

## Aportaciones desde la Biomecánica a la natación de competición

### Contributos da Biomecânica para a natação de competição

J. Paulo Vilas-Boas, Ph.D.

Professor Associado com Agregação da Universidade do Porto, Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física, Porto, Portugal

Tiago Barbosa<sup>1</sup>, António Barroso Lima<sup>2</sup>, Susana Soares<sup>2</sup>, Ricardo Fernandes<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Politécnico de Bragança, Portugal

<sup>2</sup> Universidade do Porto, Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física, Portugal

#### 1. Introdução: a técnica é importante para o nadador de elite?

A natação é uma modalidade individual, cíclica e fechada, pelo que, no respectivo quadro de factores determinantes do sucesso competitivo, a optimização do gesto técnico desempenha um papel determinante. Naturalmente que o mesmo resultado pode ser conseguido à custa de um envolvimento aumentado de recursos bioenergéticos (aumento do custo energético total da tarefa) e, neste contexto, aceita-se até que, pelo menos teoricamente, o "campeão" possa nem ser o melhor executante do conjunto de gestos específicos (técnicas) da modalidade. Todavia, percebe-se facilmente que, melhorando a capacidade de aproveitamento desses recursos através da optimização da técnica desportiva (senso lato), o campeão seria "ainda mais campeão" e o resultado desportivo final seria de melhor nível.

Não nos parece, portanto, carecer ainda de justificação a importância determinante de que se revestem os pressupostos biomecânicos do rendimento desportivo do nadador. Muito menos nos parece recomendável essa justificação aprofundada num evento desta natureza: para técnicos de natação e centrado exactamente nas técnicas de natação. Apesar disso, porém, uma vez que o objectivo deste trabalho consiste em sistematizar um conjunto de contributos recentes do nosso grupo de investigação no domínio da biomecânica para a

natação de alto rendimento, começaremos exactamente por aí: por uma breve fundamentação da importância da técnica em natação pura desportiva.

## 2. A "teoria" da técnica: as razões do gesto

A técnica desportiva, porém, não consiste numa realidade abstracta ou subjectiva. Pelo contrário! Trata-se de uma entidade eminentemente parametrizável e, portanto, susceptível de avaliação e de verificação dos seus processos evolutivos e involutivos. Por detrás desta natureza inequivocamente objectiva "sobrevive", entretanto, um outro nível de problematização das questões técnicas. Referimo-nos à respectiva conceptualização e teorização; isto é, ao exercício reflexológico subjacente à justificação dos modelos e dos resultados, ao enunciado do porquê das coisas. De facto, as mentes inquietas que se preocupam com o desenvolvimento da técnica dos nadadores preocupam-se também, e talvez antes do mais, com as razões justificativas de cada opção, com a fundamentação de cada prescrição. Dito de outra forma, para além de ser importante sabermos COMO SE NADA (ou deve nadar) e COMO SE DEVE PROCEDER para conseguir esse efeito, é também fundamental sabermos PORQUÊ. O técnico que verdadeiramente quer desenvolver o seu potencial de intervenção junto do nadador, na construção de uma técnica melhor, deve não apenas perguntar-se COMO É QUE O MOVIMENTO DEVE SER? e COMO POSSO CONSEGUIR QUE O MEU NADADOR O FAÇA?, mas também PORQUE É QUE O MOVIMENTO DEVE SER DESTA FORMA? e PORQUE É QUE, POR ESTE CAMINHO, CONSIGO MELHORAR A TÉCNICA DO MEU NADADOR?

Queremos dizer que é tão importante conhecermos o objectivo comportamental e as estratégias pedagógicas para o conseguir atingir, como também a TEORIA, ou as teorias, que subjazem a cada uma destas questões. Se nos ficarmos pelo primeiro nível de análise dificilmente conseguiremos atingir a verdadeira capacidade de inovação nestes domínios, limitando-nos a "seguir o líder", enquanto que um investimento sério e aumentado na fundamentação teórica apenas poderá alargar os nossos horizontes e melhorar a nossa capacidade de intervenção e, sobretudo, o nosso potencial de liderança (e de que se trata o desporto de alto rendimento?). Não existe, portanto, definitivamente, qualquer antinomia TEORIA / PRÁTICA, nem é intelectualmente honesto criticar a teorização, por muito que pareça romper com o estabelecido. Sem teorização a prática não evolui, não se fertiliza!

