

# **Determinação e análise dos factores influenciadores do rendimento na prova de 50m livres.**

Estudo realizado em nadadores de 11-13 anos de idade.

Dissertação apresentada às provas de 2º Ciclo de Estudos em Desporto para Crianças e Jovens, orientada pelo Professor Doutor Ricardo Fernandes e co-orientada pela Professor Doutor André Seabra, ao abrigo do Decreto-lei nº74/ 2006 de 24 de Março.

António Carlos Rodrigues Sampaio

Porto, 2011

Sampaio, António (2011). Determinação e análise dos factores influenciadores do rendimento na prova de 50m livres. Estudo realizado em nadadores de 11-13 anos de idade.

Dissertação apresentada às provas de 2º Ciclo de Estudos em Desporto para Crianças e Jovens, orientada pelo Professor Doutor Ricardo Fernandes e co-orientada pelo Professor Doutor André Seabra, ao abrigo do Decreto-lei nº74/2006 de 24 de Março.

PALAVRAS-CHAVE: NATAÇÃO, JOVENS, PERFORMANCE

KEY WORDS: SWIMMING, AGER-GROUPS, PERFORMANCE

## **Agradecimentos**

Este trabalho é o resultado final de todo o esforço de um conjunto de pessoas que tornaram isto possível.

Ao orientador Professor Doutor Ricardo Fernandes pela amizade, disponibilidade, encorajamento, exigência e a forma apaixonada como transmite as ideias.

Ao co-orientador Professor Doutor André Seabra pela disponibilidade e colaboração, também pelas preciosas sugestões do ponto de vista estatístico.

Aos meus colegas Ana Sousa, Pedro Figueiredo e João Ribeiro pelo apoio, disponibilidade, incentivo e pela amizade.

À minha família por compreender a “ausência” sentida nos últimos tempos, principalmente o António, sempre ansioso por um momento de brincadeira. À Filipa muito obrigado sem ti nada feito, foste, és e irás ser sempre a fonte de inspiração.

Aos meus pais e irmãos pelo seu apoio incondicional, importantes na concretização deste projecto.

À minha sogra e cunhada pela disponibilidade e ajuda.

A todos, muito obrigado.



Esta tese é baseada em dois artigos, que são referidos neste texto respectivamente;

### **Artigos**

Sampaio, A.; Seabra, A.; Fernandes, R. J. Factores determinantes do rendimento nos 50 m crol em nadadores de 11-13 anos. A submeter à Revista Portuguesa de Ciências do Desporto.

Sampaio, A.; Silva, A.; Figueiredo, P.; Ribeiro, J.; Fernandes, R. J. (in press) Sprint performance determinants in young swimmers. Submitted in International Journal of Sport Science



## **Índice**

<b>Capítulo 1.</b> Introdução geral	<b>1</b>
<b>Capítulo 2.</b> Sprint Performance Determinants in Young Swimmers	<b>7</b>
<b>Capítulo 3.</b> Factores determinantes do rendimento nos 50 m crol em nadadores de 11-13 anos	<b>13</b>
<b>Capítulo 4.</b> Discussão Geral	<b>31</b>
<b>Capítulo 5.</b> Conclusões	<b>37</b>
<b>Capítulo 6.</b> Referencias Bibliográficas	<b>39</b>



## Índice de tabelas

<b>Capítulo 2</b>	Table 1. Mean $\pm$ SD, and correlation ( $p$ value) of sprint performance influencing variables (n=106).	<b>11</b>
<b>Capítulo 3</b>	Tabela 1. Valores médios e respectivos desvios padrão das variáveis contextuais, antropométricas, bioenergéticas e biomecânicas, estudadas nos respectivos géneros.	<b>22</b>
	Tabela 2. Associação entre variáveis contextuais, antropométricas, bioenergéticas, biomecânicas e a velocidade dos nadadores infantis.	<b>24</b>
	Tabela 3. Principais determinantes da velocidade dos nadadores infantis – resultados do modelo de regressão múltipla.	<b>24</b>

## **Índice de Figuras**

<b>Capítulo 1</b>	Figura 1. Diagrama síntese dos factores determinantes do rendimento desportivo do nadador (Fernandes e Vilas-Boas, 2002a).	<b>1</b>
<b>Capítulo 2</b>	Figure 1. Diagram of the relationships between stroke length (SL), stroke frequency (SF), stroke index (SI), critical velocity (CV) and sprint swimming performance.	<b>9</b>

## Índice de Equações

Capítulo 3  $v = E * (e * D^{-1})$  (1) 16

$y = a * x + b$  (2) 21

Performance (v- 50m) =  $-0.09 + 0.10*(IC) + 0.02*(FG) + 0.047*(DC) + 0.01*(Anos\ de\ Prática) + 0.001*(Envergadura)$  (3) 25

Performance (v- 50m, grupo masculino) =  $1.50 + 0.547 (IC) - 0.825 (DC)$  (4) 25

Performance (v- 50m, grupo feminino) =  $-1.50 + 0.073 (IC) + 0.026 (FG) + 0.581 (DC) + 0.023 (Idade) + 0.021 (largura\ mão)$  (5) 25



## Resumo

O futuro do treino e o crescimento da capacidade de rendimento desportivo em Natação Pura Desportiva passa pelo conhecimento científico da modalidade, e da avaliação e controlo do treino e do nadador. Importa, então, reflectir sobre estas questões, nomeadamente como identificar e controlar os factores influenciadores do rendimento e de que forma essas respostas, dadas pela identificação dos factores, poderão ser determinantes para o plano de carreira dos jovens nadadores. Posto isto, e reflectindo sobre a escassez de estudos no âmbito da caracterização multifactorial do rendimento desportivo de jovens nadadores, o propósito desta tese foi identificar quais os factores influenciadores (biomecânicos, bioenergéticos, antropométricos e contextuais) do rendimento na prova de 50m livres, em nadadores com idades compreendidas entre os 11 e 13 anos de idade. Cento e seis nadadores do escalão infantil, 56 raparigas ( $11.40 \pm 0.6$  anos) e 50 rapazes ( $12.26 \pm 0.6$  anos), voluntariaram-se para participar no presente estudo, realizando 50 m crol à máxima intensidade. Através da análise das imagens de ciclos não inspiratórios captadas por duas câmaras subaquáticas (colocadas nos planos frontal e sagital) foram identificadas as fases de um ciclo dos membros superiores, sendo determinado os parâmetros biomecânicos. Através da regressão múltipla, pudemos observar para cada uma das categorias de avaliação, as variáveis que mais fortemente se relacionam com o rendimento desportivo dos nadadores nos 50m crol. Considera-se que para melhor caracterizar a técnica de nado é frequente utilizar-se a frequência gestual (FG), a distância de ciclo (DC), o índice de ciclo (IC) e a razão entre FG e a DC, pois a sua interacção determina a velocidade de nado. Complementarmente, Costill et al., (1985), propõe a utilização do IC como factor de eficiência em NPD calculado através do produto entre a velocidade e a DC. A equação que permite explicar o rendimento dos nadadores nesta distância evidencia que o IC é o factor de maior influência explicando cerca de 57% de variabilidade, seguindo-se da FG (30%), DC (6%), anos de prática (1%) e envergadura (1%).

Palavra-chave: natação, jovens, controlo do treino, protocolos de avaliação



## **Abstract**

The monitoring and evaluation of the swimmer and the training control are fundamental tasks to increase swimming performance. Therefore, it is essential to identify and control the factors that influence swimming performance, and that it forms those answers, given by the identification of the factors, they can be decisive for the plan of the young swimmers career. The analysis in trained children and/or young swimmers very scarce, thus the aim of this thesis was to assess the parameters that influence and explain the performance on 50m front crawl tests in swimmers with ages understood between the 11 and 13 years of age. Hundred and six young swimmers, 56 girls ( $11.40 \pm 0.6$  years) and 50 boys ( $12.26 \pm 0.6$  years), volunteered to participate in the present study, accomplishing 50 m crawl to the maximum intensity. Through the analysis of the images of cycles non-inspiratory cycles captured by two underwater cameras (put in the front plans and sagital) recorded two complete underwater arm stroke cycles, being certain the biomechanical parameters. Trough multiple regressions methods, it were identified for each assessment category, the variables that more strongly link with the swimmers performance in the 50m crol. It is considered that for best to characterize the technique, is frequent to use the stroke frequency (SF), the stroke length (SL), the stroke index (SI) and the reason between SF and SL. Costill et al., (1985) considered SI as the most efficient ones in swimming performance. The equation that allows explaining the swimmers performance in this distance evidences that SI is the factor of larger influence explaining about 57% of variability, being followed of SF (30%), SL (6%), years of practice (1%) and arm span (1%).

Key-words: Swimming, age group, control of training, evaluation protocol



## **Símbolos e abreviaturas**

% - Percentagem

= - Igual

< - Menor que

> - Maior que

± - mais ou menos

cm – Centímetros

D – Body Drag

DC – Distância de Ciclo

E – Eficiência Energética

Ep – Eficiência Propulsiva

Et al. – e colaboradores

FG – Frequência Gestual

IC – Índice de Braçada

IdC – Índice de Coordenação

i.e. – isto é

kg - Quilogramas

MI – Membros Inferiores

Min - Minutos

MS – Membros Superiores

NPD – Natação Pura Desportiva

n<sup>o</sup> - Numero

p – Valor de Prova

r – Coeficiente de Correlação

R<sup>2</sup> – Coeficiente de determinação

SD - standard deviation

SI - stroke index

SL - stroke length

SPSS - statistical package for social sciences

SR – stroke rate

VCri – Velocidade Crítica

v – Velocidade de Nado / Velocity

## Capítulo 1

### Introdução Geral

A Natação Pura Desportiva (NPD) é uma modalidade cíclica, contínua, fechada e mista (Vilas-Boas, 1993), cujo rendimento é influenciado por um conjunto de factores. Estes, poderão ser agrupados e denominados por factores contextuais, factores genéticos, factores bioenergéticos, factores biomecânicos e factores psicológicos (Fernandes et al., 1999)

Neste sentido, Fernandes e Vilas-Boas (2002a) apresentaram um modelo dos pressupostos de rendimento em natação pura desportiva (Figura 1) evidencia a inter-relação dos os factores que, directa ou indirectamente, influenciam o rendimento do nadador.

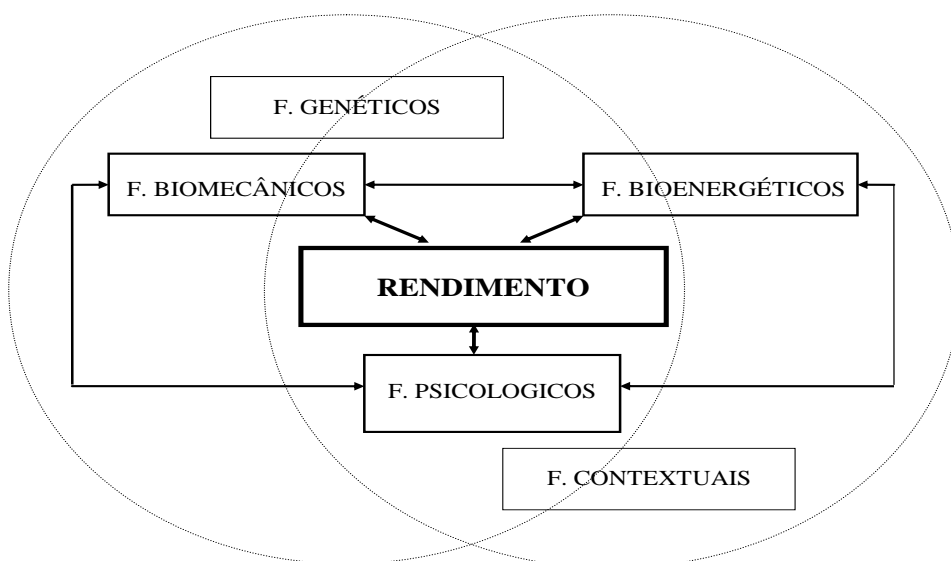


Figura 1. Diagrama síntese dos factores determinantes do rendimento desportivo do nadador (Fernandes e Vilas-Boas, 2002a)

Face ao exposto, o desenvolvimento do rendimento em NPD assenta no aperfeiçoamento dos mecanismos, bem como do planeamento e periodização, directamente relacionados com a avaliação dos pressupostos determinantes do rendimento desportivo dos nadadores (Cardoso et al., 2003). Este processo, denominado, de forma simplista, controlo treino, tem vindo a ser considerado como um aspecto fundamental na planificação do treino em NPD (Fernandes,

1999). A avaliação e controlo do treino têm vindo a ser maioritariamente aplicado em nadadores de alto nível ou elite; contudo, alguns autores realçam a importância destes procedimentos em nadadores pertencentes a escalões mais jovens, tendo em consideração as mudanças morfológicas periódicas que se fazem sentir nesta faixa etária (Garrido e tal., 2010). Deverá ter-se em consideração que o desempenho dos jovens nadadores se modifica significativamente durante a sua maturação física (Malina, 1994), sendo usual uma variação acentuada nas idades biológicas ou físicas de crianças da mesma idade cronológica. Este facto enfatiza a necessidade de considerar os efeitos de crescimento e desenvolvimento aquando da análise do desempenho dos nadadores em idades mais baixas. Complementarmente, Rama et al. (2007) reportam-se à importância da precocidade na implementação dos projectos em avaliação e controlo do treino, como forma de corrigir a orientação dos processos de preparação de jovens nadadores e estancar o abandono em idades muito jovens. Neste contexto, apesar da aceitação da importância da avaliação e controlo do treino em nadadores jovens, são ainda escassos os estudos conduzidos nestas idades, comparando com a pesquisa dedicada a nadadores de elite (Barbosa et al., 2005 e Barbosa et al., 2010).

