

Tempo limite à intensidade mínima correspondente ao consumo máximo de oxigénio: novos desenvolvimentos num parâmetro de recente investigação em natação

Ricardo Fernandes¹, João Paulo Vilas-Boas¹

¹ Universidade do Porto, Faculdade de Desporto, Gabinete de Natação

Fernandes, R.; Vilas-Boas, J. P.; **Tempo limite à intensidade mínima correspondente ao consumo máximo de oxigénio: novos desenvolvimentos num parâmetro de recente investigação em natação**. Motricidade 2(4): 214-220

data de submissão: Janeiro de 2006

data de aceitação: Maio de 2006

Introdução

A Natação Pura Desportiva (NPD) é uma modalidade individual, cíclica e fechada, na qual as acções sequenciadas dos membros superiores e dos membros inferiores tendem a assegurar uma propulsão contínua. A NPD é, igualmente, considerada como uma modalidade mista, decorrendo esta última característica do facto do rendimento do nadador estar intimamente relacionado com factores bioenergéticos e biomecânicos. Os factores bioenergéticos, assim como os factores bio-

mecânicos, são parte fundamental do complexo grupo de parâmetros influenciadores do rendimento em NPD, no qual todas as componentes parecem ter uma forte influência recíproca (Figura 1).

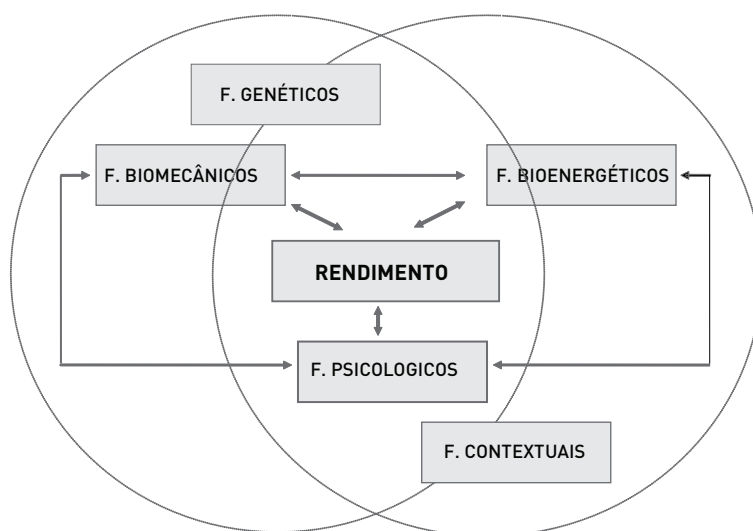


Figura 1: Diagrama síntese dos factores determinantes do rendimento desportivo do nadador (Fernandes¹⁹).



A importância, anteriormente referida, dos factores bioenergéticos e dos factores biomecânicos é observável, também, na equação da *performance* proposta por di Prampero et al.¹⁷:

$$V = \dot{E} \star (e \star D^{-1}) \quad (1)$$

Na equação 1, a velocidade de nado “V”, indicador por excelência do rendimento do nadador, é determinada por dois factores: (i) “ \dot{E} ” (input energético total, decorrente do metabolismo aeróbio e anaeróbio) e (ii) pela razão estabelecida entre “e” (eficiência mecânica propulsiva total) e “D” (força de arrasto hidrodinâmico oposto ao deslocamento do nadador), razão esta que reflecte a habilidade técnica do nadador.

É neste contexto que consideramos fundamental, para a obtenção de resultados de excelência, uma maior objectivação do processo de treino. Neste sentido, o papel do controlo do treino e da avaliação dos nadadores parece-nos extremamente relevante. Vilas-Boas⁴⁵ definiu “Controlo do Treino” como sendo o complexo de tarefas inerentes à avaliação do estado de desenvolvimento dos pressupostos de rendimento desportivo e, portanto, também do resultado e adequação dos exercícios e programas de treino. Assim, as Ciências do Desporto aplicadas à NPD poderão contribuir decisivamente para um aumento da eficiência do processo de treino, o que permitirá a obtenção de melhores resultados.

