

UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR

Faculdade de Ciências Sociais e Humanas

Departamento de Ciências do Desporto



**A evolução da velocidade crítica e da frequência gestual
crítica após 12 semanas de treino em natação.**

Um estudo de caso em nadadores infantis do sexo masculino

Trabalho de investigação com vista à obtenção do Grau de Mestre
em Ciências do Desporto

Marta Almeida Marinho

Covilhã e UBI, Junho de 2010

UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR

Faculdade de Ciências Sociais e Humanas

Departamento de Ciências do Desporto

**A evolução da velocidade crítica e da frequência gestual
crítica após 12 semanas de treino em natação.**

Um estudo de caso em nadadores infantis do sexo masculino

Trabalho de investigação com vista à obtenção do Grau de Mestre
em Ciências do Desporto

Por: Marta Almeida Marinho

Orientação:

Professor Doutor Mário António Cardoso Marques

Covilhã e UBI, Junho de 2010

O resumo do presente trabalho foi suportado pela seguinte publicação:

Marinho, M.A, Marques, M.C, Garrido, N., Neiva, H., Costa, A.M., Reis, V.R., Silva, A.J., Marinho, D.A. (2009). Swimming performance changes in young swimmers: a case study. *Journal of Sports Science and Medicine*, 8(Suppl 11), 138-139.

Agradecimentos

O presente estudo só foi possível graças à generosa colaboração e à constante participação de diferentes pessoas, que de uma forma desinteressada prestaram um contributo sem dúvida indispensável e precioso para a concretização desta tarefa, que embora árdua e por vezes extenuante, foi de igualmente gratificante. Assim, gostaria de expressar o meu sincero e profundo agradecimento:

Ao Professor Doutor Mário António Cardoso Marques, por ter sido orientador deste estudo, pelas críticas oportunas e sugestões veiculadas, e pela disponibilidade revelada em todas as fases deste trabalho.

À equipa de Infantis do Clube Fluvial Vilacondense, pela forma activa, responsável e interessada com que se empenhou neste projecto.

À minha família pela ajuda e incentivo ao longo de toda a minha formação académica.

Resumo

Este estudo pretendeu analisar a evolução da velocidade crítica e da frequência gestual crítica na técnica de crol após doze semanas de treino de natação pura desportiva em jovens nadadores. Catorze nadadores infantis do sexo masculino participaram neste estudo. As avaliações decorreram em dois momentos distintos. O primeiro decorreu no início da época desportiva e o segundo após doze semanas de treino específico de natação pura desportiva. Para cada sujeito, quer a velocidade crítica, quer a frequência gestual crítica foram alvo de avaliação nos dois momentos acima referidos. Os resultados indicaram um aumento significativo da velocidade crítica e uma diminuição da frequência gestual crítica igualmente significativa entre as duas avaliações. Assim, os dados sugerem que a habilidade técnica de nado sofreu melhorias significativas após doze semanas de treino. Esta informação parece-nos útil para melhorar o processo de monitorização do treino em natação pura desportiva sem a utilização de instrumentos de avaliação sofisticados e de elevados custos.

Palavras-chave: Treino, Nadadores jovens, Capacidade aeróbia, Técnica, Crol.

Abstract

The aim of this study was to analyse the evolution of both critical velocity and stroke rate in front crawl swimming during twelve weeks of training in age group swimmers. Fourteen age group male swimmers took part in this investigation. The evaluation took place in two different trials. The first one was conducted at the beginning of the season and the second one after twelve weeks of specific swimming training. The main findings of the present study were that critical velocity increased significantly, whereas critical stroke rate decreased significantly between trials. The present results suggested that technical ability was improved during the twelve weeks of training. This information could help swimming coaches monitoring efficiently their training without expensive instruments.

Key-words: Training, Age group swimmers, aerobic capacity, Technique, Front crawl.

Résumé

Cet étude réclame analyser l'évolution de la vitesse critique et de la fréquence gestuelle critique en crawl après douze semaines d'entraînement de natation pure sportive en jeunes nageurs. Quatorze nageurs du sexe masculin ont participé à cet étude. Les évaluations se sont déroulés en deux moments différents; le premier dans le début de la saison sportive et le deuxième a eu place après une durée de douze semaines d'entraînement spécifique en natation pure sportive. Pour chaque nageur, les paramètres envisagés, soit la vitesse critique soit la fréquence gestuelle critique, ont été la cible de l'évaluation dans les deux moments ci-dessus référés. Les résultats nous montrent que du premier moment pour le deuxième la vitesse critique a augmenté de façon significative tandis que la fréquence gestuelle critique a diminué significativement par rapport au premier moment d'évaluation. Ces conclusions semblent suggérer que la compétence technique a souffert des améliorations importantes après les douze semaines d'entraînement spécifique. Cette information nous paraît utile pour l'amélioration des procès de contrôle d'entraînement en natation pure sportive, vis-à-vis d'autres moyens sophistiqués et bien plus chers.

Mots-clé: Entraînement, Nageurs jeunes, Capacité aérobie, Technique, Crawl.

Índice

Agradecimentos	III
Resumo	IV
Abstract.....	V
Résumé	VI
Índice	VII
Índice de quadros.....	VIII
Índice de figuras	IX
I. Introdução.....	1
II. Material e Métodos.....	7
2.1. Caracterização da Amostra.....	7
2.2. Metodologia.....	7
2.3. Procedimentos Estatísticos	9
III. Apresentação dos Resultados	10
IV. Discussão dos Resultados.....	15
V. Conclusões.....	19
VI. Sugestões para Futuras Investigações	20
VII. Referências Bibliográficas.....	21

Índice de quadros

Quadro 1: Média \pm desvio-padrão (DP) dos valores dos 50 m e 400 m crol no primeiro e segundo momentos de avaliação.	10
Quadro 2: Média \pm desvio-padrão (DP) dos valores da velocidade crítica e da frequência gestual crítica no primeiro e segundo momentos de avaliação.	11

Índice de figuras

Figura 1: Exemplo da determinação da velocidade crítica para um nadador da amostra (velocidade crítica = 1.12 m/s). A equação da regressão entre a distância e o tempo de nado é também apresentada.....	8
Figura 2: Exemplo para a determinação da frequência gestual crítica de um nadador da amostra (frequência gestual crítica = 1.17 ciclos/s). A equação de regressão entre o número de ciclos gestuais e o tempo de nado é também apresentada.	9
Figura 3: Comparação entre grupo 1 e grupo 2 em relação ao teste de 50 m e 400 m crol no 1º e 2º momentos de avaliação. O grupo 1 corresponde aos sete melhores nadadores no teste da velocidade crítica, no 1º momento de avaliação, e o grupo 2 corresponde aos sete nadadores que apresentaram valores mais baixos de velocidade crítica. * $p \leq 0.05$. 12	12
Figura 4: Comparação entre grupo 1 e grupo 2 em relação aos valores do teste de velocidade crítica e frequência gestual crítica no 1º e 2º momentos de avaliação. O grupo 1 corresponde aos sete melhores nadadores no teste da velocidade crítica, no 1º momento de avaliação, e o grupo 2 corresponde aos sete nadadores que apresentaram valores mais baixos de velocidade crítica. * $p \leq 0.05$	13
Figura 5: Comparação entre o 1º e 2º momentos de avaliação em relação aos testes de 50 m e 400 m crol nos grupos 1 e 2. O grupo 1 corresponde aos sete melhores nadadores no teste da velocidade crítica, no 1º momento de avaliação, e o grupo 2 corresponde aos sete nadadores que apresentaram valores mais baixos de velocidade crítica. * $p \leq 0.05$. 14	14
Figura 6: Comparação entre o 1º e 2º momentos de avaliação em relação à velocidade crítica e à frequência gestual crítica nos grupos 1 e 2. O grupo 1 corresponde aos sete melhores nadadores no teste da velocidade crítica, no 1º momento de avaliação, e o grupo 2 corresponde aos sete nadadores que apresentaram valores mais baixos de velocidade crítica. * $p \leq 0.05$	14

I. Introdução

O conceito de velocidade crítica foi introduzido e adaptado para a natação pura desportiva por Wakayoshi et al. (1992a), através do conceito original de potência crítica proposto por Monod e Scherrer (1965). A velocidade crítica foi definida como a velocidade máxima que pode ser mantida durante um longo período de tempo na ausência de exaustão (Wakayoshi et al., 1992a).