O nosso segundo contributo será, portanto, no domínio da teorização técnica, muito particularmente no que respeita às mais recentes controvérsias acerca da mecânica propulsiva do nadador.

### **3. Avaliar a técnica em natação: da busca do conhecimento ao diagnóstico**

Os últimos contributos que apresentaremos centrar-se-ão nas questões relativas à avaliação biomecânica do desempenho desportivo, às metodologias disponíveis e a algumas das conclusões mais relevantes e pragmáticas que nos têm proporcionado. Naturalmente que abordaremos estas questões sempre em referência às duas vertentes fundamentais que estas questões comportam: por um lado na perspectiva da implementação - e dos resultados - de projectos de investigação que aumentem o nosso conhecimento acerca da técnica do(s) nadador(es) e, por outro, no da disponibilização de ferramentas para utilização corrente, ou periódica, para conhecer as características do nosso nadador e os principais vectores de intervenção futura para potenciar o seu desempenho.

Qualquer que seja o domínio de intervenção no espaço do controlo e avaliação do treino e da capacidade de rendimento do nadador (biomecânico, por exemplo), a primeira questão que se coloca ao "investigador" (avaliador, treinador,...) será: QUAL A MELHOR E MAIS SIMPLES SOLUÇÃO PARA A TAREFA DE "AVALIAR" O NADADOR? Naturalmente que, depois, vão surgindo outras questões e outras respostas também, nomeadamente, COMO PODEREI SER MAIS DISCRIMINATIVO E RIGOROSO? E RECOLHER MAIS INFORMAÇÃO RELEVANTE? E COMO PODEREI SER MAIS INTERACTIVO COM O PROCESSO DE PREPARAÇÃO DESPORTIVA, COM O TREINADOR E COM O NADADOR?

A avaliação biomecânica de nadadores pode, resumidamente, desenvolver-se em quatro domínios fundamentais: (i) cinemetria; (ii) dinamometria; (iii) antropometria biomecânica e (iv) electromiografia (EMG). Os contributos destes domínios podem acontecer de forma isolada, ou integrada, sendo que, nesta última situação, o potencial informativo será superior, bem como a respectiva validade.

Complementar à avaliação biomecânica, a extensão biofísica dos protocolos de avaliação de nadadores a, por exemplo, questões como a relativa ao custo energético, permite possibilidades acrescidas de "verificação" da legitimidade das conclusões biomecânicas

parcelares, bem como um inequívoco progresso no sentido do verdadeiro entendimento dos factores limitadores do desempenho desportivo em natação.

Estes serão, portanto, os temas que desenvolveremos depois: QUE CONTRIBUTOS PARA A PRÁTICA DE ALTO RENDIMENTO TEMOS REUNIDO A PARTIR DE INICIATIVAS NESTE DOMÍNIO? E QUE MEIOS TEMOS DESENVOLVIDO PARA DEMOCRATIZAR A SUA UTILIZAÇÃO?