O propósito deste manuscrito é apresentar novos desenvolvimentos obtidos na investigação científica aplicada à NPD. O tema seleccionado é relativo a uma nova área de interesse em NPD, a qual integra aspectos concretos e específicos da bioenergética e da biomecânica. Assim, iremos referir-nos ao comportamento de determinados parâmetros cardiorespiratórios e técnicos durante um teste de Tempo Limite à velocidade mínima correspondente ao consumo máximo de oxigénio (TLim-v $\dot{V}O_2\max$), assim como aos seus

factores determinantes.

Embora a grande maioria das distâncias utilizadas em competição não ultrapasse os 2 minutos de duração (eventos de 50, 100 e 200 metros), a zona bioenergética relacionada com o consumo máximo de oxigénio ($\dot{V}O_2\max$), comumente denominada Potência Aeróbia, é considerada como muito importante em NPD^{16,31,44}. Esta constatação parece dever-se ao facto da prova de 400 metros crol ser realizada a intensidades elevadas, muito similares à intensidade de exercício correspondente ao $\dot{V}O_2\max$ ^{13,39,41}.

Grosso modo, o conceito de Potência Aeróbia refere-se à velocidade de processamento de energia de origem oxidativa, disponibilizável para o trabalho muscular, a qual se poderá mensurar pelo $\dot{V}O_2\max$ individual de cada nadador. Assim, o $\dot{V}O_2\max$ parece traduzir um dos mais importantes factores bioenergéticos condicionantes da prestação desportiva do nadador, que é a “potência” máxima a que o sistema oxidativo consegue operar⁴⁶.

Vários autores ligados à NPD estudaram a intensidade de esforço requerida para atingir o $\dot{V}O_2\max$ durante o nado^{1,2,12,14,29,30,35,40,47}. No entanto, foram raras as investigações desenvolvidas com o objectivo de determinar a capacidade limite, em termos temporais, de permanência do nadador a essa velocidade, i.e., à velocidade correspondente ao $\dot{V}O_2\max$ ($v\dot{V}O_2\max$). Esta capacidade de suster, no tempo, a intensidade mínima de nado correspondente ao $\dot{V}O_2\max$, pode mesmo, em nossa opinião, constituir uma nova categoria de treino em natação, esta, enquanto tal, ainda menos estudada até agora.

Este parâmetro do treino, que implica a permanência do desportista à intensidade de exercício correspondente à sua $v\dot{V}O_2\max$, tem vindo recentemente a ser estudado, nomeadamente, pelo grupo de investigação de Billat e colaboradores (Universidade de Paris XII), os quais se destacam pelo número de avaliações e de publi-



cações efectuados ⁴. Tendo por base o trabalho pioneiro de Hill e Lupton ²⁸, Billat e Koralsztein ⁵ designaram esse parâmetro como Tempo Limite e definiram-no como sendo o tempo máximo em que a $v\dot{V}O_{2max}$ é mantida até à exaustão (TLim- $v\dot{V}O_{2max}$). Estes últimos autores salientaram o facto do TLim- $v\dot{V}O_{2max}$ ser um parâmetro de muito recente estudo, embora tivesse sido descrito na década de 20 do século passado. Assim, à excepção do trabalho de Volkov et al. ⁴⁸, somente na década de 90 é que este parâmetro fisiológico e funcional teve a sua relevância reconhecida pela comunidade científica, sobretudo em estudos realizados em tapete rolante e em bicicleta ergométrica.

Em NPD os constangimentos impostos pelo meio aquático atrasaram consideravelmente a investigação nesta área. No entanto, temos conhecimento de quatro estudos na temática do TLim- $v\dot{V}O_{2max}$. Os primeiros três estudos foram realizados em *swimming flume* utilizando pentatletas ou nadadores ^{6,15,18}. O quarto estudo, elaborado por Renoux ³⁸, já foi realizado em condições normais de nado, i. e., em piscina, mas este autor não apresentou resultados relativos a parâmetros cardiorespiratórios como o $\dot{V}O_2$ e a ventilação.