A potência crítica é descrita na literatura como a velocidade máxima de exercício que um grupo muscular é capaz de manter durante um largo período de tempo sem atingir a exaustão (Monod e Scherrer, 1965). Estes autores afirmam ainda que a potência crítica é obtida através do valor do declive da recta de regressão entre a totalidade de trabalho realizado (aplicação de uma força ao longo de um deslocamento) e o tempo total dispendido até à exaustão. Isto acontece porque existe uma relação linear entre o trabalho e o tempo. Moritani et al. (1981) aplicaram o conceito de potência crítica ao trabalho corporal total, utilizando um cicloergómetro. Jenkins e Quigley (1990) demonstraram igualmente que a potência crítica calculada através do uso do cicloergómetro é uma forma simples e mais económica para a obtenção da intensidade do exercício capaz de ser mantida, continuamente, por um longo período de tempo. Os autores puderam observar ainda que a potência crítica se correlaciona de forma significativa com o limiar anaeróbio ventilatório ($r = 0.928$).

A velocidade crítica pode ser expressa pelo declive da recta de regressão obtida entre a distância percorrida à máxima velocidade e o tempo necessário para a percorrer (Wakayoshi et al., 1992a). Quando a velocidade de nado é máxima, a equação da recta de regressão entre a distância percorrida e a sua duração é: $y = a * x + b$ (1), em que y é o valor da ordenada (eixo dos yy), no caso o valor da distância de prova; a é o valor do declive da recta; x é o valor da abcissa (eixo dos xx), no caso o valor do tempo de prova; e b é o valor da ordenada na origem, i.e., valor ao qual a recta intercepta o eixo dos yy . O valor da velocidade crítica correspondente ao valor do declive a da recta (equação 1), e é dado pela razão da variação entre dois pontos (mínimo necessário para definir uma recta) dos valores das respectivas coordenadas (x,y) .

Deste modo, pode afirmar-se que a velocidade crítica é, teoricamente, a velocidade máxima possível de nado que pode ser mantida sem exaustão por um longo período de tempo, ou seja, num estado de equilíbrio fisiológico aeróbio. Quer a velocidade crítica, quer a potência crítica, são dois importantes parâmetros que estão associados à intensidade máxima aeróbia e à intensidade imediatamente inferior à que provocaria um desequilíbrio entre a produção e a remoção ou utilização de lactato sanguíneo. A velocidade crítica correlaciona-se com a velocidade que corresponde a uma concentração de 4 mmol/l de lactato sanguíneo (Wakayoshi et al., 1992a; 1992b; 1993a; Wright e Smith, 1994; Ikuta et al., 1996) e com o *steady state* máximo de lactato (Wakayoshi et al., 1993a). Por outras palavras, a velocidade crítica está associada aquilo que se denomina por capacidade de resistência aeróbia.

Wakayoshi et al. (1992a, 1992b, 1993a) verificaram a existência de elevada linearidade ($r^2 \geq 0.998$; $p \leq 0.01$) entre a distância de prova e o tempo através da análise da regressão entre a distância e a sua duração. Neste capítulo, outros estudos (Wright e Smith, 1994; Ikuta et al., 1996; Lamares, 1998; Fernandes, 1999; Fernandes et al., 2000) confirmaram uma elevada linearidade na relação distância/tempo. Tal como foi sublinhado por Fernandes et al. (1999), este facto revela que é possível determinar a velocidade crítica através de cálculos bastante simplificados, utilizando duas, três ou quatro distâncias. Porém, devemos ter em conta que a supressão de uma distância longa pode conduzir a uma sobrevalorização da velocidade crítica (Wright e Smith, 1994; Fernandes et al., 1997). Para além disso, a elevada linearidade que caracteriza esta função permite a utilização da recta de regressão para a determinação do tempo esperado para uma distância qualquer nadada à máxima velocidade (Vilas-Boas e Lamares, 1997).

Como se pôde constatar nos parágrafos anteriores, a velocidade crítica tem sido determinada de várias formas, nomeadamente, através da utilização directa da recta de regressão estabelecida entre a distância/tempo, ou ainda a partir da utilização de uma equação de regressão previamente calculada entre a velocidade num teste para uma determinada distância e a velocidade crítica. Neste sentido, serão apresentados vários estudos de referência onde são ilustradas diferentes formas de cálculo da velocidade crítica para diferentes distâncias de nado.

Wakayoshi et al. (1992a) utilizaram a recta de regressão entre a distância/tempo, considerando as distâncias de 50, 100, 200 e 600m. Wright e Smith (1994) utilizaram igualmente a recta de regressão entre a distância e o tempo, com base em quatro distâncias, 50, 100, 200 e 1200m (substituindo a distância de 600 pela de 1200m). Wakayoshi et al. (1993a) e Ikuta et al. (1996) usaram a regressão entre a distância/tempo, mas considerando apenas as distâncias de 200 e 400m. Ginn (1993) determinou a velocidade crítica através de dois testes máximos: um com uma distância mais curta e um outro com uma mais longa. A velocidade crítica foi obtida através da razão entre a diferença das duas distâncias e a diferença dos tempos de prova, sendo estes expressos em segundos. Na mesma linha, Vilas-Boas et al. (1997) e Lmares (1998) utilizaram ainda a regressão entre a distância/tempo, considerando os melhores tempos oficiais (tempos oficiais mais actualizados, ou os melhores tempos da época em curso). No entanto, Lmares (1998) realça que a determinação da velocidade crítica com base nos tempos de prova deve ser cuidadosamente utilizada, tendo sempre em consideração o intervalo de tempo que separa a obtenção da melhor marca e o momento em que a determinação da velocidade crítica é efectuada. Recentemente, Costa et al. (2009) demonstraram que a utilização das melhores marcas em nadadores nos escalões de formação podia ser utilizada na determinação da velocidade crítica.

Wright e Smith (1994) recomendaram que os testes para a determinação da velocidade crítica devem incluir uma distância com uma duração superior a 15min. Neste estudo, os autores encontraram diferenças significativas ($p < 0.05$) entre a velocidade crítica calculada a partir das distâncias de 50, 200 e 600m e 50, 200, 600 e 1200m. Os resultados indicaram que a velocidade crítica calculada com base nestas distâncias era inferior com a inclusão dos 1200m (Wright e Smith, 1994). Acerca desta temática, Dekerle et al. (1999) calcularam a velocidade crítica com base nos 50, 100, 200, 400 e 2000m e no teste de 30min de nado contínuo. Os resultados revelaram que a velocidade de nado correspondente a uma concentração de 4 mmol/l de lactato sanguíneo não apresentava diferenças significativas com a velocidade média de 2000m e a velocidade média do teste de nado de 30min; com os valores da velocidade crítica calculados a partir da recta de regressão entre os 200 e os 400m, e entre os 2000m e as outras distâncias consideradas. Ainda no mesmo estudo, os autores descobriram (Dekerle et al., 1999) descobriram que a velocidade de nado correspondente a uma concentração de

4 mmol/l de lactato sanguíneo apresentava correlações significativas com os valores da velocidade crítica calculada através de duas distâncias, excepto para os 50 e os 100m, e entre os 100 e os 200m (50 e 200m, $r = 0.63$; 50 e 400m, $r = 0.88$; 100 e 400m, $r = 0.88$; 200 e 400m, $r = 0.90$). Contudo, todos os valores calculados entre os 2000m e outras distâncias correlacionavam-se igualmente com a velocidade de nado correspondente a uma concentração de 4 mmol/l de lactato sanguíneo.