No que concerne aos factores influenciadores do rendimento em jovens nadadores, os factores contextuais, relacionados com a anamnese de treino, assumem um papel determinante (Vilas-Boas et al., 1997a, Rama et al., 2004). Alves (1995) realça a importância do número de unidades de treino, relacionado com a progressão do volume da carga do treino ao longo do plano de carreira; complementarmente, Keskinen et al. (1989) e Alves (1995) procuraram caracterizar de uma forma geral e específicas o treino com as horas despendidas (quer do treino em água quer do treino em seco). De salientar a variante “anos de prática federada” pois, para atingir um grau de excelência em NPD, são preciso 12 anos de permanência na modalidade (Rama et al., 2007).

Complementarmente a avaliação da coordenação assume capital importância nos jovens nadadores. Chollet et al. (2000) propuseram à comunidade científica uma metodologia capaz de quantificar a coordenação entre membros

superiores (MS), através do Índice de Coordenação (IdC). O IdC baseia-se na análise da duração das diferentes fases ou acções dos MS nas técnicas alternadas e entre MS e membros inferiores (MI) nas técnicas simultâneas medindo o intervalo de tempo entre a ocorrência de fases propulsivas. Especificamente para a técnica de crol, os autores acima referidos descreveram três modelos de coordenação: (i) catch-up (IdC <0%), em que ocorre um intervalo de tempo entre as fases propulsivas de ambos os MS; (ii) oposição (IdC =0%), em que a fase propulsiva de um MS termina no momento em que se inicia a fase propulsiva do MS oposto; (iii) sobreposição (IdC > 0%), em que as fases propulsivas dos MS se sobrepõem. Albery et al. (2005) procuraram relacionar as flutuações intracíclicas da velocidade com o IdC, na técnica de Crol, durante exercício exaustivo, verificando que em situações de fadiga os valores do IdC aumentam mesmo quando se verifica a diminuição ou manutenção da velocidade de nado. Fernandes et al. (2010) encontraram uma relação positiva e significativa entre o IdC e custo energético na técnica de crol. Deste modo, o aumento dos valores do IdC não deve ser automaticamente associado ao aumento da v, existindo outras variáveis a considerar.

Complementarmente aos factores acima referenciados, também os factores morfológicos e funcionais, que habitualmente caracterizam a elite desportiva, são igualmente determinantes para o rendimento dos jovens nadadores (Rama et al. (2007).

Vários autores salientam que a forma e as funções corporais dos nadadores estão intimamente relacionadas entre si, cumprindo um papel importante na conquista de um desempenho desportivo de alto nível (Habbelinck et al., 1975; Persyn et al., 1984; Fernandes et al., 2006). Do conjunto de características antropométricas que influenciam o rendimento do nadador, a envergadura, o comprimento dos MS, as dimensões da mão e do pé, o comprimento dos MI e a altura são as mais referidas como estando correlacionadas com o rendimento em NPD (Vilas-Boas, 1989a; Camarero et al., 1995; Cardoso e Alves, 1995; Rama et al., 2006), e que influenciam decisivamente a capacidade propulsiva do nadador (Fernandes et al., 2006).

Clarys (1979) e Kolmogorov e Duplischeva (1992) sugerem que o arrasto activo,  $v$  e a relação entre a frequência gestual (FG) e a distância do ciclo (DC) influencia mais a técnica de nado do que propriamente as características antropométricas. As diferenças entre a FG e DC podem estar intimamente ligadas às diferenças das fases propulsivas e não propulsivas: o deslize a recuperação e a propulsão (Chollet et al., 1996; Chollet et al. 1999; Soares et al. 1999). Também Alberty et al. (2008) e Seifert et al. (2005) consideram que para melhor caracterizar a técnica de nado é frequente utilizarem-se a FG, DC, o índice de ciclo (IC) e a razão entre FG e a DC, pois a sua interação determina a velocidade de nado. Complementarmente, Costill et al., (1985), propõe a utilização do IC como factor de eficiência em NPD calculado através do produto entre a  $v$  e a DC. Neste contexto, Jürimãe et al. (2007), considera o IC como um excelente indicador de performance em jovens nadadores.

Complementarmente à avaliação dos factores biomecânicos e antropométricos acima referidos, também a avaliação dos parâmetros bioenergéticos assume capital importância em NPD. Do conjunto dos factores bioenergéticos, a capacidade aeróbia apresenta especial relevo tendo em consideração que se constitui como um dos dados mais importantes para a definição e reajustamento das cargas de treino em NPD (Fernandes et al., 2000; Dekerle et al., 2002). Para a sua aferição, vários testes têm sido descritos, sendo a velocidade crítica (VCrit) um dos mais destacados por se tratar de uma forma prática e não invasiva de avaliação. A VCrit baseia-se na determinação da velocidade máxima de nado individual susceptível de ser mantida por um longo período de tempo sem exaustão (Wakayoshi et al., 1992a). Diversos estudos demonstram que a VCrit pode estar relacionada com o *Maximal lactate steady state*, ou seja, correlacionada com a dinâmica do equilíbrio entre a produção e a remoção/utilização de lactato (Wakayoshi et al., 1993a; Vilas-Boas 1998). Adicionalmente, a VCrit pode ser utilizada como um método de avaliação específico e individualizado, não sendo necessário a utilização de equipamentos demasiado dispendiosos e sofisticados, nem implicando procedimentos de cálculo morosos e complexos (Vilas-Boas et al., 1997b).

Face ao exposto, o objectivo geral desta tese consistiu na determinação dos factores influenciadoras (biomecânicos, bioenergéticos, antropométricos e contextuais) do rendimento na prova de 50m livres, em nadadores com idades compreendidas entre os 11 e 13 anos de idade.

No estudo preliminar apresentado num congresso da especialidade caracterizaram-se as determinantes do rendimento dos nadadores deste escalão etário através da avaliação de parâmetros biomecânicos e bioenergéticos, sendo analisada uma amostra de cento e seis jovens nadadores de ambos os géneros. Posteriormente procurou-se caracterizar biofisicamente o nadador de 11-13 anos de idade, verificando quais os parâmetros biomecânicos (FG, DC e IdC), antropométricos (altura, envergadura, peso, largura da mão, largura do pé, comprimento da mão e comprimento do pé), contextuais (anos de pratica federada, unidades de treino, treino em seco e treino na água) e bioenergéticos (velocidade crítica e o IC) que mais influenciam e explicam o seu rendimento na prova de 50 m livres usando a técnica de crol. Procedeu-se então á construção de um modelo preditor que fosse capaz de explicar esta pretensão e a busca de um patamar de excelência para o treino e para a própria competição. Cento e seis jovens nadadores participaram de forma voluntária submetendo-se a um protocolo previamente estabelecido.



## **Capítulo. 2**

### **Sprint Performance Determinants in Young Swimmers**

António Sampaio<sup>1,2</sup>, Ana Silva<sup>1</sup>, João Ribeiro<sup>1</sup>, Ricardo J. Fernandes<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centre of Research, Education, Innovation and Intervention in Sport (CIFI2D),  
Faculty of Sport, University of Porto, Porto, Portugal

<sup>2</sup> Higher Education Institute of Maia, Maia, Portugal

## **Abstract**

The aim of this study was to characterize the sprint performance in young swimmers determinants by biomechanical and bioenergetical factors. The relationship between of the biomechanical parameters (stroke length and stroke frequency) and the bioenergetical parameters (critical velocity and stroke index) and sprint performance (velocity). 106 young swimmers (50 boys and 56 girls) participated in this study and their main anthropometric and training characteristics were:  $12.67 \pm 0.75$  and  $11.45 \pm 0.53$  yrs of age,  $1.57 \pm 0.08$  and  $1.52 \pm 0.07$  m of height,  $49.79 \pm 7.70$  and  $44.12 \pm 7.29$  kg of body mass, and  $5.46 \pm 0.50$  and  $5.51 \pm 0.50$  training units/wk, respectively for boys and girls. Each swimmer performed 200 and 800 m crawl tests at maximum intensity (an active rest >1h was respected between bouts); the times of the tests were registered by stopwatches. Critical Velocity (CV) was assessed as the slope of the regression line established between the two test distances and the respective time needed to cover them at maximum intensity. A maximal 25 m crawl at 50-m pace was performed, being used two underwater cameras to assess general biomechanical parameters through digitization enabling assessment of stroking parameters. It was observed that, swimming performance was influenced by both biomechanical and bioenergetical parameters. The faster swimmers on the 25 m crawl were, in general, those with higher velocity corresponding to the anaerobic threshold, given by the CV, as well as the most efficient ones.

**Keywords:** Swimming, age groups, front crawl, general biomechanical parameters, stroke index.

## Introduction

Swimmer's performance is determined by both biomechanical and energetical factors. This is accepted since long time, and is expressed in the following equation (di Prampero et al., 1974):  $v = \dot{E} \cdot (ep \cdot D^{-1})$ , in which swimming velocity ( $v$ ) is directly dependent of both the energy input from aerobic and anaerobic pathways ( $\dot{E}$ ) and of the swimming technique, expressed as the ratio established between propelling efficiency ( $ep$ ) and body drag ( $D$ ). Some research groups focused their attention on the relationships between biomechanical and energetical variables but mainly on elite swimmers, being this analysis in trained children and/or young swimmers very scarce. So, knowing that young swimmers' coaches also perform biomechanical and energetical assessments but the relationships between performance, biomechanical and energetical domains seem not to be fully understood (Barbosa et al., 2010), we purposed to analyse the relationship between sprint swimming performance and some well accepted biomechanical and energetical parameters (the theoretical model adopted is presented in Figure 1).

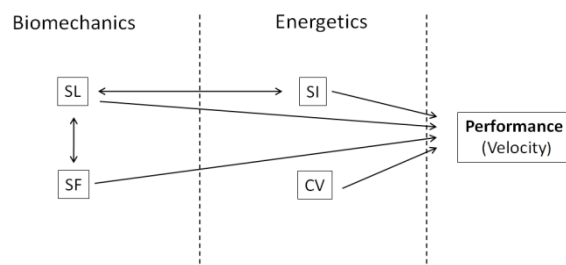


Figure 1. Diagram of the relationships between stroke length (SL), stroke frequency (SF), stroke index (SI), critical velocity (CV) and sprint swimming performance.

## Methods

### Participants

106 young swimmers (50 boys and 56 girls) participated in this study. Their main anthropometric and training characteristics were:  $12.67 \pm 0.75$  and

11.45±0.53 yrs of age, 1.57±0.08 and 1.52±0.07 m of height, 49.79±7.70 and 44.12±7.29 kg of body mass, and 5.46±0.50 and 5.51±0.50 training units/wk, respectively for boys and girls. The local Ethics Committee approved the procedures, which comply with the Helsinki Declaration of 1975.

#### Protocol

Briefly, after a 1000 m warm-up, each swimmer performed 200 and 800 m crawl tests at maximum intensity (an active rest >1h was respected between bouts); the times of the tests were registered by stopwatches (Seiko®). Critical Velocity (CV) was assessed as the slope of the regression line established between the two test distances and the respective time needed to cover them at maximum intensity (Fernandes et al., 1999). 24 h later, a maximal 25 m crawl at 50-m pace was performed, being used two underwater cameras (Sony® DCR-HC42E) to assess general biomechanical parameters through digitization (APAS, Ariel Dynamics Inc): velocity ( $v$ , through the ratio of the displacement of the hip in a stroke cycle to its total duration), stroke rate (SR, as the number of stroke cycles performed per min), stroke length (SL, assessed by the horizontal distance travelled by the hip during a stroke cycle) and stroke index (the product of  $v$  by SL). All tests were conducted in a 25 m indoor swimming pool, using in-water starts and flip turns.

#### Statistical Analysis

Data were checked for distribution normality using the Kolmogorov-Smirnov test. Pearson correlation coefficient was used to investigate the relationship between all variables (a significance level of 5% was accepted).

#### Results

Table 1 presents the mean ± SD values for all variables, as well as the correlation coefficients with swimming sprint performance (25 m crawl).

Table 1. Mean  $\pm$  SD, and correlation (p value) of sprint performance influencing variables (n=106).

	Mean	SD	R	P value
Velocity@25 crawl (m.s <sup>-1</sup> )	1.43	0.14	---	---
Critical velocity (m.s <sup>-1</sup> )	1.10	0.12	0.37	<0.001
Stroke rate (cycles.min <sup>-1</sup> )	50.9	6.21	0.23	0.020
Stroke length (m.cycle <sup>-1</sup> )	1.71	0.30	0.46	<0.001
Stroke Index (m <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> .cycle <sup>-1</sup> )	2.43	0.50	0.75	<0.001

All variables presented significant association with swimming sprint performance.

## Discussion

As expected (from similar studies conducted in older swimmers), swimming performance was influenced by both biomechanical and energetical parameters. Knowing that in young ages, age group swimmers are involved in a high percentage of aerobic training, it was not a surprise to observe that the faster swimmers on the 25 m crawl were, in general, those with higher velocity corresponding to the anaerobic threshold, given by the CV, as well as the most efficient ones (SI values, Costill et al., 1985). As  $v$  is given by the product of SL and SR, significant correlation with sprint swimming performance were also expected. However, the moderate  $r$  values may suggest the existence of two clusters of swimmers which adopt different SR/SL combinations to achieve the highest velocity: a group with predominance for SL and the other one for SR. This could be explained by different maturation and/or performance levels, requiring future studies in this topic.

## Conclusions

Swimming performance was influenced by both biomechanical and energetical parameters. Young ages, age group swimmers are involved in a high percentage of aerobic training, it was not a surprise to observe that the faster swimmers on the 25 m crawl were, in general, those with higher velocity

corresponding to the anaerobic threshold, given by the CV, as well as the most efficient ones . As  $v$  is given by the product of SL and SR, significant correlation with sprint swimming performance were also expected. The moderate  $r$  values may suggest the existence of two clusters of swimmers which adopt different SR/SL combinations to achieve the highest velocity: a group with predominance for SL and the other one for SR.