### **3.1. Avaliação cinemétrica**

Começaremos por discutir os diferentes níveis hierárquicos de avaliação cinemétrica, desde a (i) cinemética qualitativa, passando pela (ii) cinemética semi-quantitativa, até chegarmos à (iii) avaliação quantitativa. Procuraremos evidenciar que, apesar de útil e legítima, a avaliação qualitativa não é absolutamente satisfatória, inclusivamente ponderando questões como a experiência e a formação dos avaliadores. A subjectividade que lhe está inerente, as condições particulares de observação em natação e a minúcia do gesto poderão constituir os principais factores determinantes. Por seu lado, a avaliação semi-quantitativa (por exemplo relativa a velocidade, amplitude e frequência), apesar de extraordinariamente útil para o treinador, fica longe de evidenciar o poder discriminativo necessário para verdadeiramente fazer progredir a capacidade de execução técnica do praticante. Em contrapartida, a cinemética quantitativa apresenta como inconveniente tradicional a sofisticação de recursos e a morosidade dos procedimentos, limitando grandemente a capacidade interactiva dos resultados. Alguns ensaios, porém, vêm sendo feitos no sentido de disponibilizar meios simples, fiáveis e úteis. Neste ponto analisaremos os nossos resultados relativos à fiabilidade da avaliação qualitativa de nadadores e algumas das conclusões “tipo” que fomos obtendo com os ensaios que realizámos de “análise cronométrica”. Terminaremos destacando algumas das conclusões e utilidades reais que emergiram da abordagem cineméticas mais “ortodoxas”, quantitativas, bem como os resultados intercalares dos esforços que vimos desenvolvendo para operacionalizar soluções mais interactivas, nomeadamente no quadro da avaliação das flutuações intracíclicas da velocidade de nado.

### **3.2. Avaliação dinamométrica: impulso, propulsão e arrasto**

No quadro da avaliação dinamométrica centrar-nos-emos principalmente no que fomos conseguindo saber a partir de ensaios com plataformas de forças e *strain gauges* em nadadores. As primeiras fundamentalmente utilizadas no estudo de partidas e viragens e os segundos na avaliação da força propulsiva em *tethered swimming*.

No domínio do estudo das técnicas de partida, deter-nos-emos fundamentalmente acerca do estudo comparativo de diferentes técnicas de partida para provas de nado ventral, especialmente a engrupada e as duas versões mais comuns da *track Start*. Sublinharemos, a propósito, a utilidade do *set up* experimental para o treino técnico com *feed-back* objectivo, imediatamente após a execução, através de curvas força / tempo.

Analisaremos ainda alguns dos resultados conseguidos na avaliação do arrasto hidrodinâmico, sobretudo com recurso ao método das potências máximas constantes. Analisaremos não apenas os resultados e as conclusões que foram proporcionando, mas também o interesse do método em questão e as suas limitações.

### **3.3. Antropometria biomecânica e EMG: os espaços nebulosos; os investimentos futuros**

Infelizmente não poderemos disponibilizar, de momento, qualquer apreciação de contributos antropométricos biomecânicos que tenhamos proporcionado em natação. Será, portanto, uma temática apenas aflorada nesta apresentação: a “parente pobre” do nosso “sobrevoo” biomecânico. Quase o mesmo, de resto, se poderá dizer relativamente à avaliação electromiográfica de nadadores, domínio que começámos a explorar apenas recentemente e acerca do qual poderemos partilhar sobretudo angústias, incertezas e muito poucos resultados.

### **4. Conclusão: as consequências e as interacções**

Terminaremos através da análise dos mais recentes resultados bioenergéticos e das respectivas implicações, quer para o melhor entendimento da técnica de nado, das técnicas de nado e dos nadadores nadando, quer para a afirmação da importância de outros instrumentos e métodos.

Procuraremos assim proporcionar um fecho lógico a uma intervenção plural nos conteúdos, mas esperadamente unívoca na vocação; intencionalmente partida, mas fractal

de concepção. Assim, sem que seja fragmentada, é possível estabelecer uma continuidade perceptiva do ato, de modo a estabelecer de preferência, por uma característica, a percepção de que é o nadador o que assume a perspectiva de nadador que constitui o ser físico desta perspectiva de nadador.

## 5. Bibliografia complementar da equipa de investigação de autores

Batista, C. e Vilas-Boas, J.P. (2002) Kinematical analysis of freestyle hand-pull with and without hand-puller. In: R. Battson, G. Ferrigno e G. Santambrogio (eds.), *IBS'02 Proceedings, Proceedings of the 22<sup>nd</sup> International Symposium on Biomechanics in Sports*, pp. 74-77. Ed. Ergo, Itália.