Fernandes (1999) procurou perceber se existiam diferenças significativas entre os valores da velocidade crítica determinada de três formas distintas e dois outros indicadores da capacidade de resistência aeróbia do nadador, tentando averiguar a velocidade de nado correspondente a uma concentração de 4 mmol/l de lactato sanguíneo (segundo o protocolo de 2x400m) e a velocidade média do teste de nado de trinta minutos. Neste estudo foram utilizados vários métodos para a determinação da velocidade crítica: (a) velocidade crítica determinada com base no currículo desportivo do nadador; (b) velocidade crítica calculada através de um teste máximo nas distâncias de 200 e 800m; (c) velocidade crítica calculada através de um teste máximo nas distâncias de 100 e 400m. Os resultados evidenciaram correlações significativas entre a velocidade crítica e a velocidade de nado correspondente a uma concentração de 4 mmol/l de lactato sanguíneo ($0.80 < r < 0.86$, $p=0.0001$), e entre a velocidade crítica e a velocidade média do teste de nado de trinta minutos ($0.81 < r < 0.89$, $p=0.0001$) nas três metodologias utilizadas; constituindo-se como um excelente indicador da capacidade de resistência aeróbia em nadadores. Por último, o autor sugeriu ainda que o terceiro método deve ser privilegiado em relação aos restantes, já que proporciona valores absolutos mais próximos da velocidade de nado correspondente a uma concentração de 4 mmol/l de lactato sanguíneo. Sobre o tema, Dekerle (2006) sugeriu o uso de três modelos equivalentes para determinar a velocidade crítica em natação pura desportiva: (a) velocidade crítica representada pelo declive da recta distância/tempo; (b) velocidade crítica como a suposição da relação velocidade/tempo; e (c) velocidade crítica como a intercepção do eixo dos xx com o eixo dos yy. A relação mais usada para determinar a velocidade crítica é a relação distância/tempo, pois é de fácil aplicabilidade, bastando calculá-la a partir de duas ou mais distâncias de nado (Dekerle, 2006). As distâncias ideais recorrentemente utilizadas são os 200 e os 1500m (Wright e Smith, 1994; Martin e Whyte, 2000). No entanto, para que os treinadores possam calcular a velocidade

crítica de um modo mais fácil e rápido, Wakayoshi et al. (1993b), Dekerle et al. (2002) e Dekerle (2006) propuseram a determinação da velocidade crítica a partir das distâncias de nado de 200 e 400m.

Vários estudos demonstraram também uma relação hiperbólica entre a frequência gestual e a velocidade em natação (Wakayoshi et al., 1993a; Dekerle et al., 2005). De facto, numa tentativa de aumentar a velocidade de nado, o nadador tende a aumentar a frequência gestual. Este aumento é quase sempre alcançado com a diminuição da distância de ciclo, a partir de uma determinada intensidade submáxima (Nomura e Shimoyama, 2002). Como consequência, quanto maior for a distância de prova, menores serão a velocidade de nado e a frequência gestual. Dekerle et al. (2002) sugeriram que a relação frequência gestual/tempo podia ser modelada utilizando uma simples regressão linear. De facto, para além do conceito de velocidade crítica, Pelayo et al. (2000) colocaram a hipótese de que, em termos teóricos, uma frequência gestual poderia ser mantida sem exaustão durante um longo período de tempo, definido como a frequência gestual crítica obtida pelo declive da relação “número de ciclos gestuais” – tempo de nado (Dekerle et al., 2002). O estudo de Pelayo et al. (2000) teve dois objectivos: (a) estudar a exactidão das diferentes metodologias para determinar a velocidade crítica e, (b) avaliar a existência de uma frequência gestual crítica e sua validade. Os resultados desta investigação mostraram claramente uma elevada linearidade da recta de regressão entre o número de ciclos de braçada e o tempo de nado ($r^2 > 0.99$). Os autores referiram ainda que os valores da velocidade e da frequência gestual no teste de 2000m eram mais próximos e fortemente correlacionados com a velocidade crítica e com a frequência gestual crítica ($r > 0.94$). Estes dados confirmaram que a frequência gestual crítica é um bom indicador para monitorizar a carga do treino aeróbio de acordo com valores similares de lactato sanguíneos, pressupondo-se que a velocidade dos deslocamentos é determinada pela velocidade crítica ou pela frequência gestual calculada com base na frequência gestual crítica ou vice-versa. De facto, determinar a velocidade crítica e a frequência gestual crítica faz com se nade à mesma velocidade e frequência gestual e vice-versa. Significa que a distância por ciclo pode ser mantida de forma espontânea e constante durante os testes de velocidade e de frequência gestual crítica. A utilização destas variáveis é bastante útil para controlar a técnica e a intensidade da carga de treino de forma simultânea. Neste sentido, as

melhorias podem ter dois grandes objectivos: manter a velocidade crítica com uma baixa frequência gestual, ou manter a frequência gestual crítica com uma velocidade de nado mais elevada.

Para além disso, é importante realçar-se que a determinação da frequência gestual crítica não implica a realização de testes adicionais, o que contrasta com a obtenção da velocidade crítica. Esta determinação implica o registo do número de ciclos gestuais que o nadador executa em cada distância de nado. Dekerle et al. (2002) encontraram um coeficiente de 0.99-1.0 na regressão linear quando modelaram a relação entre o número de ciclos gestuais e o tempo de nado. Neste estudo verificou-se ainda que a frequência gestual crítica não era significativamente diferente e apresentava uma elevada correlação ($r = 0.89$, $p < 0.05$) com a frequência gestual média registada durante o teste de 30 minutos de nado. Adicionalmente, quando o nadador se deslocava à velocidade crítica adoptavam uma frequência gestual semelhante à frequência gestual crítica. Por sua vez, quando nadavam com a frequência gestual crítica, previamente determinada, os nadadores deslocavam-se à velocidade crítica. Todavia, são necessários mais estudos para se compreender melhor este conceito, incorporando um conjunto de dados biomecânicos, fisiológicos e do controlo motor em nadadores de competição (Pelayo et al., 2000; Dekerle et al., 2002; Dekerle, 2006).

A literatura sugere ainda que a velocidade e a frequência gestual crítica estão relacionadas com a performance aeróbia. Sobre este tema, Maclaren e Coulson (1999) verificaram que o treino aeróbio tinha um efeito positivo na velocidade. Os autores perceberam um aumento da velocidade crítica após oito semanas de treino aeróbio e uma estabilização desta variável após três semanas de treino anaeróbio. Todavia, estas duas variáveis (velocidade crítica e frequência gestual crítica) nem sempre se encontram associadas durante o treino. Como tal, não é claro que a melhoria da capacidade aeróbia (i.e. velocidade crítica) esteja dependente de melhorias energéticas e/ou mecânicas (eficiência técnica).

Face ao exposto, o presente estudo examinou as alterações da velocidade crítica e da frequência gestual crítica durante doze semanas de treino em jovens nadadores.