### **Capítulo. 3**

Factores determinantes do rendimento dos nadadores infantis aos 50 m livres

António Sampaio<sup>1,2</sup>, André Seabra<sup>1</sup>, Ricardo J. Fernandes<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Faculdade de Desporto, CIFI2D, Universidade do Porto

<sup>2</sup> Instituto Superior da Maia

## Resumo

Tendo em consideração a escassez de estudos no âmbito da caracterização multifactorial do rendimento desportivo de nadadores do escalão de infantis, o propósito do presente estudo prendeu-se com a caracterização biofísica do nadador de 11-13 anos de idade, verificando quais os parâmetros biomecânicos (frequência gestual, distância de ciclo e índice de coordenação), antropométricos (idade, peso, altura, envergadura, comprimento e largura de mão e pé), contextuais (anamnese de treino) e bioenergéticos (índice de ciclo e velocidade crítica) que mais influenciam e explicam o seu rendimento na prova de 50 m livres. Cento e seis nadadores do escalão infantil, 56 raparigas ( $11.40 \pm 0.6$  anos) e 50 rapazes ( $12.26 \pm 0.6$  anos), voluntariaram-se para participar no presente estudo, realizando 50 m crol à máxima intensidade. Através da análise das imagens de ciclos não inspiratórios captadas por duas câmaras subaquáticas (colocadas nos planos frontal e sagital) foram identificadas as fases de um ciclo dos membros superiores, sendo determinado os parâmetros biomecânicos. A  $V_{Crit}$  é determinada através da recta de regressão múltipla na avaliação das distâncias de 200 e 800m nadados à velocidade máxima. Através da regressão múltipla, pudemos observar para cada uma das categorias de avaliação, as variáveis que mais fortemente se relacionam com o rendimento desportivo dos nadadores nos 50m crol. A equação que permite explicar o rendimento dos nadadores nesta distância evidencia que o IC é o factor de maior influência explicando cerca de 57% de variabilidade, seguindo-se da FG (30%), DC (6%), anos de prática (1%) e envergadura (1%). Verificou-se também que os nadadores infantis quando nadam 50 m crol a velocidade elevada utilizam uma coordenação entre MS em catch-up, evidenciando uma descontinuidade significativa entre fases propulsivas dos MS.

Palavras – chave: natação, jovens, controlo do treino, protocolo de avaliação

## **Abstract**

Studies in the extent of characterization multifactorial of young swimmers performance are scarce.

The purpose of the present study was to assess the 11-13 years old swimmers biophysical characterization verifying the parameters biomechanical (stroke length, stroke frequency and Index of Coordination), anthropometrical (age, weight, height, arm span and length and width of hand and foot), contextual (training anamnesis) and bioenergetical (Stroke Index and Critical velocity) that more influences and explain the performance on 50m front crawl tests. Hundred and six young swimmers 56 girls ( $11.40 \pm 0.6$  years) and 50 boys ( $12.26 \pm 0.6$  years), volunteered to participate in the present study, accomplishing 50 m crawl to the maximum intensity. Through the analysis of the images of cycles non-inspiratory cycles captured by two underwater cameras (put in the front plans and sagittal) recorded two complete underwater arm stroke cycles, being certain the biomechanical parameters. The Critical velocity is determined by the multiple regression line in assessing the distances of 200 and 800m at maximum speed. Through multiple regressions methods, it were identified for each assessment category, the variables that more strongly link with the swimmers performance in the 50m crol. The equation that allows to explain the swimmers performance in this distance evidences that IC is the factor of larger influence explaining about 57% of variability, being followed of FG (30%), DC (6%), years of practice (1%) and span (1%). It was also verified that the young swimmers when they swim 50 m crol the high speed adopted a catch-up inter-arm coordination, evidencing a significant discontinuity among propulsive phases of MS.

Key words: Swimming, age group, control of training, evaluation protocol

## Introdução

O principal objectivo em Natação Pura Desportiva (NPD) é percorrer uma distância de nado tão rápido quanto possível. Nesse sentido, torna-se pertinente para toda a comunidade técnico-científica identificar quais as variáveis que influem no rendimento desportivo dos nadadores. Sendo uma modalidade cíclica, continua, fechada e mista (Vilas-Boas, 1993), onde a propulsão é gerada para superar as forças de resistência hidrodinâmica (Seifert et al., 2010), os aspectos biomecânicos e bioenergéticos têm uma importância elevada. De facto, quer os factores bioenergéticos, quer os biomecânicos, são parte fundamental do complexo grupo de parâmetros influenciadores do rendimento em NPD (cf. Fernandes et al., 2006), o que pode ser comprovado na equação geral da performance em NPD (di Prampero et al., 1974):

$$v = E * (e^D - 1) \quad (1)$$

Na equação 1, a velocidade de nado ( $v$ ), indicador por excelência do rendimento do nadador, é determinada por dois factores: (i) “E”, input energético total, decorrente dos metabolismos aeróbio e anaeróbio e (ii) pela razão estabelecida entre “e”, eficiência mecânica propulsiva total, e “D”, força de arrasto hidrodinâmico oposta ao deslocamento do nadador, razão esta que reflecte a habilidade técnica do nadador (Fernandes e Vilas-Boas, 2006).

Neste sentido, a avaliação e controlo do treino, no Desporto em geral e na NPD em particular, têm uma importância fundamental para a obtenção de resultados de excelência, permitindo uma maior objectivação do processo de treino. Por avaliação e controlo do treino entende-se 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 (Vilas-Boas, 1989).

Os parâmetros biomecânicos comumente avaliados em NPD são a frequência gestual (FG) e a distância de ciclo (DC) (Alberty et al., 2008; Seifert et al., 2005). O Índice de Ciclo (IC) é também frequentemente avaliado; sendo assumido como indicador da eficiência em NPD, e calculado através do

produto entre a v e a DC (Costill et al., 1985). Intimamente relacionados com estes parâmetros biomecânicos gerais estão as características antropométricas, particularmente a altura, envergadura, o comprimento dos membros superiores (MS) e membros inferiores (MI) e as dimensões da mão e do pé. Uma das metodologias de avaliação biomecânica de maior implementação na última década é o Índice de Coordenação (IdC), o qual procura quantificar a coordenação entre MS através do intervalo de tempo entre a ocorrência das fases propulsivas entre MS (Chollet et al., 2000). Seifert et al. (2007) referem que algumas características antropométricas dos nadadores (e.g. a altura e o comprimento dos MI) têm forte influência no IdC. Complementarmente, um dos parâmetros bioenergéticos mais estudados em NPD, e de maior aplicabilidade no processo de treino é o limiar anaeróbio. De facto, através da avaliação do limiar anaeróbio consegue-se determinar o nível de desenvolvimento da capacidade de resistência aeróbia dos desportistas; Olbrecht (2000) salienta que esta é uma área bioenergética de especial relevância no processo de treino em NPD. Para determinar o limiar anaeróbio em nadadores podem utilizar-se várias metodologias: (i) os testes 30 e 60 min (Olbrecht et al., 1985) e 2000m (Touretski, 1993), mas embora sejam não invasivos e simples de implementar, tornam-se bastante monótonos e pouco motivadores, podendo levar a resultados pouco fiáveis; além disso, a media das velocidades resultantes dificilmente serão uniformes, reflectindo diferentes níveis de intensidade (Smith et al., 2002); (ii) outra das metodologias temos os dois testes de duas velocidades, baseado em 2 X 200 m e 2 X 400 m (Mader et al., 1978), sendo muito conhecidos e bastante usados pelos treinadores e investigadores, mas sendo invasivos; por outro lado, usa um valor médio ( $4 \text{ mmol.l}^{-1}$  of [La]) para determinar o limiar anaeróbio, não levando em conta a variabilidade inter-individual amplamente descrito na literatura (Kelly et al., 1992; Svedahl & Macintosh, 2003; Fernandes et al., 2010; Fernandes et al., 2011); (iii) o teste da VCrit (Wakayoshi et al., 1992), composto por, pelo menos, duas distâncias de nado à máxima intensidade (ou dois momentos competitivos), é considerado como sendo um teste mais simples, mais motivante e com resultados individualizados; porém, não deve ser suprimida

uma distância longa (~15min de duração), uma vez que pode levar a uma subestimação dos resultados finais (Wright & Smith, 1994). A velocidade crítica (VCrit), uma das formas de avaliação não invasiva da capacidade aeróbia dos nadadores e baseia-se na determinação da velocidade máxima de nado individual susceptível de ser mantida por um longo período de tempo sem exaustão (Wakayoshi et al., 1992a).

Embora os aspectos biomecânicos e bioenergéticos sejam, cada vez mais, alvo de avaliação regular, o estudo da sua inter-relação e respectiva influencia no rendimento desportivo não são totalmente compreendidos pelos treinadores (Silva et al., 2007). No entanto, sabe-se que os parâmetros biomecânicos e os parâmetros bioenergéticos são os que mais influenciam o rendimento dos nadadores e que, inclusivamente, os parâmetros biomecânicos são influenciados por alterações fisiológicas (Barbosa et al., 2008). Assim, a investigação em NPD deverá, no futuro, cada vez mais centrar-se numa análise biofísica (Pendergast e Zamparo, 2011), i.e., tentando relacionar aproximações bioenergéticas e biomecânicas a fenómenos relacionados com a NPD. Esta preocupação tem vindo a ser evidenciada, por exemplo, pelo número de artigos científicos publicados nos livros de actas do Biomechanics and Medicine in Swimming books (uma série de simpósios internacionais organizados de 4 e 4 anos entre 1970 e 2010), assim como na PubMed<sup>TM</sup> (Vilas-Boas et al., 2010).

No entanto, a investigação em NPD tem-se centrado fundamentalmente nos nadadores de elite, sendo poucos os estudos em jovens nadadores (Barbosa et al., 2005 e Barbosa et al., 2010). Sabendo-se que nadadores infantis (11 a 13 anos de idade) estão em processo de formação desportiva, a qual é a base para a futura especialização e conseqüente etapa de treino de alto rendimento, será muito importante que a investigação seja alargada aos grupos de idades (Rama e Alves, 2007). De facto, a aplicação de programas de avaliação e controlo do treino incluído na etapa de preparação de base permitirá acompanhar com maior rigor a etapa fundamental de desenvolvimento coordenativo e, eventualmente, prognosticar o desempenho desportivo futuro. Confirmando esta importância, Garrido et al., (2010) realça a importância da avaliação e avaliação e controlo do treino em nadadores do escalão infantil,

destacando os testes de força, de forma a melhorar o rendimento desportivo em provas de curta distância. Assim sendo, sabendo-se que jovens nadadores são envolvidos desde cedo no treino da NPD, mas que não são adultos em ponto pequeno (Armstrong e Welsman, 2002), a caracterização das suas especificidades antropométricas, fisiológicas e biomecânicas (técnicas) torna-se importante para uma melhor evolução das suas carreiras desportivas.

O propósito do presente estudo foi caracterizar biofisiologicamente o nadador de 11-13 anos de idade, verificando quais os parâmetros biomecânicos (FG, DC e IdC), antropométricos (altura, envergadura, peso, largura da mão, largura do pé, comprimento da mão e comprimento do pé), contextuais (anos de prática federada, unidades de treino, treino em seco e treino na água) e bioenergéticos (velocidade crítica e o IC) que mais influenciam e explicam o seu rendimento na prova de 50 m livres.

## **Métodos**

Cento e seis nadadores do escalão infantil, de idades compreendidas entre os 11 e 13 anos, voluntariaram-se para participar no presente estudo. Estas crianças estão integradas em 5 equipas de natação da Associação de Natação do Norte de Portugal, praticando a vertente federada. Para determinação dos parâmetros contextuais, foi recolhida a seguinte informação relativa à anamnese do treino: anos de prática federada desde o início regular de competições oficiais, número de unidades de treino por semana, número de horas de treino fora de água por semana e número de horas de treino dentro de água por semana.

No que concerne aos factores antropométricos, o instrumentarium utilizado consistiu numa maleta de antropometria contendo um antropómetro de *Martin*, e uma fita métrica *Fisco Uniplas* graduada (mm). Foram ainda utilizados uma balança portátil *SECA* com aproximação dos valores até aos 500 g e um dinamómetro *TAKEI*. Os protocolos utilizados nesta avaliação, peso (kg), altura (m), envergadura (cm), comprimento da mão (cm), largura da mão (cm), comprimento do pé (cm), largura do pé (cm), foram os propostos por Sobral e

Silva (2001), estando de acordo com os procedimentos internacionais de medição antropométrica.

Posteriormente, numa piscina de 25 m coberta e aquecida, cada nadador realizou 50 m crol à velocidade máxima na técnica de crol. Para a determinação dos parâmetros biomecânicos foram recolhidas imagens através de duas câmaras de vídeo (Sony DCR-HC42E®) colocadas em imersão, uma no plano sagital e outra no plano frontal. Para permitir a transformação das coordenadas virtuais em coordenadas reais, foi colocada uma estrutura de calibração bidimensional com dimensões de 2.10 m de largura e 3 m de altura. Através do software APASystem procedeu-se à digitalização frame a frame de dois ciclos não inspiratórios consecutivos, sendo digitalizados treze pontos: anca, extremidade distal dos dedos médios, pulsos, cotovelos, ombros, joelhos e tornozelos. A DC foi determinada através da distância horizontal percorrida pela anca durante um ciclo de MS e a FG corresponde ao número de ciclos de MS efectuados por min. O cálculo da performance correspondendo à velocidade ( $v$ ) foi efectuado através da razão entre o deslocamento da anca num ciclo de MS e a sua duração total. IdC, proposto por (Chollet et al., 2000), é um instrumento de avaliação da técnica, baseando-se na determinação do tempo compreendido entre fases propulsivas e não propulsivas dos MS: (i) entrada e agarre, correspondendo ao tempo desde a entrada da mão entra na água até que começa a efectuar o movimento ântero-posterior; (ii) tracção, desde o final da acção anterior até atingir o alinhamento vertical do ombro, sendo a primeira fase propulsiva; (iii) empurre, desde o final da acção anterior até à saída da mão da água, sendo a segunda fase propulsiva; (iv) recuperação, abrangendo o tempo desde que a mão emerge até que volta a entrar na água. O somatório das fases tracção e empurre e das fases entrada e agarre e recuperação correspondem à duração das fases propulsivas e não propulsivas respectivamente. A duração de um ciclo completo de braçada, corresponde à soma das fases propulsivas e não propulsivas. O IdC foi expresso em percentagem do tempo total do ciclo de MS. Complementarmente, em colaboração com o grupo de Chollet, procuramos

determinar o IdC por digitalização pois consideramos esta metodologia mais precisa comparativamente à habitual determinação por inspecção visual.