Os principais resultados obtidos nos três primeiros estudos referidos no parágrafo anterior foram os seguintes: (i) o TLim- $v\dot{V}O_{2max}$ não apresenta grande variabilidade inter-individual em NPD, ao contrário do verificado noutras modalidades como a corrida em tapete rolante ⁷, situando-se no intervalo compreendido entre os 4.45 e os 6.15 minutos; (ii) observou-se uma relação inversa entre o TLim- $v\dot{V}O_{2max}$ e a $v\dot{V}O_{2max}$, à semelhança do que já tinha sido descrito para a corrida ^{8,9}; (iii) observou-se uma relação inversa entre o TLim- $v\dot{V}O_{2max}$ e o limiar anaeróbio.

No entanto, sabendo que a utilização de ergómetros específicos para situação de nado, nome-

adamente *swimming flumes*, poderão implicar constrangimentos técnicos significativos ^{27,42}, o nosso grupo de investigação implementou situações de determinação do TLim- $v\dot{V}O_{2max}$ realizadas sempre em situação específica de treino e competição, i. e., utilizando nado livre em piscina convencional.

Os resultados por nós obtidos, avaliando nadadores de ambos os géneros e de níveis de proficiência distintos, vieram corroborar alguns dos dados anteriormente apresentados. Assim, foi por nós também observada uma pequena variabilidade do TLim- $v\dot{V}O_{2max}$ entre sujeitos pertencentes ao mesmo nível de proficiência ^{20,21}, assim como entre grupos de nível competitivo diferenciado ²⁴, entre géneros ²² e entre técnicas de nado (Fernandes et al., 2006). Por outro lado, foram igualmente verificadas relações inversas entre o TLim- $v\dot{V}O_{2max}$ e a $v\dot{V}O_{2max}$ ^{21,22,23} e entre o TLim- $v\dot{V}O_{2max}$ e o limiar anaeróbio, mais especificamente com o limiar anaeróbio correspondente às concentrações sanguíneas de 3.5 mmol/l de lactato sanguíneo ²¹.

Por outro lado, os nossos estudos conseguiram evidenciar novos factos. Em primeiro lugar foi possível constatar a validade da utilização de um teste incremental intermitente para a determinação da $v\dot{V}O_{2max}$ em natação ¹⁰. Este estudo do nosso grupo demonstrou que um teste de n x 200 m crol, com incrementos de 0.05 m/s entre patamares e 30 segundos de recuperação, até à exaustão, além de ser adequado para a determinação da $v\dot{V}O_{2max}$, permite a recolha de sangue capilar do lóbulo da orelha para análise das concentrações sanguíneas de lactato ($[La^-]$). A mensuração deste catabolito permitiu-nos complementarmente determinar dois indicadores considerados muito importantes para a prestação desportiva do nadador: (i) o limiar anaeróbio individual, determinado através do método de modelação matemática da curva esta-





Tempo limite à intensidade mínima correspondente ao consumo máximo de oxigénio: novos desenvolvimentos num parâmetro de recente investigação em natação
Ricardo Fernandes, João Paulo Vilas-Boas

belecida entre as $[La^-]$ e a velocidade de nado e (ii) a economia de nado, mensurada através da determinação do custo energético do exercício, o qual foi obtido pela relação estabelecida entre o dispêndio energético e a velocidade de nado. Os métodos de determinação dos dois parâmetros cima mencionados encontram-se exaustivamente descritos por Machado et al.³² e Fernandes et al.²², respectivamente.

Após se determinar a $v\dot{V}O_{2max}$ de cada nadador, e respeitando-se um período de recuperação adequado, aplicou-se o teste de TLim- $v\dot{V}O_{2max}$, no qual cada nadador deveria permanecer à sua pré-determinada $v\dot{V}O_{2max}$ até à exaustão. Os resultados inovadores obtidos foram os seguintes: (i) o TLim- $v\dot{V}O_{2max}$ correlaciona-se inversamente com o custo energético, i. e., apresenta uma relação directa com a economia de nado^{22,24}; (ii) o TLim- $v\dot{V}O_{2max}$ correlaciona-se inversamente com a velocidade correspondente ao limiar anaeróbio individual²³; (iii) o TLim- $v\dot{V}O_{2max}$ apresenta valores de correlação negativos com o delta lactato, i. e., com a diferença obtida entre as $[La^-]$ no final e no início do exercício ($\Delta[La^-]$), assim como com as $[La^-]$ máximas²⁶; (iv) o TLim- $v\dot{V}O_{2max}$ não apresentou correlação significativa com o $\dot{V}O_{2max}$ ^{20,21,22,23,24,25}; (v) o TLim- $v\dot{V}O_{2max}$ depende significativamente dos parâmetros biomecânicos gerais, correlacionando-se inversamente com a frequência gestual e directamente com a distancia de ciclo e com o *stroke index* (Fernandes et al., in press b); e (vi) durante o teste de TLim- $v\dot{V}O_{2max}$ verificou-se um aumento significativo da frequência gestual, assim como uma diminuição acentuada da distância por ciclo^{33,34}.