II. Material e Métodos

2.1. Caracterização da Amostra

O grupo amostral foi constituído por catorze nadadores jovens do sexo masculino. Todos eles pertenciam a um clube português representativo da natação. A média da idade, altura, peso, e anos de prática desportiva foi de 13.60 ± 0.21 anos, 1.60 ± 0.10 m, 49.07 ± 13.69 kg, e 4.43 ± 0.51 , respectivamente. Os pais dos nadadores foram informados de todos os procedimentos e deram consentimento formal para a aplicação dos testes.

2.2. Metodologia

As avaliações decorreram em dois momentos distintos. O primeiro momento ocorreu no início da época desportiva (durante a primeira semana de Outubro) e o segundo processou-se após doze semanas de treino (durante a última semana de Dezembro).

Durante este período, os nadadores realizaram 70 unidades de treino, correspondendo a um valor médio de 5.83 ± 0.72 unidades de treino por semana. Os nadadores percorreram 258 km, correspondendo a um valor médio de 21.50 ± 4.12 km por semana e 3.70 ± 0.60 km por unidade de treino. Relativamente à intensidade das sessões, os participantes realizaram 23.40 km com uma intensidade correspondente à velocidade crítica (2.60 ± 1.02 km por semana) e 8.0 km com uma intensidade correspondente à potência aeróbia (1.60 ± 0.28 km por semana). O restante volume de treino foi constituído por tarefas aeróbias de baixa intensidade, exercícios de aperfeiçoamento técnico e treino de velocidade. Os nadadores realizaram ainda duas sessões de treino em seco por semana, constituída por exercícios de condição física geral (abdominais, dorsais, lombares, flexões de braços e alongamentos).

Para cada nadador determinou-se a velocidade e a frequência gestual crítica nos dois momentos de avaliação. Todos os nadadores realizaram dois testes máximos em crol: 50 m e 400 m. Antes de cada teste, cada nadador efectuou um aquecimento de 15 minutos. Os 50 m e os 400 m foram realizados com dois dias de intervalo, sendo os 50m os

primeiros. Os testes decorreram numa piscina coberta de 25m. Foram utilizadas partidas da parede testa (Fernandes e Vilas-Boas, 1999) e cada nadador realizou o teste sozinho, em pistas separadas.

A velocidade crítica foi determinada através do declive da recta de regressão entre a distância e o tempo de nado (50 m e 400 m: Figura 1) de acordo com o protocolo de Wakayoshi et al. (1992a). A frequência gestual crítica foi calculada através do declive da recta de regressão entre o número de ciclos gestuais e o tempo de nado (50 m e 400 m), tal como indicado na figura 2. Durante cada teste, o número de ciclos gestuais foi registado em cada 25 m de acordo com a metodologia utilizada por Marinho et al. (2006).

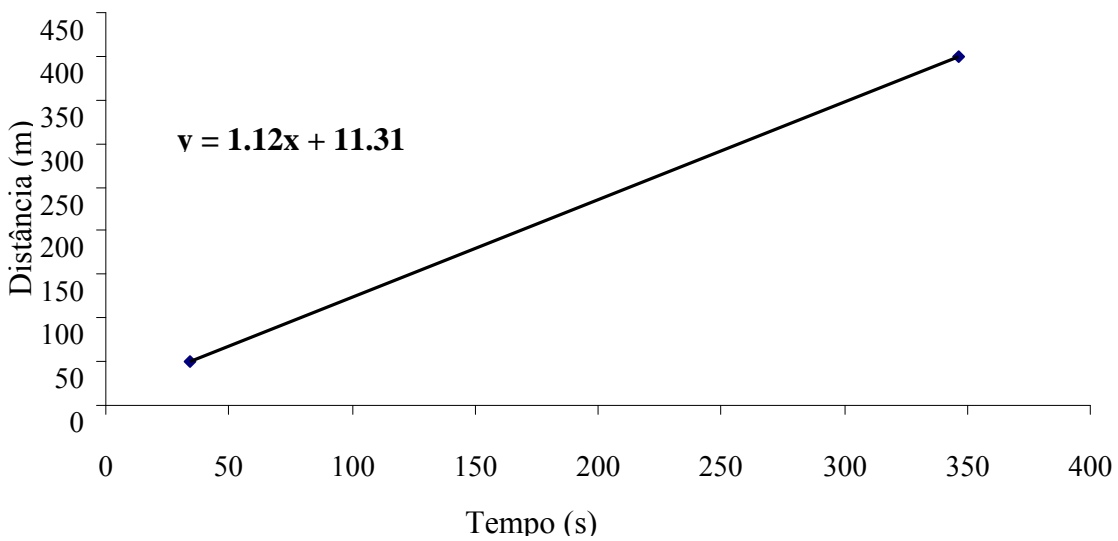


Figura 1: Exemplo da determinação da velocidade crítica para um nadador da amostra (velocidade crítica = 1.12 m/s). A equação da regressão entre a distância e o tempo de nado é também apresentada.

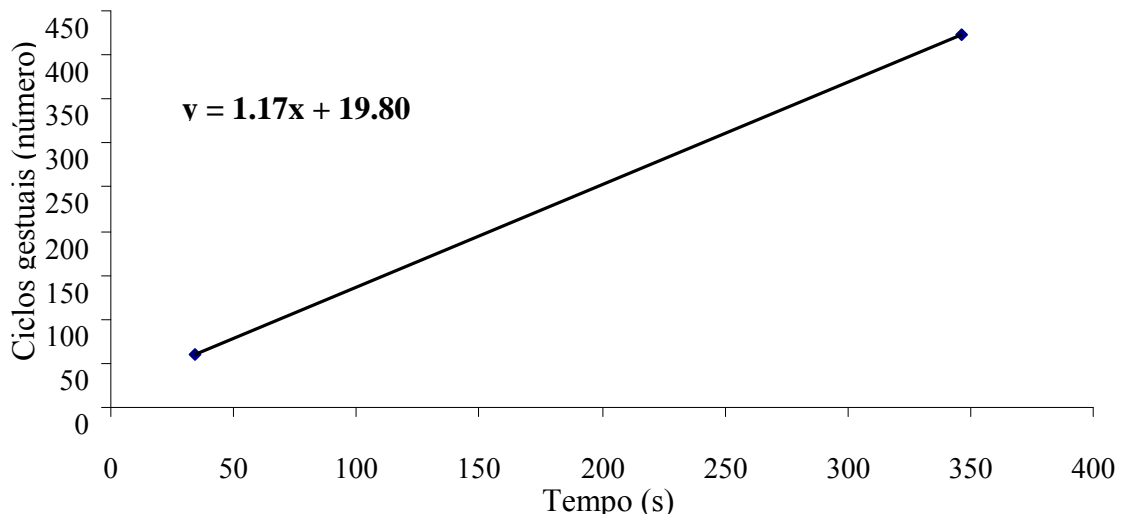


Figura 2: Exemplo para a determinação da frequência gestual crítica de um nadador da amostra (frequência gestual crítica = 1.17 ciclos/s). A equação de regressão entre o número de ciclos gestuais e o tempo de nado é também apresentada.

2.3.Procedimentos Estatísticos

A estatística descritiva, média e desvio-padrão, foram calculadas para todas as variáveis de interesse. Verificou-se que os dados seguiam uma distribuição normal através do teste Shapiro-Wilks. O coeficiente de correlação de Pearson, o t-teste de medidas repetidas e o t-teste de medidas independentes foram também utilizados. O nível de significância foi estabelecido em $p \leq 0.05$.