Relativamente à avaliação dos parâmetros bioenergéticos, utilizou-se a V<sub>Crit</sub> como indicador privilegiado do limiar anaeróbio, e o IC. A V<sub>Crit</sub> foi determinada através das distâncias de 200 e 800 m crol com partida de blocos para simular de forma mais expressiva a competição. Foi solicitado aos nadadores que nadassem as distâncias supracitadas à máxima velocidade. A V<sub>Crit</sub> foi calculada através da recta de regressão entre as distâncias de 200 e 800 m crol e os respectivos tempos (Fernandes e Vilas-Boas, 1999). Segundo Wakayoshi et al (1992a) a equação da recta é do tipo:

$$y = a * x + b \quad (2)$$

Em que y é o valor da ordenada (eixo dos yy), no caso o valor da d de prova; a é o valor do declive da recta; x é o valor da abcissa (eixo dos xx), no caso o valor de t de prova; e b é o valor da ordenada na origem. O valor da V<sub>Crit</sub> é o declive da recta de regressão “a”, sendo dado pela razão da variação entre 2 pontos (mínimo para definir uma recta) dos valores das respectivas coordenadas (x, y). O IC calculou-se através do produto entre a v e DC (Costill et al., 1985).

O tratamento estatístico realizado baseou-se na análise exploratória dos dados, assim como no cálculo das médias e respectivos desvios-padrão para todas as variáveis em estudo. A estatística descritiva, nomeadamente medidas de tendência central e de dispersão, foi utilizada para conhecer aspectos gerais das diferentes distribuições de valores. A regressão múltipla foi aplicada para estudar a influência que alguns factores (variáveis preditoras) poderiam ter no rendimento desportivo (velocidade de nado) dos nadadores; a solução utilizada na inclusão das variáveis no modelo de regressão múltipla foi a stepwise (software SPSS Statistics versão 18.0). O nível de significância estatística foi mantido em 5% (P < 0.05).

## Resultados

Os nadadores apresentaram valores de v aos 50 m livres, usando a técnica de crol, superiores às nadadoras ( $1.50 \pm 0.1$  e  $1.37 \pm 0.1 \text{ m/s}^{-1}$ , respectivamente). Na Tabela 1 estão descritos os valores das variáveis que, na literatura da especialidade, habitualmente estão associadas ao rendimento desportivo dos jovens nadadores.

Tabela 1. Valores médios e respectivos desvios padrão das variáveis contextuais, antropométricas, bioenergéticas e biomecânicas, estudadas nos respectivos géneros.

Variáveis explicativas	Raparigas (n=56)	Rapazes (n=50)
Idade (anos)	11.40 $\pm$ 0.6	12.26 $\pm$ 0.6
Anos de prática (anos)	3.50 $\pm$ 1.2	3.70 $\pm$ 0.9
Unidades de treino (nº/semana) *	5.82 $\pm$ 0.4	5.50 $\pm$ 0.5
Treino em seco (h/semana)	1.60 $\pm$ 0.6	1.60 $\pm$ 0.6
Treino na água (h/semana) *	8.50 $\pm$ 0.7	7.90 $\pm$ 0.7
Peso (kg) *	44.04 $\pm$ 7.1	49.35 $\pm$ 7.3
Altura (cm) *	152.04 $\pm$ 6.8	157.48 $\pm$ 8.2
Envergadura (cm) *	152.89 $\pm$ 7.9	159.98 $\pm$ 8.9
Comprimento da mão (cm) *	16.67 $\pm$ 0.7	17.38 $\pm$ 1.0
Largura da mão (cm) *	8.11 $\pm$ 0.6	8.71 $\pm$ 0.7
Comprimento do pé (cm) *	22.42 $\pm$ 1.3	24.46 $\pm$ 1.3
Largura do pé (cm) *	8.07 $\pm$ 0.5	8.97 $\pm$ 0.5
Distância de ciclo (m/ciclo)	1.71 $\pm$ 0.2	1.73 $\pm$ 0.2
Frequência gestual (ciclo/min) *	48.75 $\pm$ 6.2	52.57 $\pm$ 5.6
Índice de coordenação (%)	-9.03 $\pm$ 4.1	-8.3 $\pm$ 3.9
Entrada e agarre (%)	35.71 $\pm$ 5.7	34.15 $\pm$ 4.7
Tracção (%)	16.47 $\pm$ 3.0	15.79 $\pm$ 2.6
Empurre (%)	24.75 $\pm$ 3.1	25.08 $\pm$ 3.5
Recuperação (%) *	23.06 $\pm$ 3.7	24.96 $\pm$ 3.0
Fases propulsivas (%)	41.22 $\pm$ 4.2	40.87 $\pm$ 4.3
Fases não propulsivas (%)	58.76 $\pm$ 4.2	59.12 $\pm$ 4.2
Velocidade crítica (m/s)	1.08 $\pm$ 0.1	1.12 $\pm$ 0.12
Índice de ciclo ( $\text{m}^2/\text{s}^{-1}/\text{ciclo}^{-1}$ ) *	2.36 $\pm$ 0.4	2.60 $\pm$ 0.50

\* Significativamente diferente entre géneros

No que se refere aos parâmetros contextuais e antropométricos, os rapazes tem alguns valores menores comparativamente às raparigas: unidades de

treino e tempo despendido no treino dentro de água. No entanto, os nadadores são mais pesados, altos, e tem uma maior envergadura, comprimento da mão e do pé, bem como largura da mão e do pé. Relativamente aos parâmetros biomecânicos, observou-se que os valores da FG são mais elevados nos rapazes, enquanto a DC apresentou valores semelhantes entre géneros. Relativamente à coordenação entre MS, não se observaram diferenças significativas nos valores de IdC entre subgrupos sexuais, embora as nadadoras apresentem tendência para maior duração das fases de entrada e agarre, e tracção (e no somatório das fases propulsivas), enquanto os nadadores demonstram precisamente o contrário (maior expressão das fases empurre e recuperação, e fases não propulsivas). No que concerne às variáveis bioenergéticas, observam-se maiores valores de IC nos rapazes comparativamente às raparigas, enquanto que para a V<sub>Crit</sub> apresenta resultados sem diferenças significativas (embora com tendência para valores superiores para o grupo dos rapazes).

Na Tabela 2 é possível observar-se que a maioria das variáveis (à excepção das unidades de treino, treino em seco, IdC, entrada e agarre, tracção, empurre e recuperação) se associam significativamente com a variável dependente velocidade. Na Tabela 3 é possível observar-se as variáveis estatisticamente consideradas relevantes para a regressar linear múltipla para a predição da v aos 50 m livres. Pela análise da Tabela 3 verifica-se que os parâmetros IC, FG, DC, anos de prática e a envergadura são os mais significativos da velocidade dos nadadores nos 50 m crol. Com base nos coeficientes de regressão salienta-se que a velocidade aumenta com o IC ( $b=0.10$ ), com a FG ( $b=0.02$ ), com a DC ( $b=0.47$ ), com os anos de prática ( $b=0.01$ ) e com a envergadura ( $b=0.001$ ). O IC é o determinante que explica em maior percentagem a variabilidade dos valores da velocidade ( $R^2=57\%$ ). Os determinantes incluídos no modelo explicam aproximadamente 95% da variação total dos valores da velocidade dos nadadores.

Tabela 2. Associação entre variáveis contextuais, antropométricas, bioenergéticas, biomecânicas e a velocidade aos 50 m crol.

<b>Variáveis explicativas</b>	<b>Coefficientes brutos b (IC<sub>95%</sub>)</b>
Idade	0.10 [0.07 a 0.13]*
Anos de prática	0.04 [0.02 a 0.07]*
Unidades de treino	-0.04 [-0.096 a 0.02]
Treino em Seco	-0.03 [-0.073 a 0.014]
Treino de água	-0.038 [-0.074 a -0.002]*
Peso	0.007 [0.003 a 0.010]*
Altura	0.008 [0.005 a 0.011]*
Envergadura	0.008 [0.006 a 0.011]*
Comprimento da Mão	0.06 [0.033 a 0.085]*
Largura da Mão	0.077 [0.043 a 0.110]*
Comprimento do Pé	0.034 [0.02 a 0.05]*
Largura do Pé	0.086 [0.05 a 0.121]*
Distância de Ciclo	0.261 [0.16 a 0.36]*
Frequência Gestual	0.005 [0.001 a 0.01]*
Índice de Coordenação	-0.006 [-0.013 a 0.001]
Entrada e Agarre	0.002 [-0.004 a 0.007]
Tracção	-0.008 [-0.02 a 0.001]
Empurre	-0.005 [-0.013 a 0.004]
Recuperação	0.006 [-0.002 a 0.014]
Fases Propulsivas	-0.006 [-0.013 a 0.000]*
Fases não Propulsivas	0.007 [0.000 a 0.013]*
Velocidade crítica	0.425 [0.217 a 0.634]*
Índice de Ciclo	0.214 [0.178 a 0.250]*

Tabela 3. Principais determinantes da velocidade dos 50 m livres nos nadadores infantis – resultados do modelo de regressão múltipla.

<b>Variável dependente</b>	<b>Variáveis independentes</b>	<b>Coefficiente ajustado</b>		
		<b>b (IC<sub>95%</sub>)</b>	<b>p</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>
Velocidade (m/s)	Constant	-0.99 [-1.21 a -0.77]	<0.001	
	Índice de Ciclo	0.10 [0.06 a 0.14]	<0.001	0.57
	Frequência Gestual	0.02 [0.02 a 0.25]	<0.001	0.87
	Distância de Ciclo	0.47 [0.36 a 0.58]	<0.001	0.93
	Anos de Prática	0.01 [0.003 a 0.016]	0.003	0.94
	Envergadura	0.001 [0.000 a 0.002]	0.016	0.95

Deste modelo final emergem as seguintes equações (3, 4 e 5) de previsão da velocidade nos 50 m crol no escalão infantil, respectivamente para a amostra total, grupo masculino e grupo feminino:

$$\text{Performance (v- 50m, Total)} = -0.09 + 0.10*(IC) + 0.02*(FG) + 0.47*(DC) + 0.01*(Anos de Prática) + 0.001*(Envergadura) \quad (3)$$

$$\text{Performance (v- 50m, grupo masculino)} = 1.50 + 0.547 (IC) - 0.825 (DC) \quad (4)$$

$$\text{Performance (v- 50m, grupo feminino)} = -1.50 + 0.073 (IC) + 0.026 (FG) + 0.581 (DC) + 0.023 (Idade) + 0.021 (largura mão) \quad (5)$$

## **Discussão**

A justificação da realização deste estudo reside na necessidade de: (i) os programas de treino para crianças deverem ser específicos para a respectiva faixa etária tendo em conta os diferentes factores associados ao crescimento (Wilmore e Costill, 2001) e (ii) uma maior precocidade na implementação dos projectos em que a avaliação e controlo do treino pudessem corrigir a orientação dos processos de preparação de jovens nadadores e, desta forma, estancar o abandono em idades precoces (Rama et al., 2007).

No que se refere aos parâmetros contextuais, Jürimãe et al. (2007), num estudo realizado com nadadores de idade semelhante à da presente amostra, encontrou valores de anos de prática e número de horas despendidas no treino de água idênticos aos descritos no presente estudo; a análise de parâmetros como as unidades de treino e o número de horas utilizadas no treino em seco permitem uma melhor compreensão do contexto do treino. No entanto, Vilas-Boas (1998) sugere um Plano de Carreira do nadador no qual apresenta valores mais altos no que concerne ao treino em seco (6 h por semana) e ao número de horas despendidas no treino de água (chegando às 14 horas por semana). Também Alves (1997) propõe valores superiores ao do presente estudo, nomeadamente 6 a 7 unidades de treino semanais 10 a 14 h de treino de água por semana.

Relativamente aos aspectos antropométricos, vários autores salientam que a forma e as funções corporais dos nadadores estão intimamente relacionadas entre si, desempenhando um papel importante na conquista de um desempenho desportivo de alto nível (Habbelinck et al., 1975; Persyn et al., 1984; Fernandes et al., 2006). Jürimãe et al. (2007), numa amostra de nadadores com 14 anos de idade, apresenta valores ligeiramente superiores relativamente à altura e envergadura, em relação ao peso valores semelhantes. Já Garrido et al. (2010), numa amostra de nadadores de 12 anos de idade, evidenciaram valores inferiores em relação ao peso e altura comparativamente com a nossa amostra. Segundo Sobral e Silva (2001), a envergadura e altura são duas medidas fortemente correlacionadas. Os rapazes ao serem mais altos terão uma maior envergadura e conseqüentemente um comprimento e largura de mão e pé, superiores ao das raparigas, existindo desta forma diferenças significativas entre géneros. Quanto ao comprimento e largura da mão e do pé, Pelayo et al. (1997) e Fernandes (1999) obtiveram valores superiores para nadadores em relação às nadadoras, embora estes estudos tenham sido realizados em nadadores com escalão etário e nível competitivo superior à amostra deste estudo.