Complementarmente, durante o teste de TLim- $v\dot{V}O_{2max}$, foi observado um fenómeno já amplamente descrito para exercício em tapete rolante e bicicleta ergométrica^{2,3,36,49}, mas somente uma vez observado em natação durante exercício em

*swimming flume*¹⁵: a existência de uma componente lenta na cinética do $\dot{V}O_{2max}$ (O_{2CL}). Esta O_{2CL} aparece temporalmente depois de uma subida rápida e acentuada do $\dot{V}O_2$, estando descrito o seu surgimento cerca dos 2 minutos de exercício^{11,37}. A este propósito, quando foi relacionado o TLim- $v\dot{V}O_{2max}$ e a O_{2CL} , foi observada uma relação directa entre estes dois parâmetros^{20,21,26}. Em todos os estudos referidos, a amplitude da componente lenta do $\dot{V}O_{2max}$ foi considerada significativa pois foi superior a 200 ml/min⁵.

Os resultados por nós obtidos parecem traduzir que esforços típicos da área bioenergética “Potencia Aeróbia”, i. e., realizados à intensidade de nado correspondente ao $\dot{V}O_{2max}$ têm uma duração muito semelhante à da prova dos 400 metros crol, situando-se entre os 3.45 min (nadadores de elite) e os 6.15 min (nadadores de recreio). A esse propósito, o facto dos nadadores mais rápidos serem os que permanecem menos tempo a uma intensidade de nado correspondente à sua $v\dot{V}O_{2max}$, parece ter duas explicações. A primeira consubstancia-se no facto de intensidades de nado mais elevadas implicarem um maior custo energético⁴³, facto este por nós relatado aquando da observação das correlações positivas entre a $v\dot{V}O_{2max}$ e o custo energético específico dessa velocidade²⁶, assim como entre o TLim- $v\dot{V}O_{2max}$ e o custo energético específico do protocolo de determinação da $v\dot{V}O_{2max}$ ²⁴. A segunda explicação fundamenta-se no facto das $v\dot{V}O_{2max}$ mais elevadas nos melhores nadadores implicarem níveis de exercício mais extenuantes, com maior solicitação do sistema anaeróbio^{6,18}. Este facto foi possível constatar aquando da observação de correlação inversa entre o TLim- $v\dot{V}O_{2max}$ e o $\Delta[La^-]$ ²⁶.

Na nossa opinião, o TLim- $v\dot{V}O_{2max}$ é mais um parâmetro que deverá ser considerado no processo de treino, nomeadamente em sessões de controlo



do treino e de avaliação de nadadores. Este parâmetro, em conjunto com outros indicadores mais divulgados, como o limiar anaeróbio e os parâmetros biomecânicos gerais, poderão permitir, cada vez mais, alargar a avaliação e consequente prescrição de programas de treino. A aplicação dos programas de treino deverão procurar consubstanciar todas as faixas do espectro bioenergético, aliadas a um controlo e avaliação sistemática da técnica de nado.