Os nadadores foram igualmente divididos em dois grupos, considerando o valor da velocidade crítica determinado no primeiro momento de avaliação. O grupo 1 foi constituído por sete nadadores com valores mais elevados, enquanto os restantes nadadores fizeram parte de um segundo grupo (i.e. grupo 2).

III. Apresentação dos Resultados

O quadro 1 apresenta os valores médios dos 50 m e dos 400 m crol nos dois momentos de avaliação. Pode observar-se incrementos significativos na performance de nado.

É fácil perceber-se que a velocidade crítica aumentou significativamente entre o primeiro e a segunda momento de avaliação, enquanto a frequência gestual crítica diminuiu também de forma significativa.

Quadro 1: Média \pm desvio-padrão (DP) dos valores dos 50 m e 400 m crol no primeiro e segundo momentos de avaliação.

Testes	Avaliação	Média \pm DP	p
50 m crol (s)	1º Momento	36.60 \pm 4.40	0.00*
	2º Momento	34.44 \pm 3.40	
400 m crol (s)	1º Momento	367.14 \pm 33.21	0.00*
	2º Momento	353.79 \pm 32.80	

* $p \leq 0.05$

Quadro 2: Média \pm desvio-padrão (DP) dos valores da velocidade crítica e da frequência gestual crítica no primeiro e segundo momentos de avaliação.

Testes	Avaliação	Média \pm DP	p
Velocidade crítica (m/s)	1º Momento	1.07 \pm 0.09	0.01*
	2º Momento	1.10 \pm 0.10	
Frequência gestual crítica (ciclos/s)	1º Momento	1.10 \pm 0.09	0.02*
	2º Momento	1.05 \pm 0.08	

* $p \leq 0.05$

Não se verificou qualquer relação entre a velocidade e a frequência gestual crítica nos dois momentos de avaliação (1º momento: $r = 0.04$, $p = 0.89$; 2º momento: $r = -0.28$, $p = 0.34$). Contudo, quando a amostra foi dividida com base nos valores da velocidade crítica, verificou-se uma relação significativa entre a velocidade crítica e a frequência gestual crítica (1º momento: $r = 0.766$, $p = 0.05$; 2º momento: $r = 0.860$, $p = 0.01$) para o grupo que apresentou valores mais elevados. No grupo 2 (valores mais baixos de velocidade crítica), não foi encontrada qualquer relação entre estas duas variáveis (1º momento: $r = 0.16$, $p = 0.74$; 2º momento: $r = -0.21$, $p = 0.15$).

As figuras 3 e 4 apresentam as diferenças entre o grupo 1 e o grupo 2 em cada momento de avaliação. É importante referir que os sete melhores nadadores no teste da velocidade crítica no primeiro momento de avaliação foram os mesmos no último momento. Foram registadas diferenças significativas entre os grupos na velocidade crítica e nos testes de 50 m e 400 m. Não se observaram diferenças significativas na frequência gestual crítica.

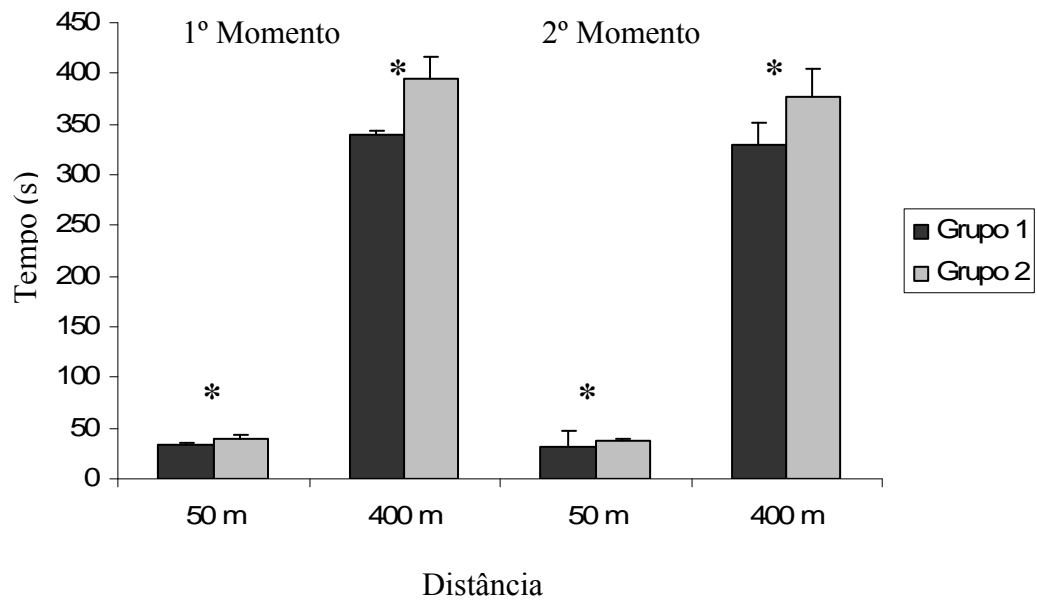
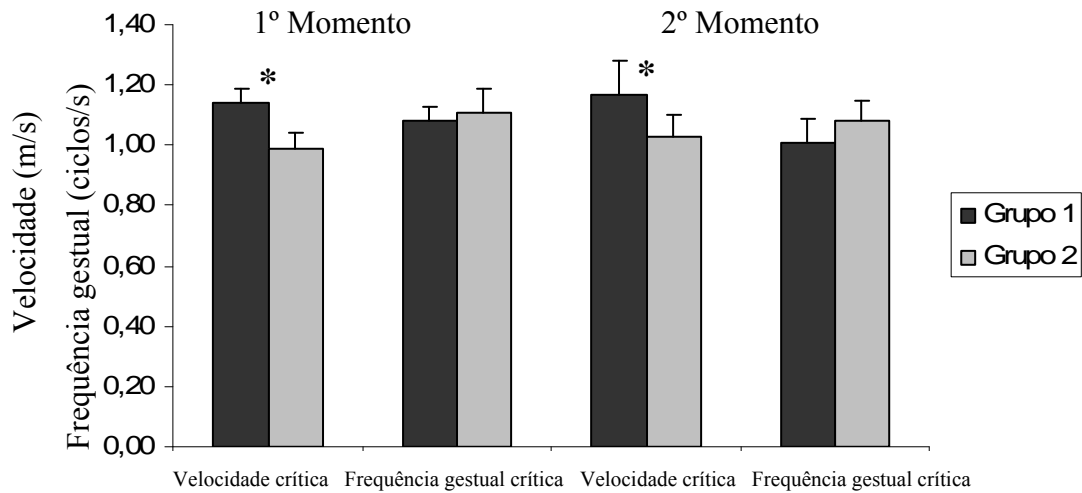


Figura 3: Comparação entre grupo 1 e grupo 2 em relação ao teste de 50 m e 400 m crol no 1º e 2º momentos de avaliação. O grupo 1 corresponde aos sete melhores nadadores no teste da velocidade crítica, no 1º momento de avaliação, e o grupo 2 corresponde aos sete nadadores que apresentaram valores mais baixos de velocidade crítica. * $p \leq 0.05$.



Parâmetros

Figura 4: Comparação entre grupo 1 e grupo 2 em relação aos valores do teste de velocidade crítica e frequência gestual crítica no 1º e 2º momentos de avaliação. O grupo 1 corresponde aos sete melhores nadadores no teste da velocidade crítica, no 1º momento de avaliação, e o grupo 2 corresponde aos sete nadadores que apresentaram valores mais baixos de velocidade crítica. * $p \leq 0.05$.

Constatou-se ainda que a performance nos testes de 50 m e 400 m crol e a velocidade crítica aumentou em ambos os grupos (figuras 5 e 6). O valor da frequência gestual crítica apenas diminuiu no grupo 1.

