes características corporais. Assim, as diferenças de DC inter-sujeitos seriam devido ao nível técnico individual.

Quando analisada a correlação obtida entre massa e DC, neste grupo de nadadores, uma maior massa corporal possivelmente está relacionada à maior massa muscular, não aumentando de uma maneira importante a resistência frontal durante o nado em alta velocidade. Maiores valores de massa destes indivíduos podem apresentar uma maior relação com aplicação das forças nos gestos técnicos do estilo, indicando uma maior eficiência de nado e uma maior capacidade de aplicação de força propulsiva pelo nadador.

Parâmetros cinemáticos de nado são variáveis de grande importância para a determinação do nível técnico de um nadador. Considerando que podem ser obtidos de modo indireto, sem a utilização de equipamentos sofisticados e são (1) capazes de predizer o desempenho, (2) avaliar possíveis efeitos do treinamento e (3) avaliar adequação da técnica, sua aplicação deveria ser popularizada entre técnicos e nadadores (Caputo et al., 2000).

O incentivo à utilização da avaliação da cinemática de nado deve ser constante, não apenas entre nadadores de alto nível, mas, por possibilitar avaliação do quadro e da evolução da técnica, entre nadadores de diferentes níveis, desde o aprendizado, até o nível competitivo.

## CONCLUSÃO

Os nadadores que participaram deste estudo apresentaram correlação significativa apenas entre as variáveis antropométricas massa, estatura e envergadura com a variável cinemática DC. Flexibilidade geral não apresentou nenhuma correlação com variáveis cinemáticas. Percebe-se a necessidade de uma análise da flexibilidade mais funcional em relação às principais articulações envolvidas na natação.

Os resultados indicam que o DC parece ser um componente extremamente importante em relação à avaliação do desempenho em natação, mesmo em natação que não seja de alto nível competitivo. Recomenda-se a utilização de parâmetros cinemáticos como instrumentos de trabalho para os profissionais envolvidos com esta modalidade esportiva.

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO C, MATSUDO V **Swimming performance predictors: comparisons of two tests.** Congresso Panamericano de Medicina Desportiva.1979, San Juan.
- UNGERECHTS B Über den Wert der Zugzahl – Ermittlung im Schwimmsport. **Leistungssport.** Berlin, 5, 1979, 353-356.
- SMITH, J A Exercise, training and red blood cell turnover. **Sports Medicine.** (19), 9-31, 1995.
- POLLOCK M L, FOSTER C, KNAPP D, ROD J L, SCHMIDT D H. Effect of age and training on aerobic capacity and body composition of master athletes. **Journal of Applied Physiology.** (62), 725-731, 1987.
- KREIGHBAUM E, BARTELS K. Biomechanics: a qualitative approach for studying human movement. **Macmillan Publishing Company**, 1985.
- HAY J. The status of research on the Biomechanics of swimming. In: Ungerechts, B, Wilke K, Reischle K, (eds). **Swimming Science V. Human Kinetics**, Champaign, Ill. 1988; p.3-14.
- STALLMAN R, KJENDLIE P. The stroke length, frequency and velocity among university physical education students and its use as a pedagogical tool. **Portugal Journal Sport Science.** 2006; 6(2): 268-270.
- SWAINE I, REILLY T. The freely-chosen swimming stroke rate in a maximal swim and on a biokinetic swim bench. **Medicine Science Sports Exercise.** 1983; 5:370-375.
- CASTRO F **Parâmetros biomecânicos do nado crawl apresentados por nadadores e triatletas.** Dissertação de Mestrado. Escola de Educação Física. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002.
- PLATONOV V. **Treinamento Desportivo para Nadadores de Alto Nível.** São Paulo: Phorte, 2005.
- TOUSSAINT H, BEEK J. Biomechanics of Competitive front crawl swimming. **Sports Medicine.** 1992; 13(1): 8-24.
- ARAÚJO C. Flexitest – as office method for evaluation of flexibility. **Sport Medicine Today.** 2001; 1 (2): 34-37.
- PELAYO P, SIDNEY M, KHERIF T, CHOLLET D, TOURNY C. Stroking Characteristics in Freestyle Swimming and Relationships with Anthropometric Characteristics. **Journal Applied Biomechanic.** 1996; 12:197-206.
- GRIMSTON S, HAY J. Relationships among anthropometric and stroking characteristics of college swimmers. **Medicine Science Sports Exercise.** 1986; 18(1):60-68.
- KHERIF T, PELAYO P, SIDNEY M, CHOLLET D, TORNY C. Relationships between anthropomorphic and time and space parameters of elite swimmers in four styles during competition. **VII International Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming, program and abstract book.** Atlanta, Georgia, U. S. A.1994; p.44.
- PELAYO P, WILLE F, SIDNEY M, BERTHOIN S, LAVOIE J. Swimming performances and stroking parameters in non skilled grammar scholl pupils: relation with age, gender and some anthropometric characteristics. **Journal Sports, Medicine Physical Fitness.** 1997;37 (3):187-193.
- CAPUTO F, LUCAS R, GRECO C, DENADAI B. Características da braçada em diferentes distâncias no estilo crawl e correlações com a performance. **Revista Brasileira Ciencia e Movimento.** 2000;8(3): 7-13.
- CHATARD J C, COLLOMP C, MAGLISCHO C. Swimming skill and stroking characteristics of front crawl swimmers. **International Journal of Sports Medicine.** 1990;11(2): 156-161.
- MUJIKA I, PADILLA S, PYNE D. Swimming Performance Changes During the Final 3

Weeks of Training Leading to the Sydney 2000 Olympic Games. **International Journal of Sports Medicine**. 2002; 23, 582-587.

FERNANDES, R J. The behaviour of kinematic parameters during a time to exhaustion test at VO<sub>2</sub>MAX in elite swimmers. **Journal of Movements Studies**. 2006 ; 51, 001-010.

SIDNEY M, DELHAYE B, BAILLOM M, e PELAYO P. Stroke Frequency Evolution during 100 m and 200 m Events Front Crawl Swimming. In Keskinen, K., Komi, P. e Hollander, A. (eds.) **Biomechanics and Medicine in Swimming VIII**. Jyväskylä, **Department of Biology of Physical Activity**, University of Jyväskylä, Finland. 71-75, 1999.

MAGNUSSON S P, AAGAARD P, SIMONSEN E B, BOJSEN-MOLLER F. Passive tensile stress and energy of the human hamstring muscles in vivo. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**. 2000; 10, 351-359.

#### **Endereço para correspondência**

Marcos Franken

Universidade Federal de Santa Maria

Rua Dr. Affonso San Martin, 211, Bairro Jardim do Salso

Porto Alegre-RS

Email: marcos\_franken@yahoo.com.br