Referências

1. Alves F. (1995) *Economia de nado e prestação competitiva. Determinantes mecânicas e metabólicas nas técnicas alternadas*. Dissertação apresentada com vista a obtenção de grau de Doutor em Motricidade Humana na especialidade de Ciências do Desporto. FMH-UTL.
2. Astrand PO, Saltin B. (1961) Maximal oxygen uptake and heart rate in various types of muscular activity. *J Appl Physiol*. 16:977-981.
3. Barstow TJ, Molé PA. (1991) Linear and nonlinear characteristics of oxygen uptake kinetics during heavy exercise. *J Appl Physiol*. 71(6):2099-106.
4. Billat V. (2000a) *Physiologie et méthodologie de l'entraînement. De la théorie à la pratique*. De Boeck Université. Paris, Bruxelles.
5. Billat V. (2000b) VO₂ slow component and performance in endurance sports. *Br J Sports Med*. 34(2):83-85.
6. Billat V, Koralsztein JP. (1996) Significance of the velocity at VO₂max and time to exhaustion at this velocity. *Sports Med*. 22(2):90-108.
7. Billat V; Renoux JC; Pinoteau J; Petit B; Koralsztein JP. (1994a) Reproducibility of running time to exhaustion at VO₂max in subelite runners. *Med. Sci. Sports Exerc*. 2:254-257.
8. Billat V; Pinoteau J; Petit B; Renoux JC; Koralsztein JP. (1994b) Time to exhaustion at 100% of velocity at VO₂max and modelling of the relation time-limit/velocity in elite long distance runners. *Eur J Appl Physiol*. 69:271-273.
9. Billat V; Faina M; Sardella F; Marini C; Fanton F; Lupo S; Faccini P; De Angelis M; Koralsztein JP; Dal Monte A. (1996) A comparison of time to exhaustion at $\dot{V}O_2$ max in elite cyclists, kayak paddlers, swimmers and runners. *Ergonomics*. 39(2):267-277.
10. Cardoso C; Fernandes R; Vilas-Boas JP. (2003) Comparison of continuous and intermittent triangular protocols for direct $\dot{V}O_2$ max assessment in swimming. In J-C. Chatard (Edt.), *Biomechanics and Medicine in Swimming IX* (pp. 313-318). Saint-Étienne: Publications de l'Université de Saint-Étienne.
11. Carter H; Jones A; Barstow T; Burnley M; Williams C; Doust J. (2000) Effect of endurance training on oxygen uptake kinetics during treadmill running. *J Appl Physiol*. 89:1744-1752.
12. Cazorla G, Montepetit RR. (1988) Metabolic and cardiac responses of swimmers, modern pentathletes, and water polo players during freestyle swimming to a maximum. In: B. E. Ungerechts, K. Wilke e K. Reischle (eds.), *Swimming Science V*, pp. 251-257. Human Kinetics Publishers. Champaign, Illinois.
13. Costill DL; Maglischo EW; Richardson A. (1992) *Swimming*. London: Blackwell Scientific Publications.
14. D'Acquisto LJ; Bone M; Takahashi G; Langhans AP; Barzdukas AP; Troup JP. (1992) Changes in aerobic power and swimming economy as a result of reduced training volume. In: D. Maclaren, T. Reilly e A. Lees (eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming, Swimming Science VI*, pp. 201-206. E & FN Spon, London.
15. Demarie S; Sardella F; Billat V; Magini W; Faina M. (2001) The VO₂ slow component in swimming. *Eur J Appl Physiol*. 84:95-99.
16. Di Prampero PE. (2003) Factors limiting maximal performance in humans. *Eur. J. Appl. Physiol*. 90:420-429.