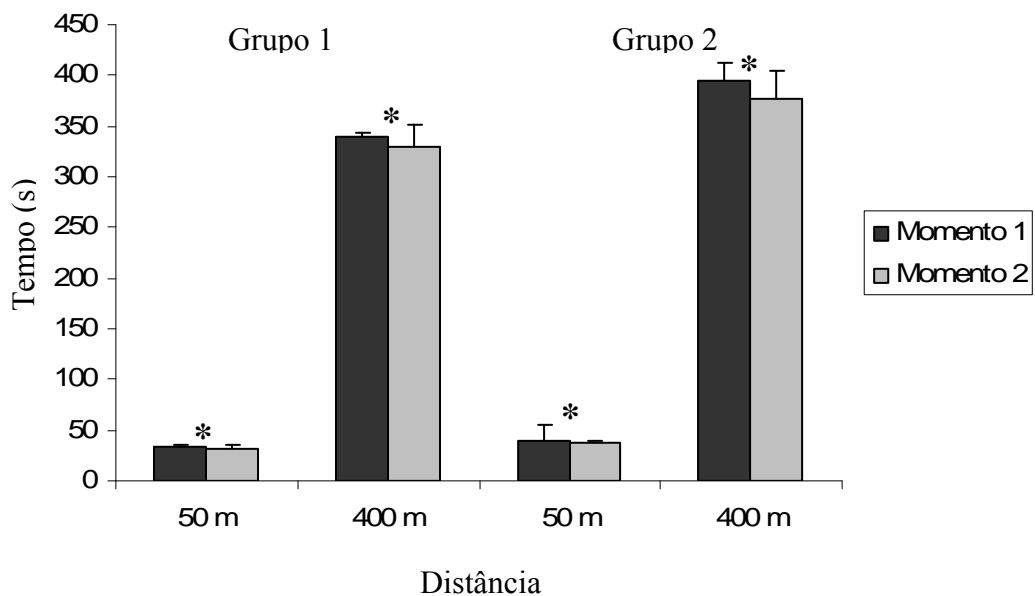


Figura 5: Comparação entre o 1º e 2º momentos de avaliação em relação aos testes de 50 m e 400 m crol nos grupos 1 e 2. O grupo 1 corresponde aos sete melhores nadadores no teste da velocidade crítica, no 1º momento de avaliação, e o grupo 2 corresponde aos sete nadadores que apresentaram valores mais baixos de velocidade crítica. * $p \leq 0.05$.

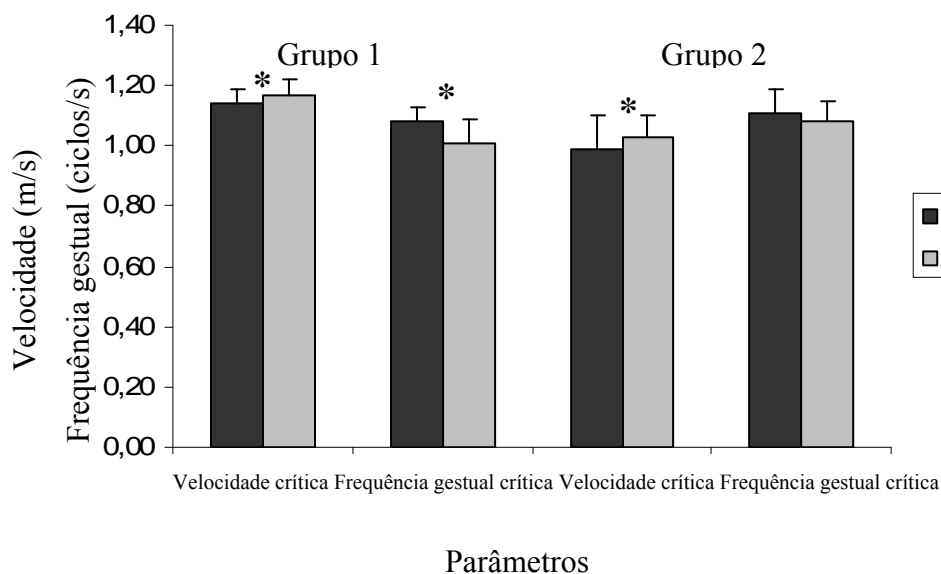


Figura 6: Comparação entre o 1º e 2º momentos de avaliação em relação à velocidade crítica e à frequência gestual crítica nos grupos 1 e 2. O grupo 1 corresponde aos sete melhores nadadores no teste da velocidade crítica, no 1º momento de avaliação, e o grupo 2 corresponde aos sete nadadores que apresentaram valores mais baixos de velocidade crítica. * $p \leq 0.05$.

IV. Discussão dos Resultados

Este trabalho examinou as alterações na velocidade e na frequência gestual crítica após doze semanas de treino em jovens nadadores do sexo masculino. Tal como era expectável, devido à grande percentagem de treino aeróbio efectuado, os nadadores aumentaram a capacidade aeróbia, corroborando resultados anteriormente publicados (Wakayoshi et al., 1993b; Maclaren e Coulson, 1999). Todavia, a melhoria da performance aeróbia nem sempre é clara. Frequentemente, os treinadores têm enormes dificuldades para perceber se as melhorias da capacidade aeróbia são o resultado de uma melhor resposta fisiológica e/ou consequência de uma melhoria técnica. De facto, o mesmo teste utilizado para determinar a velocidade crítica pode ser igualmente empregue para determinar a frequência gestual crítica. O treinador apenas necessita de registar o número de ciclos gestuais dos membros superiores durante o teste para determinar a frequência gestual crítica.

No final das doze semanas de treino, os nadadores não só aumentaram significativamente a velocidade crítica ($p = 0.01$), mas também foram capazes de diminuir de forma significativa a frequência gestual crítica ($p = 0.02$). É possível especular que a habilidade técnica dos nadadores foi melhorada após este período de treino. De facto, os nadadores foram capazes de nadar à mesma *intensidade fisiológica*, com uma velocidade superior e com uma menor frequência gestual. Este resultado é deveras interessante e poderá ser um dado extremamente útil para auxiliar os treinadores a monitorizar e controlar o treino em natação, recorrendo a um procedimento bastante simples, acessível, e praticamente sem custos associados. A avaliação e o controlo do treino em jovens nadadores são importantes para perceber a evolução dos nadadores, controlando os efeitos das cargas de treino e ajustando-as sempre que necessário (Barbosa et al., 2010).

Wakayoshi et al. (1993b) apresentaram uma tendência semelhante após seis meses de treino aeróbio em natação. Apesar de não terem observado aumentos significativos na frequência gestual, seis dos sete nadadores que constituíram a amostra melhoraram a velocidade aeróbia máxima em função do aumento da distância de ciclo. A distância de

ciclo média da amostra foi também significativamente superior após o programa de treino.

Foi também interessante verificar que os grupos apresentaram diferentes tendências no desempenho final das doze semanas de treino. No grupo constituído pelos nadadores com valores superiores de velocidade crítica (grupo 1), quer a velocidade crítica, quer a frequência gestual crítica, apresentaram melhorias significativas após as doze semanas de treino. Apesar da velocidade crítica ter aumentado, a frequência gestual crítica não sofreu alterações entre o 1º e 2º momentos de avaliação, no grupo 2 (grupo constituído pelos nadadores com mais baixo valor de velocidade crítica). O grupo 1 melhorou a performance associada a um significativo aumento da habilidade técnica de nado, enquanto o grupo 2 melhorou a performance sem apresentar melhorias significativas na habilidade técnica. Este aspecto parece mais uma vez realçar a pertinência do controlo conjunto da velocidade crítica e da frequência gestual crítica, permitindo perceber mais detalhadamente as diferentes respostas que ocorrem de determinadas cargas de treino, em indivíduos de diferente nível desportivo.