Batista, T., Ardines, R., Fernandes, R., Gallego, P., Linares, A., Vilas-Boas, J.P. (2004) Speed fluctuation as a determinant factor of energy cost in butterfly stroke (resumo). *Abstracts book of the 7<sup>th</sup> Annual Congress of the European College of Sport Science, Valencia-Ferraz*.

Batista, T., Sousa Silva, J.F., Sousa, F., Vilas-Boas, J.P. (2002) Measurement of butterfly average resultant impulse per phase. In: Gualdirola, K. E. (ed.), *Proceedings of the 22<sup>nd</sup> International Symposium on Biomechanics in Sports*, pp. 35-38. Faculty of Sport Sciences, Universidad de Extremadura, Cáceres.

Batista, T., Sousa Silva, J.P., Sousa, F., Vilas-Boas, J.P. (2003) Comparative study of the response of kinematical variables from the hip and the center of mass in butterfly. In: Linares, J.C. (ed.), *Biomechanics and Medicine in Swimming IX*, pp. 93-98. Publicacions de l'Universitat de Saint-Etienne, Saint-Etienne.

Batista, T., Sousa, F., Vilas-Boas, J.P. (1999) Kinematical modifications induced by the introduction of the lateral impulsion in butterfly stroke. In: Keskinen K.L., Komi P.V., Bellizzi, A.P. (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming VIII*, pp. 15-20. Dep. of Biology of Physical Activity, University of Jyväskylä, Jyväskylä.

Fernandes, R., Batista, T., Vilas-Boas, J.P. (2002) Factores cinemáticos determinantes no nadado puro desportivo. *Revista Brasileira Cineantropometria & Desempenho Humano*, 4(1): 67-79.

Figueroa, T., Ferreres, M., Sousa, F., Duarte, J. e Vilas-Boas, J.P. (1996) Biomechanical changes during the 200m butterfly event: a comparison between adult and infant swimmers. In: *IBS'96 Abstracts* (ed.), *Proceedings of the 20<sup>th</sup> International Symposium on Biomechanics in Sports*, 1996, pp. 385-388. Edições F.M.H., Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.

Frazer, M.A. e Vilas-Boas, J.P. (1993) Perfilagem do nadado de braçada e incidência técnica do nadado no grupo sedentário. *Rev. P.P. Fisiologia*, 5(18): 4-9.

Gallego, P., Lopez, G., Ramirez, G., Vilas-Boas, J.P. (2004) Technology for decreasing water drag at the maximal swimming velocity. In: R. Saunders e Y. Hong (eds.), *Application of biomechanical study in swimming, Proceedings of the XVIII*

*International Symposium on Biomechanics in Sports*, pp. 39-47. The Chinese University Press, Hong Kong.

Lima, A.B.; Fernandes, R.; Tani, G.; Vilas-Boas, J.P. (2003). Registo, em tempo real, das variações intracíclicas da velocidade horizontal do nadador de braços. *Revista APTN*, 3: 12-15.

Santos Silva, J.V. e Vilas-Boas, J.P. (1996). Profile of stroke rate variations during 100m swimming events. In: J.M.C.S. Abrahães (ed.), *Proceedings of the XIV International Symposium on Biomechanics in Sports, ISBS'96*, pp. 475-477. Edições F.M.H., Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.

Soares, P.M.; Sousa, F.; Vilas-Boas, J.P. (1999). Differences in breaststroke synchronization induced by different race velocities. In: Keskinen K.L., Komi P.V., Hollander, A.P. (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming VIII*, pp. 53-58. Dep. of Biology of Physical Activity, University of Jyväskylä, Jyväskylä.

Soares, S.; Fernandes, R.J.; Carmo, C.M.; Santos Silva, J.V.; Vilas-Boas, J.P. (2001). Avaliação qualitativa da técnica em natação: apreciação da consistência de resultados produzidos por avaliadores com experiência e formação similares. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, 1 (3): 22-32.

Souto, E.; Vilas-Boas, J. P.; Costa, M. C.; Melo, W. V. C. (2002). Avaliação da força propulsiva em nadadores com deficiência física (resumo). In: *Livro de resumos do III Simpósio Internacional em Treinamento Desportivo: Aplicações e Implicações*. João Pessoa.