É unanimemente reconhecido que a técnica em NPD tem grande importância para a eficiência de nado (Costill et al., 1985). Os nadadores de elite adoptam combinações diferentes de FG/DC quando comparados com nadadores e nível menos elevado. Não obstante a existência de diferenças significativas na altura e envergadura entre géneros, os valores de DC foram idênticos entre nadadores e nadadoras. Pelayo et al. (1996), num estudo realizado com nadadores de elite, encontrou diferenças significativas entre géneros no que diz respeito à DC, entendendo que poderia estar relacionado com as superiores dimensões corporais e força propulsiva do grupo masculino. Tal facto parece indicar que o grupo feminino tem um melhor rendimento da amplitude, utilizando-o na acção dos MS. Não entanto, estudos conduzidos em nadadores adultos de nível desportivo nacional e internacional concluíram que estes demonstram valores de DC significativamente superiores comparativamente às nadadoras (Fernandes et al., 2006; Seifert et al., 2007). A magnitude dos

valores de DC pode estar relacionado com as forças propulsivas que ambos os géneros exercem quando nadam. No entanto, os valores de DC e FG são mais altos quando comparados com o estudo de Fernandes et al. (2010), em nadadores jovens na prova de 200 m livres na técnica de crol, corroborando com o valor da DC no estudo similar de Barbosa et al. (2010). Vários estudos têm mostrado que a eficiência durante esforços contínuos dependem da FG em vários desportos cíclicos, tal como a NPD (Swaine et al., 1983; Weiss et al., 1988; Pelayo et al., 1996; Pelayo et al., 1998). Seifert et al., (2005) consideram que para melhor caracterizar a técnica de nado é frequente utilizarem-se a FG, a DC, o IC e a razão entre FG e a DC, pois a sua interacção determina a velocidade de nado. Neste sentido, as relações directas entre a v, a FG e a DC parecem demonstrar que os nadadores são mais rápidos porque demonstram maiores frequências das acções motoras dos MS, mas também porque mantêm maiores amplitudes de ciclo. A relação inversa entre a FG e a DC reportada no nosso estudo está de acordo com a literatura (Seifert et al., 2010), demonstrando que para se atingir uma determinada velocidade existem diversas combinações destes parâmetros biomecânicos (nomeadamente quando a FG aumenta a DC diminui e vice-versa), não podendo os mesmos aumentar em simultâneo (Seifert et al., 2006). Termin et al., (2000) consideram a FG e DC como sendo os factores biomecânicos mais influenciadores da velocidade, o que corrobora os dados do presente estudo, comprovando o seu grau de importância no modelo preditor da velocidade.

Os valores de IdC obtidos demonstram que os nadadores infantis testados privilegiam a sua coordenação entre MS na técnica de crol em *catch-up*. Estes resultados não corroboram a literatura para nadadores de idades e níveis desportivos superiores quando efectuem esforços à mesma intensidade relativa, já que os mesmos atingem modos coordenativos de oposição e até de sobreposição (Chollet et al., 2000; Seifert et al., 2004). Tal poder-se-á dever ao facto dos nadadores do presente estudo apresentarem uma maior duração relativa na fase de entrada e agarre, e uma menor duração na tracção relativamente ao descrito na literatura. Desta forma as nossas considerações sobre a coordenação motora em adultos não poderá ser directamente aplicado

em jovens nadadores, parecendo-nos evidente que a fase de crescimento e o processo de maturação neste escalão etário, interfere decisivamente na coordenação dos MS na técnica de crol.

Relativamente aos parâmetros bioenergéticos, os resultados do IC demonstram a importância deste factor na explicação da equação da performance considerada ( $r^2=0.57$ ). A este propósito, num estudo conduzido com jovens nadadores, Jürimãe et al. (2007) que considera o IC como o maior indicador de performance em NPD, observou valores mais baixos tal como Fernandes et al. (2010), no entanto de realçar que se tratavam de testes em provas de 400 e 200m livres na técnica de crol, respectivamente, já Barbosa et al. (2010) constatou valores ligeiramente superiores. Costill et al. (1985) considera este factor como um espelho da economia de nado, descrevendo esta como uma habilidade de se deslocar a uma determinada velocidade com o menor número de ciclos de MS. Os mesmos autores acrescentam ainda que este parâmetro, ao ser considerado como um indicador importante de economia de nado nos nadadores de elite, também poderá ser aplicado em crianças nos diferentes estados de maturação. Relativamente à V<sub>Crit</sub>, indicador privilegiado do limiar anaeróbio e uma das formas de avaliação não invasiva da capacidade aeróbia dos nadadores (Wakayoshi et al. 1992a), constatou-se que os resultados no presente estudo corroboram com os observados por Barbosa et al. (2010). A V<sub>Crit</sub> do grupo masculino é maior que a obtida pelo grupo feminino, o que vem de encontro ao esperado pois os nadadores apresentam níveis de resistência aeróbia superiores às raparigas deste escalão, semelhantes aos obtidos em estudos conduzidos em nadadores do escalão juvenil (Hill et al., 1995; Lmares, 1998; Fernandes et al., 1999; 2000; 2006a; Dekerle et al., 2002; Filipatou et al., 2006; Greco et al., 2006).

No que concerne ao modelo preditivo elaborado, este explica aproximadamente 95% da variação total dos valores da velocidade dos nadadores da presente amostra. Observando os seus determinantes, pode-se verificar que estes se encontram na literatura da especialidade como sendo os que melhor explicam a performance da velocidade neste escalões etários. No nosso estudo o IC é referido como a variável com maior impacto nas três

equações elaboradas corroborando desta forma o constatado por Jürimãe et al. (2007), o qual realça o peso da variável na explicação do rendimento desportivo. A FG observa-se apenas na equação total da amostra e no grupo feminino, surgindo em ambas como a segunda variável explicativa, relativamente a DC volta a integrar as três equações preditivas, com a particularidade de apontar na equação do grupo masculino uma tendência negativa realçando assim a relação inversa com a velocidade. Como foi descrito anteriormente, parece ser evidente a importância destas variáveis nas equações preditoras, não só pela relação directa e inversa com a velocidade (Seifert et al., 2010), mas pelo facto destes parâmetros biomecânicos caracterizarem de forma privilegiada a técnica de nado (Sanders, 1999)

Parece também ser evidente a inclusão dos anos de prática e da envergadura no modelo preditivo. Os resultados apresentados no modelo de variação dos valores da velocidade podem, em termos percentuais, serem considerados baixos, mas, sabe-se através da literatura que eles representam de forma determinante uma grande influência no rendimento desportivo. Neste contexto são necessários aproximadamente 12 anos de permanência na modalidade para atingir o grau de excelência (Rama et al., 2007), e como tal nestes escalões etários os anos de prática são de grande importância para atingir um grau técnico que permita aumentar o rendimento desportivo. Relativamente à envergadura, foi considerada por ser influenciadora da coordenação dos MS (Seifert et al., 2007), visto estar associada a uma maior DC. A inclusão da idade e da largura da mão na equação preditora do grupo feminino, deve-se ao facto das variáveis demonstrarem diferenças significativas, ainda que tenham um valor baixo explicativo, em termos percentuais.

Com a realização deste estudo espera-se que, neste escalão etário, o trabalho técnico seja privilegiado, incluindo o treino coordenativo, promovendo desta forma uma maior continuidade das acções propulsivas e, conseqüentemente, uma técnica mais eficiente para velocidades de nado elevadas. Com este modelo preditor pretende-se igualmente incentivar a comunidade técnica relacionada com a NPD para a proeminência da avaliação e controlo de treino como meio de busca incessante da qualidade do treino, tendo em atenção os

aspectos anteriormente abordados, e da excelência do rendimento desportivo dos jovens nadadores.

### **Conclusões**

Os dados obtidos no presente estudo parecem permitir concluir que os parâmetros biomecânicos são os que mais influenciam a performance dos nadadores infantis aos 50 m crol, sendo o IC o factor de maior influência (explicando cerca de 57% de variabilidade). Os nadadores infantis quando nadam crol a velocidade elevada utilizam uma coordenação entre MS em catch-up (aproximando-se do modo coordenativo em oposição). Sugere-se que neste escalão etário, o treino para aprimorar aspectos técnicos, particularmente da coordenação entre MS, deva ser realizado a intensidades de nado elevadas, promovendo assim desta forma adaptações coordenativas equiparadas às velocidades reais de competição.

## Capítulo. 4

### Discussão Geral

O processo de treino tem como fundamento melhorar e desenvolver o nível de rendimento dos desportistas. Nesse sentido, o treinador deve examinar em diferentes alturas da época desportiva se as medidas de treino realizadas produzem os efeitos desejados. Em todas as modalidades desportivas é reconhecida a importância da avaliação e controlo de treino devido às informações que são recolhidas e fornecidas aos treinadores, essenciais na planificação do treino desportivo e na direcção correcta do mesmo (Villanueva, 1994). Para além disso, o controlo de treino permite apreciar e avaliar as modificações de carácter intelectual, funcional e afectivo do praticante ou da equipa (Castelo et al., 1996). Grosser et al. (1989) destaca a importância do controlo de treino, por analisar de forma exacta o rendimento desportivo através de testes no próprio processo de treino ou através das competições (percepção do objectivo final), fornecendo feedback importantes para praticantes e treinador. De facto, a própria avaliação e controlo de treino têm vindo a ser utilizados para fins de detecção de jovens talentos, procurando discriminar dentro da massa de praticantes aqueles que apresentam qualidades distintas que lhe permitirão aceder ao nível de excelência na modalidade (Bompa, 1985).

Esta busca incessante pela qualidade do treino, objectivando a melhoria do rendimento desportivo dos atletas deve, no entanto, levar os treinadores a terem em consideração o seguimento e desenvolvimento de um plano de carreira dos seus atletas. Cair no erro de resultados fáceis em idades muito jovens pode conduzir a um abandono precoce na modalidade. Corroborando esta perspectiva, Rama et al. (2007) referem que para se atingirem resultados de excelência em NPD serão necessários pelo menos 12 anos de permanência na modalidade, ocorrendo etapas fundamentais do desenvolvimento que não podem ser ignoradas. Neste sentido, Alves (1987) salienta que um programa de treino destinado a jovens nadadores deve preparar para o máximo rendimento a longo prazo, sem limitar o progresso em cada etapa. Na NPD, de

acordo com Rama et al. (2007), a avaliação das potencialidades dos nadadores jovens será de valor inestimável, se as características por estes reveladas em etapas iniciais da sua carreira permitirem antever uma evolução em que estas se venham a aproximar das dos nadadores de elite. Assim sendo, a avaliação e controlo de treino pressupõe a criação de testes que traduzam e forneçam informações concretas e objectivas sobre o estado de preparação desportiva dos nadadores (Fernandes et al., 2003).

Face ao exposto, para a elaboração da presente Tese, considerou-se importante recorrer a dois protocolos de avaliação descritos na literatura, que se caracterizam como sendo válidos e fiáveis no domínio das avaliações propostas. No protocolo de Vilas-Boas et al. (1997a), especialmente concebido para a avaliação da selecção regional pré-júnior da Associação de Natação do Norte de Portugal, são propostas avaliações nos seguintes domínios: (i) avaliação cineantropométrica, envolvendo variáveis de composição corporal, morfotipo, dimensões lineares, dimensões compostas e proporcionalidade; (ii) avaliação psicológica, envolvendo variáveis do foro motivacional; (iii) avaliação fisiológica e bioquímica, envolvendo critérios de avaliação da resistência, nomeadamente curva lactatemia/velocidade, limiar anaeróbio, teste de 30 min de nado contínuo (T30) e velocidade crítica e (iv) avaliação técnica, recorrendo a critérios subjectivos a partir de imagens subaquáticas e reportando-se aos principais erros técnicos registados em cada técnica de nado. Por sua vez, o protocolo estruturado por Rama et al. (2004), aplicado nos estágios de avaliação das selecções nacionais Juvenis da Federação Portuguesa de Natação, assenta nos seguintes domínios de avaliação: (i) avaliação morfológica e maturacional, visando a avaliação das características cineantropométricas; (ii) avaliação funcional geral, incidindo sobre as componentes relativas à condição física geral e específica; (iii) avaliação funcional específica, recorrendo a um protocolo de resistência aeróbia, outro de resistência específica, um protocolo de avaliação de velocidade máxima de nado e testes relativos às características hidrostáticas e hidrodinâmicas; (iv) avaliação técnica qualitativa, envolvendo a análise da partidas, do nado livre, viragens e aproximação à parede e (v) avaliação psicológica, perspectivando

um diagnóstico geral do perfil psicológico do nadador e apontar uso de técnica psicológicas, potenciando o rendimento desportivo.

Por considerar que os protocolos acima descritos contemplavam todos os domínios e variáveis em análise, o presente estudo teve por base essas duas propostas, procurando, todavia, incluir variáveis de recente estudo e divulgação na literatura da especialidade. Assim sendo, a elaboração do protocolo aplicado nos dois estudos da presente Tese (**Capítulos 2 e 3**) procurou reunir as variáveis que mais parecem influenciar o rendimento em jovens nadadores, com base nos seguintes domínios: (i) avaliação dos factores contextuais, relativos à anamnese do treino no sentido de perceber a realidade do treino; (ii) avaliação dos parâmetros antropométricos, relativos ao sexo, idade, peso, altura, envergadura, comprimento e largura de mão e pé; (iii) avaliação dos parâmetros biomecânicos, através da recolha de imagens subaquáticas, determinando as variáveis DC, FG e IdC através de digitalização, tornando mais objectivo o processo de análise em contraponto à análise subjectiva efectuada por outros autores (cf. Soares et al., 2001) para melhor perceber as diferenças inter-observadores aquando da análise qualitativa da técnica em NPD); (iv) avaliação dos parâmetros bioenergéticos, referentes à V<sub>Crit</sub> (como indicador privilegiado do limiar anaeróbio), e ao IC (assumido como indicador de eficiência em NPD).

As diferentes variáveis e domínios estudados têm sido referidos como os mais válidos para avaliação do rendimento em NPD. Relativamente aos factores contextuais, Vilas-Boas et al. (1997a) e Rama et al. (2004) realçam a importância da anamnese do treino como o mais relevante. No que concerne aos factores antropométricos, a envergadura, o comprimento dos MS, as dimensões da mão e do pé, o comprimento dos MI e a altura, são os parâmetros mais referidos como estando relacionados com o rendimento em NPD (Vilas-Boas, 1989a; Camarero et al., 1995; Cardoso e Alves, 1995; Rama et al., 2006), e que influenciam decisivamente a capacidade propulsiva do nadador (Fernandes et al., 2006). Na avaliação biomecânica, Alberty et al. (2008) e Seifert et al. (2005) consideram que para melhor caracterizar a técnica de nado é frequente utilizarem-se a FG e a DC. Todavia, Chollet et al. (2000)

propuseram à comunidade científica uma metodologia capaz de quantificar a coordenação entre MS usando um novo índice: o IdC. Assim, a introdução deste parâmetro coordenativo no protocolo de avaliação consubstancia-se numa mais valia no que se refere à caracterização da técnica de nado. Complementarmente, na avaliação dos factores bioenergéticos é descrita a utilização do IC como factor de eficiência, sendo particularmente considerado um excelente indicador de rendimento desportivo em jovens nadadores (Costill et al., 1985; Jürimäe et al., 2007). Também a V<sub>Crit</sub> surge na literatura da especialidade como uma das formas de avaliação da capacidade aeróbia dos nadadores (Fernandes, 1999; Toubekis 2006), baseando-se na determinação da velocidade máxima de nado individual susceptível de ser mantida por um longo período de tempo, sem exaustão (Wakayoshi et al., 1992a). A inclusão desta variável apresenta como principais vantagens o facto de se tratar de uma forma de avaliação não invasiva, motivante e de fácil implementação, bem como pelo facto de permitir resultados individualizados.