17. Di Prampero PE; Pendergast D; Wilson DW; Rennie DW. (1974) Energetics of swimming in man. *J. Appl. Physiol.* 37(1):1-5.
18. Faina M; Billat V; Squadroni R; De Angelis M; Koralsztein JP; Dal Monte A. (1997) Anaerobic contribution to the time to exhaustion at the minimal exercise intensity at which maximal oxygen uptake occurs in elite cyclists, kayakers and swimmers. *Eur. J. Appl. Physiol.* 76:13-20.
19. Fernandes R. (1999) *Perfil cineantropométrico, fisiológico, técnico e psicológico do nadador pré-junior*. Dissertação apresentada às provas de mestrado no âmbito do 3º Mestrado em Ciências do Desporto. Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física. Porto.
20. Fernandes R; Billat V; Vilas-Boas JP. (2003a) Time limit at $v\dot{V}O_{2max}$ and $\dot{V}O_{2max}$ slow component in swimming. A pilot study in university students. In J.-C. Chatard (ed.), *Biomechanics and Medicine in Swimming IX* (pp. 331-336). Publications de l'Université de Saint-Étienne, Saint-Étienne: France.
21. Fernandes RJ; Cardoso CS; Soares SM; Ascensão AA; Colaço PJ; Vilas-Boas JP. (2003b) Time limit and $\dot{V}O_{2}$ slow component at intensities corresponding to $\dot{V}O_{2max}$ in swimmers. *Int. J. Sports Med.* 24:576-81.
22. Fernandes RJ, Billat VL, Cruz AC, Colaço PJ, Cardoso CS, Vilas-Boas JP. (2005) Has gender any effect on the relationship between time limit at $\dot{V}O_{2max}$ velocity and swimming economy? *J. Hum. Movement Stud.* 49:127-148.
23. Fernandes RJ; Cardoso CS; Silva JA; Vilar SO; Colaço PJ; Barbosa TM; Keskinen KL; Vilas-Boas JP. (2006) Assessment of time limit at lowest speed corresponding to maximal oxygen consumption in the four competitive swimming strokes. In: J.P. Vilas-Boas, F. Alves e A. Marques (eds), *Biomechanics and Medicine in Swimming X, Portuguese J Sport Scienc.* 6(2):128-130.
24. Fernandes RJ; Billat VL; Cruz AC; Colaço PJ; Cardoso CS; Vilas-Boas JP. Does net energy cost of swimming affect time to exhaustion at the individual's maximal oxygen consumption velocity? *J. Sports Med. Phys. Fitness.* (in press a).
25. Fernandes, R.J.; Marinho, D.A.; Barbosa, T.M.; Vilas-Boas, J.P. Is time limit at the minimum swimming velocity of $\dot{V}O_{2max}$ influenced by stroking parameters? *Percept. Mot. Skills* (in press b).
26. Fernandes RJ, Keskinen KL, Colaço PJ, Queirido AJ, Machado LJ, Morais PA, Novais DQ, Marinho DA, Vilas-Boas JP. Determinants of Time Limit at $\dot{V}O_{2max}$ velocity in elite front crawl swimmers. *Int. J. Sports Med.* (submitted for publication).
27. Hay JG and Carmo J. (1995). Swimming techniques used in the flume differ from those used in $\dot{V}a$ pool. In *Proceedings of the XV International Society of Biomechanics Congress* (pp. 372-373). University of Jyväskylä.
28. Hill AV, Lupton L. (1923). Muscular exercise, lactic acid and the supply and utilization of oxygen. *Q. J. Med.* 16:135-171.
29. Holmér I. (1971). Oxygen uptake during swimming at different speeds in the aquatic swim mill. In: L. Lewillie e J. P. Clarys (eds.), *Proceedings of the First International Symposium on Biomechanics in Swimming, Waterpolo and Diving* (pp. 199-205). Université Libre de Bruxelles, Bruxelles.
30. Lavoie JM; Lèger LA; Leone M, Provencher P-J. (1985). A maximal multistage swim test to determine the functional and maximal aerobic power of competitive swimmers. *J. Swim. Research.* 1(2):17-22.
31. Libicz, S.; Roels, B.; Millet, G. P. (2005). $\dot{V}O_2$ responses to intermittent swimming sets at velocity associated with $\dot{V}O_{2max}$. *Can. J. Appl. Physiol.*, 30(5), 543-553.
32. Machado L; Almeida M; Morais P; Fernandes R; Vilas-Boas J.P. (2006). Assessing the individual anaerobic threshold: the mathematical model. In: J.P. Vilas-Boas, F. Alves e A. Marques (eds), *Biomechanics and Medicine in Swimming X, Portuguese J Sport Scienc.* 6(2):142-144.