Vilas Boas, J.P. (1999). Nouveaux concepts théoriques de la propulsion en natation. In: P. Pelayo e M. Sydney (eds.), *Actes des 2èmes Journées Spécialisées de Natation*, pp. 49-57, LEMH - LRN - F.S.S.E.P. Lille 2 - U.F.R.S.T.P.S d'Artois, Lievin.

Vilas-Boas, J. P. (2002). Transferência e transformação de energia: "pedra de toque" da biomecânica do desporto no novo milénio. In: V. Barbanti, A.C. Amadio, J. Bento, A. Marques (eds), *Esporte e saúde: interação entre rendimento e qualidade de vida*, pp. 165-181. Manole, Tamboré.

Vilas-Boas, J.P. (1988). Estudo comparativo da flexão máxima da articulação da anca nas variantes formal e natural da técnica de braços. *Kinesis*, 4 (2): 251-266.

Vilas-Boas, J.P. (1992). A photo-optical method for acquisition of biomechanical data in swimmers. In: R. Rodano, G. Ferrigno e G. Santanbrogio (eds.), *ISBS'92 Proceedings, Proceedings of the Xth International Symposium on Biomechanics in Sports*, pp. 142-146, Edi-Ermes, Milão.

Vilas-Boas, J.P. (1992). O índice de braçada como critério para a avaliação da técnica de braços. *Not. F. P. Natação*, 5(17): 4-9.

Vilas-Boas, J.P. (1994). Análise cronométrica e biomecânica do XI Meeting Internacional do Porto (Junho de 1993). *Rev. Ass. Nat. Porto*, 12:18-19.

Vilas-Boas, J.P. (1995) Maximum propulsive force and maximum propulsive resultant impulse per phase relationships in breaststroke swimming technique. In: A. Barabás e Gy Fábán (eds.), *Biomechanics in Sports XII*, pp. 307-310. ISBS e Hungarian University of Physical Education, Budapest.

Vilas-Boas, J.P. (1995). A modelling method for discrete low sampling frequency temporal series on the evaluation of intracyclic swimming speed fluctuations. In: A.

Barabás e Gy Fabián (eds.), *Biomechanics in Sports XII*, pp. 47-59. IBSIS e Hungarian University of Physical Education, Budapest.

Vilas-Boas, J.P. (1996). Speed fluctuations and energy cost with different breaststroke techniques. In: J. Troup, A.P. Hollander e D. Strass (eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming VII*, pp. 167-171. E&FN SPON, Chapman & Hall, London.

Vilas-Boas, J.P. (1997). Sexual differences in breaststroke swimming economy with special reference to swimming style. In: B.O. Eriksson e L. Gullstrand (eds.), *Proceedings of the XII th FINA World Congress on Sports Medicine*, pp. 447-452. FINA e Svenska Simförbundet, Gotemburgo.

Vilas-Boas, J.P. (1997). Sexual differences in breaststroke swimming economy with special reference to swimming style. In: B.O. Eriksson e L. Gullstrand (eds.), *Proceedings of the XII th FINA World Congress on Sports Medicine*, pp. 447-452. FINA e Svenska Simförbundet, Gotemburgo.

Vilas-Boas, J.P. (1999). Bioenergética do rendimento desportivo em natação: chave para o entendimento das relações operativas entre Biomecânica e Fisiologia do treino. In: *Actas do XIX Congresso Internacional AETN*, Disquete 3, Área de Rendimento, pp. 1-15. AAETN, INEF-Galicia, Corunha.

Vilas-Boas, J.P. (2000). Aproximação biofísica ao desempenho e ao treino de nadadores. In: *Revista Paulista de Educação Física*, 2 (14): 107-117.

Vilas-Boas, J.P. (2000). Integrated kinematic and dynamic analysis of two track-start techniques. In: R. Saunders e Y. Hong (eds.), *Application of biomechanical study in swimming. Proceedings of the XVIII International Symposium on Biomechanics in Sports*, pp. 113-117. The Chinese University Press, Hong Kong.