Assim, no estudo preliminar do presente trabalho (**Capítulo 2**) procurou-se determinar os factores influenciadores do rendimento aos 50 m livres de jovens nadadores, com base em parâmetros bioenergéticos e biomecânicos. Tal como esperado, através da análise de estudos similares em nadadores mais velhos, o rendimento desportivo é fortemente influenciado pelos parâmetros biomecânicos e bioenergéticos. Nestes escalões etários o treino é predominantemente aeróbio, não sendo surpresa que os nadadores mais rápidos em geral apresentam velocidade mais elevada que correspondendo ao limiar anaeróbio, dado pela V<sub>Crit</sub>. Observando os valores obtidos do estudo preliminar, sobretudo para os baixos valores de prova das variáveis em estudo, supomos da existência de dois grupos distintos na relação entre DC e FG, na procura da velocidade máxima: um dos grupos procura maiores velocidades através de um aumento da DC, enquanto o grupo de nadadores prefere aumentar a FG para atingir o máximo rendimento.

Todavia, percebendo o rendimento em NPD como fenómeno de elevada complexidade e de explicação multifactorial, procedeu-se à realização do segundo estudo deste trabalho. Assim, no **Capítulo 3**, efectuou-se uma análise

mais largada dos factores determinantes do rendimento desportivo em NPD através uma perspectiva inteiramente biofísica. Deste modo, foram analisados de 106 nadadores do escalão infantil, na tentativa de verificar quais os parâmetros contextuais (anos de pratica federada, unidades de treino, treino em seco e treino na água), biomecânicos (FG, DC e IdC), antropométricos (altura, envergadura, peso, largura da mão, largura do pé, comprimento da mão e comprimento do pé) e bioenergéticos (VCrit e IC) que mais influenciam e explicam o rendimento na prova de 50 m livres, realizada na técnica de crol. Corroborando o estudo preliminar, foi possível observar que os parâmetros biomecânicos apresentam uma proeminência considerável na performance aos 50 m livres, destacando-se destes a FG e a DC, considerados como excelentes caracterizadores da técnica de nado (Alberty et al. 2008 e Seifert et al. 2005). No que concerne ao IdC, os resultados obtidos demonstram que os nadadores infantis privilegiam a coordenação em modo *catch-up*. Estes resultados estão em oposição aos descritos na literatura para nadadores de idades e níveis competitivos superiores, quando efectuam esforços à mesma intensidade relativa, os quais atingem modos coordenativos de oposição e até de sobreposição (Chollet et al., 2000; Seifert et al., 2004). Relativamente aos parâmetros bioenergéticos, os valores de IC encontrados são similares aos obtidos por Barbosa et al. (2010); no entanto, Jürimäe et al. (2007) e Fernandes et al. (2010) descrevem valores ligeiramente inferiores em estudos com distâncias de nado mais longas, enquanto os valores da VCrit são, como esperado, inferiores aos obtidos por nadadores mais velhos (Wakayoshi et al., 1992a; Wright & Smith, 1994; Ikuta et al., 1996; Vilas-Boas et al., 1997; Fernandes & Vilas-Boas, 1999; Espada & Alves, 2010). Os valores dos factores contextuais do presente estudo são ligeiramente inferiores aos propostos da década de 1990 por Alves (1997) e Vilas-Boas (1998), no entanto, corroboram os obtidos por Jürimäe et al. (2007). Já nos factores antropométricos, e em comparação com a literatura realizada em nadadores mais velhos, é de referir que os nadadores da presente amostra são mais baixos e leves, apresentando igualmente menor envergadura (cf. estudo de revisão realizado por Fernandes et al., (1999). Num estudo realizado com escalão etário semelhante ao do

presente estudo, Garrido et al. (2010) evidenciaram valores inferiores de peso e altura em comparação com a amostra do presente estudo.

Da apreciação dos resultados obtidos, assim como dos dados disponíveis na literatura da especialidade, foi possível a realização de uma modelação explicativa do rendimento desportivo dos jovens nadadores. O modelo destaca os parâmetros biomecânicos como os principais preditores do rendimento desportivo em nadadores de 11 a 13 anos de idade, particularmente o IC como a variável que explica em maior percentagem a variabilidade dos valores da velocidade ( $R^2=57\%$ ), corroborando Barbosa et al. (2010). Tal facto reforça a importância da realização de trabalho técnico aprofundado e específico em idades menos avançadas, quando os nadadores se encontram em formação, nomeadamente no período de treino de base. Deverá ter-se em consideração a especial incidência num trabalho que assente no desenvolvimento da combinação óptima entre a FG e a DC. Das novas variáveis incluídas na avaliação, os anos de prática e a envergadura foram consideradas as mais relevantes na previsão do rendimento desportivo, realçando a importância do início da prática da NPD em idades baixas (corroborando as propostas de Wilke & Madsen, 1990, e Platonov & Fessenko, 1993), assim como do modelo antropométrico ideal para o nadador de competição (ecto-mesomorfo), à imagem dos nadadores de elite (Mazza et al., 1992).

## Capítulo. 5

### Conclusões

Pretendeu-se com este estudo, face á escassez de estudos conduzidos neste escalões etários comparando com a pesquisa dedicada a nadadores de elite, mostrar à comunidade técnico-científica quais as variáveis que influem no rendimento desportivo, determinadas pelos parâmetros biomecânicos, bioenergéticos, antropométricos e contextuais, na prova dos 50m livres em nadadores com idades compreendidas entre os 11 e os 13 anos de idade. Foi possível concluir que os parâmetros biomecânicos (DC e FG) são os que mais influenciam a performance dos nadadores infantis, sendo o IC o factor de maior influência explicando cerca de 57% de variabilidade.

Quis-se também demonstrar que apesar da aceitação da importância da avaliação e controlo do treino nestas idades, ainda é pouco utilizado pelos treinadores. Para inverter esta tendência, o protocolo proposto é de fácil operacionalização, mas, em simultâneo, de elevada fiabilidade das respostas, capazes de influenciar de forma positiva o treino e consequentemente o rendimento desportivo dos jovens nadadores.

Os nadadores infantis quando nadam crol a velocidade elevada utilizam uma coordenação entre MS em catch-up (aproximando-se do modo coordenativo em oposição). Sugere-se que neste escalão etário, o treino para aprimorar aspectos técnicos, particularmente da coordenação entre MS, deva ser realizado a intensidades de nado elevadas, promovendo assim desta forma adaptações coordenativas equiparadas às velocidades reais de competição.



## Capítulo 6

### Referências Bibliográficas

#### Capítulo 1

Alberty, M.; Sidney, M.; Huot-Marchand, F.; Hespel, J. M.; Pelayo, P. (2005). Intracyclic velocity variations and arm coordination during exhaustive exercise in front crawl stroke. *International Journal of Sports Medicine*, 471 – 475.

Alberty, M.; Potdevin, F.; Dekerle, J.; Pelayo, P.; Gorce, P.; Sidney, M. (2008). Changes in swimming technique during time to exhaustion at freely chosen and controlled stroke rates. *Journal of Sports Sciences*, 26, 1191 – 1200.

Alves, F. (1995). *Economia de nado e prestação competitiva. Determinantes mecânicas e metabólicas nas técnicas alternadas*. Dissertação apresentada a provas de Doutoramento. Universidade técnica de Lisboa – Faculdade de Motricidade Humana.

Alves, F. (1996). Economia de nado, técnica e desempenho competitivo nas técnicas alternadas. *Natação*, 5 (28): separata.

Barbosa, T., Keskinen, K., Fernandes, R., Colaço, C., Carmo, C., Vilas-Boas, J.P. (2005) Relationship between energetic, stroke determinants and velocity in butterfly. *International Journal of Sports Medicine* 26, 1-6.

Barbosa, T.; Costa, M.; Marinho, D. A.; Coelho, J.; Moreira, M.; Silva, A. J. (2010). Modeling the Links Between Young Swimmers' Performance: Energetic and Biomechanic Profiles. *Pediatric Exercise Science*, 22, 379 – 391.

Berger, M. A., Hollander, A. P., & De Groot, G. (1999). Determining propulsive force in front crawl swimming: A comparison of two methods. *Journal of Sport Sciences*, 17, 97-105

Boulgakova, N. (1990). *Sélection et préparation des jeunes nageurs*. Editions Vigot, Paris.

Camarero, S.; Moreno, J.; Tella, V. (1995). Evaluación de los estilos simétricos en grupos de edad. Comunicações do III Congresso Ibérico de Técnicos de Natação e XVIII Congresso Técnico-Científico da Associação Portuguesa de Técnicos de Natação. APTN, Póvoa de Varzim.

Cardoso, L.; Alves, F. (1995). Prestação e características antropométricas em nadadores portugueses. Comunicações do III Congresso Ibérico de Técnicos de Natação e XVIII Congresso Técnico-Científico da Associação Portuguesa de Técnicos de Natação. APTN, Póvoa de Varzim.

Cardoso, C.; Fernandes, R.; Magalhães, J.; Santos, P.; Colaço, P.; Soares, S.; Carmo, C.; Barbosa, T.; Vilas-Boas, J. P. (2003). Comparison of continuous and intermittent incremental protocols for indirect VO<sub>2</sub>max assessment. In: J. C. Chatard (eds), *biomechanics and Medicine IX*, pp 313-318. Publications de L'Université de Saint-Étienne, France.

Carzola, G. *Tests Spécifiques d'évaluation du Nager*. Paris: Editions Vigot, 1993.

Chollet, D. (1997). *Natation sportive: approche scientifique*. 2<sup>e</sup> ed. Paris, France.

Chollet D.; Pelayo P.; Tournay C.; Sidney M. (1996) Comparative analysis of 100 m and 200 m events in the four strokes in top level swimmers. *Journal of Human Movement Studies*, 31, 25 – 37.

Chollet, D., Tourny-Chollet, C. and Gleizes, F. (1999) Evolution of coordination in flat breaststroke in relation to velocity. In: Keskinen KL, Komi PV, Hollander AP (eds). *Swimming Science VIII*. Jyvaskyla, Finland: University of Jyvaskyla, 29-32.

Chollet, D.; Charlies, S.; Chatard, C. (2000). A New Index of Coordination for the Crawl Description and Usefulness. *International Journal of Sports Medicine*, 21, 54 – 59.

Clarys, J. (1979). Human morphology and hydrodynamics. In: J. Terauds e W. Beddingfield (eds), *Swimming III – Third International Symposium of Biomechanics in Swimming*, pp. 3-41. University Parck Press, Baltimore.

Costill, D. L.; Kovalski J.; Porter D.; Kirwan J.; Fielding R.; King D. (1985) Energy expenditure during Front Crawl Swimming: predicting success in middle-distance events. *International Journal of Sports Medicine*, 6, 266 – 270.

Costill, D. L.; Maglischo B. W.; Richardson A. B. (1992) *Swimming*. Oxford: Blackwell Scientific Publications.

Dekerle, J.; Sidney, M.; Hespel, J.; Pelayo, P. (2002). Validity and reliability of critical speed, critical stroke rate, and anaerobic capacity in relation to front crawl swimming performances. *Int. J. Sports Med.* 23 (2) 93 – 98.

Fernandes, R. (1999). *Perfil cineantropométrico, fisiológico, técnico e psicológico do nadador pré-júnior português*. Dissertação apresentada às provas de Mestrado do 3º Mestrado em Ciências do Desporto, especialidade de treino de alto rendimento desportivo da Faculdade de Ciências do Desporto e da Educação Física da Universidade do Porto. Porto

Fernandes, R. (2011). Aerobic evaluation of young swimmers using the critical velocity test. A brief report. *Journal of Physical Education and Sport*, 11 (2): 105-110

Fernandes, R., Vilas-Boas, J.P. (1999). Critical velocity as a criterion for estimating aerobic training pace in juvenile swimmers. In K. Keskinen, P. Komi, P. Hollander (Eds), *Proceedings of the VIII International Symposium of Biomechanics and Medicine in Swimming* (pp. 233-238). Finland: University of Jyvaskyla.

Fernandes, R.; Vilas-Boas, J.P (2002). *Factores influenciadores do rendimento em Natação Pura Desportiva*. Breve revisão. In: R. Fernandes, C. Carmo e J.P. Vilas-Boas (org.), *Natação: Caracterização, Treino e Investigação*, pp. 75-86. AE-FCDEF-UP, Porto.

Fernandes, R.; Sousa, M.; Pinheiro, A.; Vilar, S.; Colaço, P.; Vilas-Boas, J. P. (2010) Assessment of individual anaerobic threshold and stroking parameters in swimmers aged 10-11 years. *European Journal of Sport Science*, 10: 5, 311-317

Fernandes, R.; Campos, A.; Reis, J.; Freitas, B.; Cardoso, L.; Cunha, P.; Vilas-Boas, J.P. (2006). Avaliação Antropométrica do Nadador Pré-Júnior Português. *Rev. Brás. Educ. Fís. Esp.*, 20: 306.

Fernandes, R.; Guerra, S.; Lmares, J. P.; Vilas-Boas, J. P. (2000). Critical velocity in swimming: three different methodologies for its determination. In: J. Avela, P. Komi and J. Komulainen (eds.), *Proceedings of the 5th Annual Congress of the European College of Sport Science*, pg 260. University of Jyvaskyla, Finland

Garrido, N.; Marinho, D. A.; Reis, V. M.; Roland, T.; Costa, A. M.; Silva, A. J.; Marques M. C. (2010) Does combined dry land strength and aerobic training

inhibit performance of young competitive swimmers?. *Journal of Sports Science and Medicine*, 9, 300 – 310.