No presente estudo não foram encontradas diferenças na frequência gestual crítica entre os grupos nos dois momentos de avaliação. Porém, as alterações neste parâmetro parecem ser um aspecto central na melhoria do rendimento em natação.

Os resultados deste estudo podem ser importantes no controlo e avaliação do processo de treino, nomeadamente na orientação do mesmo e nas propostas baseadas em programas que contemplam exercícios intervalados (Renoux, 2001). Deste modo, os treinadores podem utilizar a velocidade crítica juntamente com a análise de parâmetros da frequência gestual. Esta opção permitirá planear não só o treino aeróbio, com base na intensidade fisiológica, mas também controlar a técnica de nado durante o treino (Clipet et al., 2003). De acordo com Marinho et al. (2006), os nadadores podem cumprir uma determinada distância de nado num determinado regime aeróbio, utilizando uma frequência gestual individual e específica para cumprir essa mesma distância. O presente estudo demonstrou que a utilização simultânea da velocidade e da frequência gestual pode ser um importante parâmetro, não só no controlo do processo de treino, mas também ao nível dos constrangimentos da própria tarefa de treino. A este propósito, Costill et al. (1985) referem mesmo a influência da técnica de nado no custo energético

e, subsequentemente, a sua influência nas prestações aeróbias, pelo que a capacidade que um nadador tem para melhorar a sua técnica, observável no aumento da sua distância por ciclo, pode determinar o seu sucesso, particularmente ao nível do treino aeróbio (Pelayo et al., 2000). No seguimento do exposto, os resultados obtidos no presente trabalho reforçam a convicção expressa por Clipet et al. (2001) que sugerem que o conceito de frequência gestual crítica descrito por Pelayo et al. (2000) pode ser paralelamente associado com a velocidade crítica. Estes autores aplicaram estes conceitos (velocidade crítica e frequência gestual crítica) em exercícios intermitentes, embora tenham sido definidos para o exercício contínuo. Contudo, também o conceito de potência crítica pode ser aplicado para esforços intermitentes (Brickley et al., 1999). Dupont et al. (1999) já tinham demonstrado uma relação linear entre a distância e o tempo para a exaustão em exercício de corrida intermitente. No caso concreto da velocidade crítica, Clipet et al. (2001) demonstraram que, para esforços de nado intermitente, os parâmetros metabólicos, concentração de lactato sanguíneo e frequência cardíaca, são similares, quer para o exercício contínuo, quer para o intermitente, embora a velocidade crítica determinada para o exercício intermitente fosse superior (3%). Considerando os valores de concentração de lactato sanguíneo durante o teste contínuo e o teste intermitente de 20min, verificados entre o quinto e vigésimo minuto, a velocidade crítica observada foi ligeiramente superior comparativamente ao *steady state* máximo de lactato. Os valores de frequência gestual crítica e da percepção subjectiva de fadiga indicaram que é mais fácil e mais eficiente nadar os 20min de forma intermitente do que contínua. Todas estas considerações levam-nos a pensar que a utilização conjunta da velocidade crítica e da frequência gestual crítica em tarefas de treino em natação deve ser valorizado pelos técnicos desportivos.

Quando considerados os resultados de Dekerle et al. (2002), pode ser ainda sugerido que uma frequência gestual pode ser imposta durante as repetições no treino, em vez de recorrer-se ao tempo necessário para cumprir a distância, tal como é sistematicamente efectuado. O objectivo do treino durante o nado em regime aeróbio realizado à velocidade crítica poderá passar pela estabilização da velocidade crítica com uma frequência gestual mais baixa face à frequência gestual crítica, ou manter a frequência gestual crítica com uma velocidade de nado superior à velocidade crítica. Esta situação implicaria uma maior distância por ciclo e que a mesma fosse mantida. Por conseguinte,

esta estratégia de treino, que assenta em múltiplas combinações interligando os diferentes parâmetros de nado, deverá ser realizada a qualquer velocidade do espectro de prova. Neste sentido, a relação frequência gestual/tempo que suporta o conceito de frequência gestual crítica, poderá representar uma *ferramenta* útil para os treinadores, pelo que a continuação e o aprofundamento dos dados resultantes do presente trabalho se revelam fundamentais no âmbito da avaliação e controlo do treino em natação pura desportiva.

V. Conclusões

Após a realização do presente estudo, foi possível concluir:

1. Doze semanas de treino durante a fase inicial da época desportiva permitem um aumento significativo dos valores da velocidade crítica e uma diminuição igualmente significativa dos valores da frequência gestual crítica num grupo de jovens nadadores.
2. Um ciclo de doze semanas de treino permite que jovens nadadores possam nadar à mesma intensidade fisiológica, mas com uma velocidade superior e simultaneamente com uma menor frequência gestual.
3. Doze semanas de treino na fase inicial da época induzem uma melhoria na habilidade técnica de nado.
4. Esta informação poderá ser bastante útil para os treinadores controlarem e avaliarem o processo de treino, de uma forma bastante simples, utilizando a velocidade crítica associada com a frequência gestual crítica na definição de séries de treino aeróbio.

VI. Sugestões para Futuras Investigações

Após a realização do presente estudo, pareceu-nos importante sugerir algumas linhas de orientação para futuras investigações neste âmbito. Neste sentido, este trabalho poderá ser completado com as seguintes sugestões:

1. Realizar o presente estudo não apenas com uma amostra de nadadores masculinos, mas alargando a nadadores do sexo feminino.
2. Aplicar esta metodologia a nadadores de diferentes escalões etários e sujeitos a diferentes dinâmicas de carga de treino.
3. Efectuar a avaliação da velocidade crítica (e da frequência gestual crítica) utilizando outras distâncias de nado (por exemplo, os 100 m e os 800 m crol).
4. Efectuar a avaliação da velocidade crítica e da frequência gestual crítica e os efeitos do treino sobre estas variáveis em diferentes técnicas de nado, alargando este estudo às técnicas de Mariposa, Costas e Bruços.

VII. Referências Bibliográficas

- **B**

 - Barbosa, T.M., Costa, M.J., Marinho, D.A., Coelho, J., Moreira, M., Silva, A.J. (2010). Modelling the links between age-group swimming performance, energetic and biomechanic profiles. *Pediatric Exercise Science*, in press.
 - Brinckley, G.; Jenkins, D.J.; Green, S.; Williams, C. A.; Wishart, C.; McEinery, M.; Doust, J. (1999). *Abstract book of the 4th Annual Congress of the European College of Sport Science*. Rome. Italy.

- **C**

 - Clipet, B., Dekerle, J., Pelayo, P., Sidney, M. (2003). Critical swimming speed and critical stroke rate in intermittent aerobic exercise. In: *Proceedings of the IXth Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming*. Ed.: Chatard, J.C. Saint-Etienne: University of Saint-Etienne. 313-317.
 - Clipet, B., Sydney, M., Pelayo, P. (2001). Critical speed and critical stroke rate in intermittent swimming exercise. In: *6th Annual Congress of the European College of Sport Science – 15th Congress of the German Society of Sport Science*. Cologne.
 - Costa, M., Silva, A.J., Reis, V.M., Garrido, N.D., Louro, H., Marques, M.C., Marinho, D.A. (2009). Can the curriculum be used to estimate the critical velocity in young competitive swimmers? *Journal of Sports Science and Medicine*, 8, 17-23.
 - Costill, D., Kovaleski, J., Porter, D., Fielding, R., King, D. (1985). Energy expenditure during front crawl swimming: predicting success in middle-distance events. *International Journal of Sports Medicine*, 6, 266-70.