Vilas-Boas, J.P. (2003). Biomecânica da Natação: investigação e prática - da ciência à excelência. In: A. Prista, A. Marques, A. Madeira e S. Saranga (eds), *Actividade física e desporto. Fundamentos e contextos*, pp. 223-249. Faculdade de Ciências de Educação Física e Desporto Universidade Pedagógica de Moçambique, Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física da Universidade do Porto e Faculdade de Medicina da Universidade Eduardo Mondlane. Maputo.

Vilas-Boas, J.P. e Ferreira da Silva, J. (1993). Análise cinemática da técnica de braços ondulatorio com recuperação aérea dos membros superiores. In: J. Bento e A. Marques (eds.), *A Ciência do Desporto a Cultura e o Homem*, pp. 395-407. Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física da Universidade do Porto e Câmara Municipal do Porto, Porto.

Vilas-Boas, J.P. e Santos, P. (1994). Comparison of swimming economy in three breaststroke techniques. In: M. Miyashita, T. Møhø, A.B. Richardson (eds.), *Medicine and Science in Aquatic Sports*. Med. Sport Sci. Basel, Karger, 39: 48-54.

Vilas-Boas, J.P.; Cabral, A.; Carmo, C.; Brandão, C.; Soares, C.; Paraçinha, J.; Soares, M.F.; Almeida, C.; Esteves, M.; Nascimento, P.; Martins, R.; Bettencourt, R.; Pereira, T.; Lamas, J.P.; Fernandes, R.; Santos Silva, J.V. (1997). *Análise cronométrica e biomecânica do XV Meeting Internacional do Porto*. Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física da Universidade do Porto e Associação de Natação do Norte de Portugal, Porto.

Vilas-Boas, J.P.; Cruz, M.J.; Sousa, F.; Conceição, F.; Fernandes, R.; Carvalho, J.M. (2003) Biomechanical analysis of ventral swimming starts: comparison of the grab start



with two track-start techniques. In: Chatard, J.C. (ed.). *Biomechanics and Medicine in Swimming IX*, pp. 249-254. Publications de L'Université de Saint-Étienne, Saint-Étienne.

Vilas-Boas, J.P.; Cunha, P.; Figueiras, T.; Ferreira, M. e Duarte, J.A. (1996). Movement analysis in simultaneous swimming techniques, In: K. Wilke, K. Daniel; U. Hoffmann e J. Klauck (eds.), *Symposiumsbericht Kolner Schwimmsportage*, pp. 95-103. Sport Fahnenmann Verlag, Bockenem.

Vilas-Boas, J.P.; Fernandes, R. (2003). Swimming starts and turns: determinant factors of swimming performance. In: P. Pelayo et M. Sydney (eds.), *Proceedings des "3èmes Journées Spécialisées en Natation"*, pp: 84-95. Faculté des Sciences du Sport et de l'Éducation Physique de l'Université de Lille 2, Lille.

Vilas-Boas, J.P.; Fernandes, R.; Kolmogorov, S. (2001). Arrasto hidrodinâmico activo e potência mecânica máxima em nadadores pré-juniores de Portugal. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, 1 (3): 14-21.

Vilas-Boas, J.P.; Fortunas, M.M.; Rendeiro, P.; Campaniço, J. e Santos Silva, J.V. (1994). Análise cronométrica e biomecânica do XI Meeting Internacional do Porto (Junho de 1993). *Rev. Ass. Nat. Porto*, 12 (Suplemento):1-44.

Vilas-Boas, J.P.; Souto, S.; Pinto, J.; Ferreira, M.I.; Duarte, M.; Santos Silva, J.V.; Fernandes, R.; Sousa, F. (2001). Estudo cinemático 3D da afectação da técnica de nado pela fadiga específica da prova de 200 m livres. In: *Anais do IX Congresso Brasileiro de Biomecânica*, pp. 31-41. Sociedade Brasileira de Biomecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Gramado.