Hebbelinck, M.; Carter, L.; Degaray, A. (1975). *Body build and somatotype of olympic swimmers, divers and water polo players*. In: J. P. Clarys e L. Lewillie (eds.), *Swimming II*, pp. 285-305. University Park Press, Baltimore.

Jürimäe J.; Haljaste K.; Cicchella A.; Lätt E.; Purge P.; Leppik A.; Jürimäe T. (2007) Analysis of Swimming Performance From Physical, Physiological, and Biomechanical Parameters in Young Swimmers. *Human Kinetics*, 19, 70 – 81.

Keskinen, K. L.; Komi, P. V.; Rusko, H. (1989). A comparative study of blood lactate tests in swimming. *Int. J. Sports Med.*, 10 (3): 197-201.

Kolmogorov, S. V.; Dublischcheva, O. A. (1992) Active drag, useful mechanical power output and hydrodynamic force coefficient in different swimming strokes at maximal velocity. *Journal of Biomechanics*, 25, 311 – 318.

Malina, R. (1994) Physical growth and biological maturation of young athletes. In: *Exercise and sport science reviews*. Ed: Holloszy, J. Baltimore: Williams and Wilkins. 389-433.

Mason, B. (1999). *Were are Races Won (or lost)?*[Online], disponível em: <http://www.education.ed.ac.uk/swim/papers-isbs1999/bm.html> [2003, Fevereiro 28]

Morais, P.; Vilas-Boas, J. P.; Seifert, L.; Chollet, D.; Keskinen, K. L.; Fernandes, R. (2008). Relationship between energy cost and index of coordination in front crawl – a pilot study. In: FINA. *Book of Abstracts of the 16<sup>th</sup> FINA World Sport Medicine Congress* (pp. 16). Manchester, England.

Persyn, U.; Daly, D.; van Tilborgh, L.; Dessein, M.; Verhetsel, D.; Vervaecke, N. (1984). Evaluation of elite swimmers (vídeo). Institut voor Lichamelijke Opleiding, Research Unit "Aquatics". Audiovisuel Dienst, K. U. Leuven, Leuven.

Rama, L.; Alves, F. (2007) Factores determinantes dos nadadores portugueses pré-juniores. 27º Congresso Científico da Associação Portuguesa de Técnicos de Natação. Livro de Resumos, 24-26. Lisboa.

Rama, L.; Santos, J.; Gomes, P.; Alves, A. (2006) Determinant Factors Related to Performance in Young Swimmers. In: J. P. Vilas-Boas, F. Alves, A. Marques (eds), *International Symposium Biomechanics and Medicine in Swimming X, Portuguese journal of sport sciences*, Porto 6 (2): 246-248

Rama, L.; Cunha, P; Cardoso, L; Alves, F. (2004). *O projecto nacional pré-júnior da Federação Portuguesa de Natação. Acompanhamento de Jovens talentos*. In: Os Jovens e o Desporto – oportunidades e dificuldades. Confederação do desporto de Portugal. Livros CFD.

Sanders, R.S. (1999). Hydrodynamic characteristics of a swimmer's hand. *Journal of Applied Biomechanics*, 15, 3-26.

Schleihauf, R. E. (1979). A hydrodynamic analysis of swimming propulsion. In: J. Terauds, E. W. Bedingfield (eds.), *Swimming III*, pp. 70-109. University Park Press. Baltimore.

Seifert, L.; Chollet, D. (2008) Inter-limb Coordination and Constraints in Swimming: A Review. *Nova Science Publishers, Inc.*, 3, 1 – 28.

Seifert, L.; Chollet, D.; Chatard, J. C. (2007) Kinematic Changes during a 100-m Front Crawl: Effects of Performance Level and Gender. *Medicine Science Sports Exercise*, 39, 1784 – 1792.

Seifert, L.; Chollet, D.; Rouard, A. (2006). Swimming constraints and arm coordination. *Human Movement Science*, 26, 68 – 86.

Seifert, L.; Chollet, D.; Allard, P. (2005). Arm Coordination Symmetry and breathing effect in front crawl. *Human Movement Science*, 24, 234 – 256.

Seifert, L., Leblanc, H., Chollet, D. and Delignières, D. (2010) Inter-limb coordination in swimming: effect of speed and skill level. *Human Movement Science*, 1 – 11.

Silva, A.J., A.M. Costa, P.M. Oliveira, et al., (2007). The use of neural network technology to model swimming performance. *J Sports Sci Med*. 6:117–125.

Soares, P. M., Sousa, F. and Vilas-Boas, J. (1999) Differences in breaststroke synchronization induced by different race velocities. K. L. Keskinen, P. V. Komi, & A. P. Hollander (Eds.), *Swimming science VIII*. Jyvaskyla: University of Jyvaskyla, 53 – 57.

Toussaint, H. M., De Groot, G., Savelberg, H. H. C. M., Vervoorn, K., Hollander, A. P., & Van Ingen Schenau, G. J. (1988). Active drag related to velocity in male and female swimmers. *Journal of Biomechanics*, 21, 435-438

Vilas-Boas, J.P. (1989a). Controlo do treino em Natação: considerações gerais, rigor e operacionalidade dos métodos de avaliação. Comunicação apresentada às Jornadas Técnicas Galaico-Durienses de Natação. Corunha, Espanha.

Vilas-Boas, J.P. (1989b). Bases do controlo do treino em natação I. Natação. *F.P. Natação*, 4 (1): 29-35.

Vilas-Boas, J.P. (1998). Concepção, planeamento e operacionalização de um macrociclo de treino em natação. Comunicações do XXI Congresso Técnico-Científico da Associação Portuguesa de Treinadores de Natação. Porto

Vilas-Boas, J. P. (1993). *Caracterização biofísica de três variantes da técnica de braços*. Dissertação apresentada às provas de doutoramento no ramo de Ciências do Desporto, especialidade de Biomecânica do Desporto. FCDEF. Universidade do Porto. Porto.

Vilas-Boas, J. P. (1997a). Estado actual da investigação científica sobre técnica desportiva em natação. *17º Congresso da Asociación Española de Técnicos de Natation e 4º Congresso ibérico*. Camargo, Cantábria. Espanha.

Vilas-Boas, J.P.; Lamares, J.P.; Fernandes, R.; Duarte, J.A. (1997b). Avaliação do nadador e definição de objectivos através de critérios não invasivos de simples implementação. *Horizonte*, XIV (80): 22-30.

Wakayoshi, K.; Ikuta, K.; Yoshida, T.; Udo, M.; Moritani, T.; Mutod, Y.; Miyashita, M. (1992). Determination and validity of critical velocity as an index of swimming performance in the competitive swimmer. *Eur. J. Appl. Physiol.* 64: 153 - 57.

Wakayoshi, K.; Ikuta, K.; Yoshida, T.; Udo, M.; Moritani, T.; Mutod, Y.; Miyashita, M. (1993). Does critical swimming velocity represent exercise intensity at maximal lactate steady state? *Eur. J. Appl. Physiol.* 66: 90 – 95.

## Capítulo 2

Barbosa T, Marinho D, Coelho J, Moreira M, Silva A. Modeling the links between young swimmers' performance: energetic and biomechanic profiles. *Ped Exerc Sci* 22: 379-91, 2010.

Costill D, Kovalski J, Porter D, Kirwan J, Fielding R, King D. Energy expenditure during front crawl swimming: predicting success in middle-distance events. *Int J Sports Med* 6(5), 266-270, 1985.

Di Prampero PE, Pendergast D, Wilson DW, Rennie D W. Energetics of swimming in man. *J Appl Phys* 37(1): 1-5, 1974.

Fernandes R, Vilas-Boas JP. Critical velocity as a criterion for estimating aerobic training pace in juvenile swimmers. In K Keskinen, P Komi, P Hollander (Eds), *Proceedings of the VIII Symposium of Biomechanics and Medicine in Swimming* (pp. 233-238). Finland, 1999.

### Capítulo 3

Alberty, M.; Potdevin, F.; Dekerle, J.; Pelayo, P.; Gorce, P.; Sidney, M. (2008). Changes in swimming technique during time to exhaustion at freely chosen and controlled stroke rates. *Journal of Sports Sciences*, 26, 1191 – 1200.

Alves, F. (1997). O desenvolvimento dos factores de desempenho competitivo no jovem nadador. 2º Seminário de Natação. Motrijúnior, FMH, Lisboa.

Armstrong, L.; Welsman, J. (2002). *Young people and physical activity*. Oxford: Oxford University Press.

Barbosa, T.; Costa, M.; Marinho, D. A.; Coelho, J.; Moreira, M.; Silva, A. J. (2010). Modeling the Links Between Young Swimmers' Performance: Energetic and Biomechanic Profiles. *Pediatric Exercise Science*, 22, 379 – 391.

Barbosa, T.; Fernandes, R. J.; Morouco, P.; Vilas-Boas, J. P. (2008). Predicting the intra-cyclic variation of the velocity of the centre of mass from segmental

velocities in butterfly stroke: A pilot study. *Journal of Sports Science and Medicine*, 7, 201-209.

Barbosa, T., Keskinen, K., Fernandes, R., Colaço, C., Carmo, C., Vilas-Boas, J.P. (2005) Relationship between energetic, stroke determinants and velocity in butterfly. *International Journal of Sports Medicine* 26, 1-6.

Chollet, D.; Charlies, S.; Chatard, C. (2000). A New Index of Coordination for the Crawl Description and Usefulness. *International Journal of Sports Medicine*, 21, 54 – 59.

Costill, D. L.; Kowaleski J.; Porter D.; Kirwan J.; Fielding R.; King D. (1985) Energy expenditure during Front Crawl Swimming: predicting success in middle-distance events. *International Journal of Sports Medicine*, 6, 266 – 270.

Dekerle, J.; Sidney, M.; Hespel, J.; Pelayo, P. (2002). Validity and reliability of critical speed, critical stroke rate, and anaerobic capacity in relation to front crawl swimming performances. *Int. J. Sports Med.* 23 (2) 93 – 98.

Di Prampero PE, Pendergast D, Wilson DW, Rennie D W. Energetics of swimming in man. *J Appl Phys* 37(1): 1-5, 1974.

Fernandes, R. (2011). Aerobic evaluation of young swimmers using the critical velocity test. A brief report. *Journal of Physical Education and Sport*, 11 (2): 105-110

Fernandes, R. (1999). *Perfil cineantropométrico, fisiológico, técnico e psicológico do nadador pré-júnior português*. Dissertação apresentada às provas de Mestrado do 3º Mestrado em Ciências do Desporto, especialidade de treino de alto rendimento desportivo da Faculdade de Ciências do Desporto e da Educação Física da Universidade do Porto. Porto.

Fernandes R, Vilas-Boas JP. Critical velocity as a criterion for estimating aerobic training pace in juvenile swimmers. In K Keskinen, P Komi, P Hollander (Eds), Proceedings of the VIII Symposium of Biomechanics and Medicine in Swimming (pp. 233-238). Finland, 1999.

Fernandes, R.; Sousa, M.; Pinheiro, A.; Vilar, S.; Colaço, P.; Vilas-Boas, J. P. (2010) Assessment of individual anaerobic threshold and stroking parameters in swimmers aged 10-11 years. *European Journal of Sport Science*, 10: 5, 311-317

Fernandes, R.; Campos, A.; Reis, J.; Freitas, B.; Cardoso, L.; Cunha, P.; Vilas-Boas, J.P. (2006). Avaliação Antropométrica do Nadador Pré-Júnior Português. *Rev. Brás. Educ. Fís. Esp.*, 20: 306.

Fernandes, R.; Guerra, S.; Lmares, J. P.; Vilas-Boas, J. P. (2000). Critical velocity in swimming: three different methodologies for its determination. In: J. Avela, P. Komi and J. Komulainen (eds.), Proceedings of the 5th Annual Congress of the European College of Sport Science, pg 260. University of Jyvaskyla, Finland

Filipatu, E.; Toubekis, A.; Douda, H.; Pilianidis, T.; Tokmakidis. (2006). Lactate and heart rate responses during swimming at 95% and 100% of critical velocity in children and young swimmers. In: J. P. Vilas-Boas, F. Alves e A. Marques (eds). *Biomechanics and Medicine in Swimming X. Revista Portuguesa Ciências do Desporto*. 6 (Supl.2) 132-34. Faculdade de Desporto da Universidade do Porto. Porto.

Garrido, N.; Marinho, D. A.; Reis, V. M.; Roland, T.; Costa, A. M.; Silva, A. J.; Marques M. C. (2010) Does combined dry land strength and aerobic training inhibit performance of young competitive swimmers?. *Journal of Sports Science and Medicine*, 9, 300 – 310.

Greco, C. C., Pelarigo, J. G., Figueira, T. R., Denadai, B. S. (2007). Effects of gender on stroke rates, critical speed and velocity of a 30-min swim in young swimmers. *Journal of Sport Science & Medicine*, 6, 441-447.

Hebbelinck, M.; Carter, L.; Degaray, A. (1975). *Body build and somatotype of olympic swimmers, divers and water polo players*. In: J. P. Clarys e L. Lewillie (eds.), *Swimming II*, pp. 285-305. University Park Press, Baltimore.

Hill, D. W., Steward Jr., R. P., Lane, C. J. (1995). Application of the critical power concept to young swimmers. *Pediatric Exercise Science*, 7, 281-293.

Jürimäe J.; Haljaste K.; Cicchella A.; Lätt E.; Purge P.; Leppik A.; Jürimäe T. (2007) Analysis of Swimming Performance From Physical, Physiological, and Biomechanical Parameters in Young Swimmers. *Human Kinetics*, 19, 70 – 81.

Lamares, J.P. (1998). A velocidade crítica como um meio de controlo e avaliação do treino em nadadores. Dissertação apresentada às provas de mestrado no âmbito do 2º Mestrado em Ciências do Desporto, especialidade de Treino de Alto Rendimento Desportivo da Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física da Universidade do Porto. Porto.