- **D**

- Dekerle, J. (2006). The use of critical velocity in swimming. A place for critical stroke rate? *Portuguese Journal of Sport Sciences*, 6(Supl. 2), 201-205.
- Dekerle, J., Pelayo, P., Clipet, B., Depretz, S., Lefreuve, T., Sidney, M. (2005). Critical speed does not represent the speed at maximal lactate steady state. *International Journal of Sports Medicine*, 26, 53-58.
- Dekerle, J., Sidney, M., Hespel, J.M., Pelayo, P. (2002). Validity and reliability of critical speed, critical stroke rate, and anaerobic capacity in relation to front crawl swimming performances. *International Journal of Sports Medicine*, 23, 93-98.
- Dekerle, J., Pelayo, P., Sidney, M., Marais, G. (1999). Determination of critical speed in relation to front crawl swimming performances. *4th Annual Congress of the European College of Sport Science*. Roma. Italia.

- **F**

- Fernandes, R. (1999). *Perfil cineantropométrico, fisiológico, técnico e psicológico do nadador pré-junior*. Dissertação apresentação às provas de mestrado no âmbito do 3o 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.
- Fernandes, R., Vilas-Boas, J.P. (1999). Critical velocity as a criterion for estimating aerobic training pace in juvenile swimmers. In: *Biomechanics and Medicine in Swimming VIII*. Eds.: Keskinen, K., Komi, P., Pitkanen, P. Jyvaskyla: Gummerus Printing. 233-244.
- Fernandes, R., Guerra, S., Lamares, J., Vilas-Boas, J. P. (2000). Critical velocity in swimming: three different methods for its determination. In: *5th Annual Congress of the European College of Sport Science*. Jyvaskyla. Finland.
- Fernandes, R., Lamares, J. P., Vilas-Boas, J. P. (1999). Velocidade critica: um conceito, diferentes metodologias de determinação. *Resumo do I Congresso*

Internacional de Ciências do Desporto da Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física da Universidade do Porto. Porto.

- Fernandes, R., Lmares, J., Vilas-Boas, J.P. (1997). Velocidade crítica: indicador do estado de desenvolvimento da capacidade aeróbia em nadadores. *Comunicação apresentada no 4º Congresso Ibérico e 17º Congresso da AETN. Camargo. Cantabria.*
- **G** _____
 - Ginn, E. (1993). *Critical speed and training intensities for swimming: coaches report*. National Sport Researches Center. Australian Sports Commission. Belconnen. *
- **I** _____
 - Ikuta, Y., Wakayoshi, K., Nomura, T. (1996). Determination and validity of critical swimming force as performance index in tethered swimmers. In: *Biomechanics and Medicine in Swimming VII*. Eds.: Troup, P., Hollander, A.P., Strasse, D., Trappe, S.W., Cappaert, J.M., Trappe, T.A. Jyvaskyla: Grummerus Printing. 147-151.
- **J** _____
 - Jenkins, D., Quigley, B. (1990). Blood lactate in trained cyclists during ergometry at critical power. *European Journal of Applied Physiology*, 61, 278-283.
- **L** _____
 - Lmares, J.P. (1998). *A velocidade crítica como um meio de controlo e avaliação do treino em nadadores*. Dissertação apresentada as 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.

• **M** _____

- Maclaren, D.P., Coulson, M. (1999). Critical swim speed can be used to determine changes in training status. In: *Biomechanics and Medicine in Swimming VIII*. Eds.: Keskinen, K.L., Komi, P.V., Hollander, A.P. Jyvaskyla: Grummerus Printing. 227-232.
- Marinho, D., Vilas-Boas, J.P., Keskinen, K., Rodríguez, F., Soares, S., Carmo, C., Vilar, S., Fernandes, R. (2006). Behaviour of the kinematic parameters during a time to exhaustion test at VO₂max in elite swimmers. *Journal of Human Movement Studies*, 51, 1-10.
- Marinho, M.A., Marques, M.C., Garrido, N., Neiva, H., Costa, A.M., Reis, V.M., Silva, A.J., Marinho, D.A. (2009). Swimming performance changes in young swimmers: a case study. *Journal of Sports Science and Medicine*, 8(Suppl 11), 138-139.
- Martin, L., Whyte, G.P. (2000). Comparison of critical swimming velocity and velocity at lactate threshold in elite triathletes. *International Journal of Sports Medicine*, 21, 366-68.
- Monod, H., Scherer, J. (1965). The work capacity of a synergic muscular group. *Ergonomics*, 8, 329-338.
- Moritani, H., Nagata, A., de Vries, H. A., Muro, M. (1981). Critical power as a measure of physical work capacity and anaerobic threshold. *Ergonomics*, 24, 339-350.

• **N** _____

- Nomura, T., Shimoyama, Y. (2002). The relationship between stroke parameters and physiological responses at the various swim speeds. In: *Biomechanics and*

Medicine in Swimming IX. Eds.: Chatard, J.C. Saint Etienne: Publications de l'Université de Saint Etienne. 355-360.

• **P**

- Pelayo, P., Dekerle, J., Delaporte, B., Gosse, N. e Sidney, M. (2000). Critical speed and critical stroke rate could be useful physiological and technical criteria for coaches to monitor endurance performance in competitive swimmers. In: *Proceedings of XVIII International Symposium on Biomechanics in Sport*. Eds.: Sanders, R., Hong, Y. Hong Kong: The Chinese University of Hong Kong. 83-87.

• **R**

- Renoux, J.C. (2001). Evaluating the time limit at maximum aerobic speed in elite swimmers. Training implications. *Archives of Physiology and Biochemistry*, 109(5), 424-429.

• **V**

- Vilas-Boas, J.P., Lmares, J.P. (1997). Velocidade crítica: critério para a avaliação do nadador e para a definição de objetivos. *Comunicações apresentadas ao XX Congresso Técnico-Científico da Associação Portuguesa de Técnicos de Natação*. Setúbal.
- Vilas-Boas, J. P., Lmares, J. P., Fernandes, R., Duarte, J. A. (1997). Avaliação do nadador e definição de objetivos através de critérios não invasivos de simples implementação. *Horizonte*, XIV(80), 22-30.

• **W**

- Wakayoshi, K., Ikuta, K., Yoshida, T., Udo, M., Moritani, T., Mutoh, Y., Miyashita, M. (1992a). Determination and validity of critical velocity as an

- index of swimming performance in the competitive swimmer. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 64, 153-157.
- Wakayoshi, K., Yoshida, T., Udo, M., Kasai, T., Moritani, T., Mutoh, Y., Miyashita, M. (1992b). A simple method for determining critical speed as swimming fatigue threshold in competitive swimming. *International Journal of Sports Medicine*, 13, 367-371.
 - Wakayoshi, K., Yoshida, T., Udo, M., Harada, T., Moritani, T., Mutoh, Y., Miyashita, M. (1993a). Does critical swimming velocity represent exercise intensity at maximal lactate steady state? *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 66, 90-95.
 - Wakayoshi, K., Yoshida, T., Ykuta, Y., Mutoh, Y., Miyashita, M. (1993b). Adaptations to six months of aerobic swim training. Changes in velocity, stroke rate, stroke length and blood lactate. *International Journal of Sports Medicine*, 14(7), 368-372.
 - Wright, B., Smith, D. (1994). A protocol for the determination of critical speed as an index of swimming endurance performance. *Sport Science*, 39, 55-59.

* Referência de consulta indirecta.