33. Marinho D, Vilas-Boas J, Cardoso C, Barbosa T, Soares S, Fernandes R. (2004). Stroke rate and stroke length in a typical swimming time limit at VO₂max. In E. Van Praagh; J. Coudert; N. Fellmann; P. Duché (Eds.), *Abstracts of 9th Annual Congress of the European College of Sport Science* (pp. 338). Clermont-Ferrant: University of Clermont-Ferrant.
34. Marinho D, Ramos L; Carmo C; Vilar S; Oliveira R; Rodriguez F; Keskinen KL; Fernandes RJ; Vilas-Boas JP. (2006). Stroke performance during front crawl swimming at the lowest speed corresponding to maximal oxygen consumption. In: J.P.Vilas-Boas, F. Alves e A. Marques (eds), *Book of Abstracts of the Xth International Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming*. *Portuguese J Sport Scienc.* 6(1):45.
35. Ogita F (2000). *Aerobic and anaerobic energy release during swimming*. Doctoral Thesis. Vrije Universiteit. Amsterdam, Holland.
36. Poole DC; Schaffartzic W; Knigh DR; (1991). Contribution of exercise legs to the slow component of oxygen uptake kinetics in humans. *J. Appl. Physiol.* 71:1245-1253.
37. Querido A; Machado L; Keskinen K; Vilar S; Cardoso C; Cruz A; Vilas-Boas JP; Fernandes R. (2006). Comparison between different methods for the assessment of the O₂ slow component of front crawl swimmers. In: J.P.Vilas-Boas, F. Alves e A. Marques (eds), *Biomechanics and Medicine in Swimming X*, *Portuguese J Sport Scienc.* 6(2):165-167.
38. Renoux J-C. (2001). Evaluating the time limit at maximum aerobic speed in elite swimmers. Training implications. *Arch. Physiol. Biochem.* 109(5):424-9.
39. Ribeiro JP; Cadavid E; Baena J; Monsalvete E; Barna A; DeRose E. (1991). Metabolic predictors of middle-distance swimming performance. *Br. J. Sports Med.* 24(3):196-200.
40. Rodriguez FA. (1999). Cardiorespiratory and métabolique field testing in swimmer and water-polo from physiological concepts to practical methods. In: K Keskinen, PV Komi, & AP Hollander (Eds), *Biomechanics and Medicine in swimming VIII*. Jyvaskylä: Grummerus Printing:219-226.
41. Rodriguez FA. (2000). Maximal oxygen uptake and cardiorespiratory response to maximal 400-m free swimming, running and cycling tests in competitive swimmers. *J. Sports Med. Phys. Fitness.* 40:87-95.
42. Thompson KG; Atkinson G; MacLaren DP; Lees A. (2004). Reliability of metabolic and stroke-cycle responses during sub-maximal breaststroke swimming. *J. Hum. Mov. Stud.* 46:35-54.
43. Toussaint HM, Hollander AP. (1994). Energetics of competitive swimming. Implications for training programmes. *Sports Med.* 18:384-405.
44. Van Handel PJ; Katz A; Morrow JR; Troup JP; Daniels JT; Bradley PW. (1988b). Aerobic economy and competitive performance of U.S. elite swimmers. In B. E. Ungerechts; K. Wilke; K. Reichle (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming V* (pp. 219-227). Champaign, Illinois: Human Kinetics Publishers.
45. Vilas-Boas, JP. (1989). Bases do controlo do treino em natação I. *Not. FP Natação.* 4(1):29-35.
46. Vilas-Boas JP. (1999). Bioenergetica do rendimento desportivo em natação: chave para o entendimento das relações operativas entre biomecanica e fisiologia do treino. In: *XIX Congresso Internacional AETN*. AETN Galicia. A Coruña.
47. Vilas-Boas JP, Santos P. (1994). Comparison of swimming economy in three breaststroke techniques. In M. Miyashita; Y. Mutoh; A. B. Richardson (Eds.), *Medicine and Science in Aquatic Sports* (pp. 48-54). Med. Sport Sci., 39. Basel: Karger.
48. Volkov, N. I.; Shirkovets, E. A.; Borilkevich, V. E. (1975). Assessment of aerobic and anaerobic capacity of athletes in treadmill running. *Eur. J. Appl. Physiol.* 34:121-30.
49. Whipp BJ, Wasserman K. (1972). Oxygen uptake kinetics for various intensities of constant-load work. *J. Appl. Physiol.* 33:351-6.