Mader, A., Heck, H., Hollmann, W. (1978). Evaluation of lactic acid anaerobic energy contribution by determination of post exercise lactic acid concentration of ear capillary blood in middle distance runners and swimmers. *The International Congress of Physical Activity Sciences 4, Exercise Physiology* (pp. 187-200).

Olbrecht, J., Madsen, O., Mader, A., Liesel, H., Hollman, W. (1985). Relationship between swimming velocity and latic acid concentration during continuous and intermittent training exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 6 (2), 74-77.

Pelayo, P.; Sidney, M.; Weissland, T. (1998). Effects of variation of spontaneously chosen rate during crank upper-body and swimming exercise. *Journal of Human Movement Studies*, 33, 171-180

Pelayo, P.; Sidney, M.; Weissland, T. (1997). Swimming performance and stroking parameters in nim skille grammar school; relation with age, gender and some anthropometric characteristics. *J. Sports Med. Phys. Fitness*, 37: 187-93

Pelayo, P.; Sidney, M.; Kherif, T.; Chollet, D; Tourny, C. (1996). Stroking characteristics in free style swimming and relationships with antropométric characteristics. *J. Appl. Biomechanics*. 12: 197-206

Persyn, U.; Daly, D.; van Tilborgh, L.; Dessein, M.; Verhetsel, D.; Vervaecke, N. (1984). Evaluation of elite swimmers (vídeo). Institut voor Lichamelijke Opleiding, Research Unit "Aquatics". Audiovisuel Dienst, K. U. Leuven, Leuven.

Rama, L.; Alves, F. (2007) Factores determinantes dos nadadores portugueses pré-juniores. 27º Congresso Científico da Associação Portuguesa de Técnicos de Natação. Livro de Resumos, 24-26. Lisboa.

Sanders, R.S. (1999). Hydrodynamic characteristics of a swimmer's hand. *Journal of Applied Biomechanics*, 15, 3-26.

Seifert, L.; Chollet, D.; Rouard, A. (2007). Swimming constraints and arm coorination. *Hum Mov Sci*, Feb; 26 (1): 68-86.

Seifert, L.; Chollet, D.; Allard, P. (2005). Arm Coordination Symmetry and breathing effect in front crawl. *Human Movement Science*, 24, 234 – 256.

Seifert, L., Leblanc, H., Chollet, D. and Delignières, D. (2010) Inter-limb coordination in swimming: effect of speed and skill level. *Human Movement Science*, 1 – 11.

Seifert, L.; Boulesteix, L.; Carter, M.; Chollet, D. (2004). The spatial-temporal and coordinative structures in Elite Male 100-m Front Crawl Swimmers. *International Journal of Sports Medicine*, 286 – 293.

Silva, A.J., A.M. Costa, P.M. Oliveira, et al., (2007). The use of neural network technology to model swimming performance. *J Sports Sci Med*. 6:117–125.

Smith, D. J., Norris, S. R., Hogg, J. M. (2002). Performance evaluation of swimmers. Scientific tools. *Sports Medicine*, 32 (9), 539-554.

Soares, S.; Fernandes, R.; Carmo, C.; Santos Silva, J.; 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.

Sobral, F.; Silva, M. (2001) Cineantropometria: Curso Básico. Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física, Coimbra.

Svedahl, K., MacIntosh, B. R. (2003). Anaerobic threshold: the concept and methods of measurement. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 28, 299-323.

Swaine, I.; Reilly, T. (1983). The freely-chosen swimming stroke rate in a maximal swim and on biokinetic swim bench. *Med Sci Sports Exerc*, 15 (5): 370-75

Touretski, G. (1993). *Japan official swimming coach clinic*. Tokyo: Japan Amateur Swimming Federation.

Vilas-Boas, J. P. (1993). *Caracterização biofísica de três variantes da técnica de braços*. Dissertação apresentada às provas de doutoramento no ramo de

Ciências do Desporto, especialidade de Biomecânica do Desporto. FCDEF. Universidade do Porto. Porto.

Vilas-Boas, J.P. (1989a). Controlo do treino em Natação: considerações gerais, rigor e operacionalidade dos métodos de avaliação. Comunicação apresentada às Jornadas Técnicas Galaico-Durienses de Natação. Corunha, Espanha.

Vilas-Boas, J.P.; Lmares, J.P.; Fernandes, R.; Duarte, J.A. (1997b). Avaliação do nadador e definição de objectivos através de critérios não invasivos de simples implementação. Horizonte, XIV (80): 22-30.

Vorontsov, A. R.; Binevsky, D. A.; Filonov, A. Y.; Korobova, E. A. (2002). The Impact of Individual's Maturity up on Strength in Young Swimmers. Russian State Academy of Physical Education, 11, 321 – 326.

Wakayoshi, K.; Ikuta, K.; Yoshida, T.; Udo, M.; Moritani, T.; Mutod, Y.; Miyashita, M. (1992). Determination and validity of critical velocity as an index of swimming performance in the competitive swimmer. Eur. J. Appl. Physiol. 64: 153 - 57.

Weiss, M. et al. (1998). Relationship of Blood Lactate Accumulation to Stroke Rate, and Distance per Stroke in Top Female Swimmers. In: Ungerechts, B.; Wilke, K.; Reischle, K. (orgs). *Swimming Science V*: 295-303 Human Kinetics Books. Champaign. \*

Wright, B.; Smith, D. (1994). A protocol for the determination of critical speed as an index of swimming endurance performance. In: M. Miyashita; Y. Mutod; A. Richardson (eds), *Medicine and Science en Aquatic Sport*, Med. Sport Science. 39: 55 – 59. Karger, Basel.

\* Referência de consulta indirecta

## Capítulo 4

Alberty, M.; Potdevin, F.; Dekerle, J.; Pelayo, P.; Gorce, P.; Sidney, M. (2008). Changes in swimming technique during time to exhaustion at freely chosen and controlled stroke rates. *Journal of Sports Sciences*, 26, 1191 – 1200.

Alves, F. (1997). O desenvolvimento dos factores de desempenho competitivo no jovem nadador. 2º Seminário de Natação. Motrijúnior, FMH, Lisboa.

Alves, F. (1987) Formação Desportiva. Apontamento de apoio ao curso de técnicos de 2º nível F.P.N. Lisboa.

Barbosa, T.; Costa, M.; Marinho, D. A.; Coelho, J.; Moreira, M.; Silva, A. J. (2010). Modeling the Links Between Young Swimmers' Performance: Energetic and Biomechanic Profiles. *Pediatric Exercise Science*, 22, 379 – 391.

Bompa, T. (1985). Talent Identification. *Sports Science Periodical on Research and Technology in Sport*, GN-1, 1-11.

Camarero, S.; Moreno, J.; Tella, V. (1995). Evaluación de los estilos simétricos en grupos de edad. Comunicações do III Congresso Ibérico de Técnicos de Natação e XVIII Congresso Técnico-Científico da Associação Portuguesa de Técnicos de Natação. APTN, Póvoa de Varzim.

Cardoso, L.; Alves, F. (1995). Prestação e características antropométricas em nadadores portugueses. Comunicações do III Congresso Ibérico de Técnicos de Natação e XVIII Congresso Técnico-Científico da Associação Portuguesa de Técnicos de Natação. APTN, Póvoa de Varzim.

Castelo, J.; Barreto, H.; Alves, F.; Mil-Homens, P.; Carvalho, J.; Vieira, J. (1996). Metodologia do treino desportivo. Edições FMH-Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa

Chollet, D.; Charlies, S.; Chatard, C. (2000). A New Index of Coordination for the Crawl Description and Usefulness. *International Journal of Sports Medicine*, 21, 54 – 59.

Costill, D. L.; Kowaleski J.; Porter D.; Kirwan J.; Fielding R.; King D. (1985) Energy expenditure during Front Crawl Swimming: predicting success in middle-distance events. *International Journal of Sports Medicine*, 6, 266 – 270.

Ikuta, Y., Wakayoshi, K., Nomura, T. (1996). Determination and validity of critical swimming force as performance index in tethered swimming. In J. P. Troup, A. P. Hollander, D. Strasse, S. W. Trappe, J. M. Cappaert, T. A. Trappe (Eds), *Biomechanics and medicine in swimming VII* (pp. 146-151). London: E & FN SPON.

Fernandes R, Vilas-Boas JP. Critical velocity as a criterion for estimating aerobic training pace in juvenile swimmers. In K Keskinen, P Komi, P Hollander (Eds), *Proceedings of the VIII Symposium of Biomechanics and Medicine in Swimming* (pp. 233-238). Finland, 1999.

Fernandes, R.; Sousa, M.; Pinheiro, A.; Vilar, S.; Colaço, P.; Vilas-Boas, J. P. (2010) Assessment of individual anaerobic threshold and stroking parameters in swimmers aged 10-11 years. *European Journal of Sport Science*, 10: 5, 311-317

Fernandes, R.; Campos, A.; Reis, J.; Freitas, B.; Cardoso, L.; Cunha, P.; Vilas-Boas, J.P. (2006). Avaliação Antropométrica do Nadador Pré-Júnior Português. *Rev. Brás. Educ. Fís. Esp.*, 20: 306.

Fernandes, F.; Mouroço, P.; Querido, A.; Silva, J.V.S. (2003). Operacionalização de um macrociclo de treino para nadadores jovens. *Livro de*

*resumos do 26º congresso técnico-científico da Associação Portuguesa de Técnicos de Natação. APTN, Estoril*

Garrido, N.; Marinho, D. A.; Reis, V. M.; Roland, T.; Costa, A. M.; Silva, A. J.; Marques M. C. (2010) Does combined dry land strength and aerobic training inhibit performance of young competitive swimmers?. *Journal of Sports Science and Medicine*, 9, 300 – 310.

Mazza, J. C.; Cosolito, P.; Alarcón, N.; Galasso, C.; Bermudez, C.; Gribaudo, G.; Ferretti, J. L. (1992). Somatotype profile of South American swimmers. In: M. Maclaren, T. Reilly e A. Lees (eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming, Swimming Science VI*, pp. 371-378. E & FN Spon, London.

J rim e J.; Haljaste K.; Cicchella A.; L tt E.; Purge P.; Leppik A.; J rim e T. (2007) Analysis of Swimming Performance From Physical, Physiological, and Biomechanical Parameters in Young Swimmers. *Human Kinetics*, 19, 70 – 81.

Pelayo, P.; Sidney, M.; Weissland, T. (1997). Swimming performance and stroking parameters in nim skille grammar school; relation with age, gender and some anthropometric characteristics. *J. Sports Med. Phys. Fitness*, 37: 187-93

Pelayo, P.; Sidney, M.; Kherif, T.; Chollet, D; Tourny, C. (1996). Stroking characteristics in free style swimming and relationships with antropom tric characteristics. *J. Appl. Biomechanics*. 12: 197-206

Platonov, V. N.; Fessenko, S.L. (1993). Los sistemas de entrenamiento de los mejores nadadores del mundo. Teoria y prática. Editorial Paidotribo, Barcelona.

Rama, L.; Alves, F. (2007) Factores determinantes dos nadadores portugueses pr -juniores. 27º Congresso Cientifico da Associa o Portuguesa de Técnicos de Nata o. Livro de Resumos, 24-26. Lisboa.

Rama, L.; Santos, J.; Gomes, P.; Alves, A. (2006) Determinant Factors Related to Performance in Young Swimmers. In: J. P. Vilas-Boas, F. Alves, A. Marques (eds), *International Symposium Biomechanics and Medicine in Swimming X*, *Portuguese journal of sport sciences*, Porto 6 (2): 246-248

Rama, L.; Cunha, P.; Cardoso, L.; Alves, F. (2004). *O projecto nacional pré-júnior da Federação Portuguesa de Natação. Acompanhamento de Jovens talentos*. In: Os Jovens e o Desporto – oportunidades e dificuldades. Confederação do desporto de Portugal. Livros CFD.

Seifert, L.; Chollet, D.; Allard, P. (2005). Arm Coordination Symmetry and breathing effect in front crawl. *Human Movement Science*, 24, 234 – 256.

Seifert, L.; Boulesteix, L.; Carter, M.; Chollet, D. (2004). The spatial-temporal and coordinative structures in Elite Male 100-m Front Crawl Swimmers. *International Journal of Sports Medicine*, 286 – 293.

Soares, S.; Fernandes, R.; Carmo, C.; Santos Silva, J.; 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.

Toubekis, A. G., Tsami, A. P., Tokmakidis, S. P. (2006). Critical velocity and lactate threshold in young swimmers. *International Journal of Sports Medicine*, 27, 117-123.

Vilas-Boas, J.P. (1998). Concepção, planeamento e operacionalização de um macrociclo de treino em natação. Comunicações do XXI Congresso Técnico-Científico da Associação Portuguesa de Treinadores de Natação. Porto

Vilas-Boas, J. P. (1997a). Estado actual da investigação científica sobre técnica desportiva em natação. *17º Congresso da Asociación Española de Técnicos de Natación e 4º Congresso ibérico*. Camargo, Cantábria. Espanha.

Vilas-Boas, J.P. (1989a). Controlo do treino em Natação: considerações gerais, rigor e operacionalidade dos métodos de avaliação. Comunicação apresentada às Jornadas Técnicas Galaico-Durienses de Natação. Corunha, Espanha.

Villanueva, L. (1994). El control del entrenamiento - Teoría y práctica. *Comunicaciones Técnicas*, 6: 7-26. Federación Española de Natación.

Wakayoshi, K.; Ikuta, K.; Yoshida, T.; Udo, M.; Moritani, T.; Mutod, Y.; Miyashita, M. (1992). Determination and validity of critical velocity as an index of swimming performance in the competitive swimmer. *Eur. J. Appl. Physiol.* 64: 153 - 57.

Wilke, K.; Madsen, O. (1990). El entrenamiento del nadador juvenil. Stadium. Buenos Aires.

Wright, B.; Smith, D. (1994). A protocol for the determination of critical speed as an index of swimming endurance performance. In: M. Miyashita; Y. Mutod; A. Richardson (eds), *Medicine and Science en Aquatic Sport*, Med. Sport Science. 39: 55 – 59. Karger, Basel.