



Velocidade Crítica como um critério de avaliação e prescrição do treino de Limiar Anaeróbio

João Carlos Marujo Martins Pereira de Sousa

Porto, 2008

U. PORTO



FACULDADE DE DESPORTO
UNIVERSIDADE DO PORTO

Velocidade Crítica como um critério de avaliação e prescrição do treino de Limiar Anaeróbio

Monografia realizada no âmbito da disciplina de
Seminário do 5º ano da licenciatura em Desporto e
Educação Física, na área de Rendimento Natação, da
Faculdade de Desporto da Universidade do Porto

Orientador: Professor Doutor João Paulo Vilas-Boas
João Carlos Marujo Martins Pereira Sousa

Porto, 2008

Sousa, J. C. (2008). *Velocidade Crítica como um critério de avaliação e prescrição do treino de Limiar Anaeróbio*. Porto: J. Sousa. Dissertação de Licenciatura apresentada à Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.

Palavras-chave: VELOCIDADE CRÍTICA, LIMIAR ANAERÓBIO; NATAÇÃO PURA DESPORTIVA; TREINO.

“Recomeça...
Se puderes,
Sem angústia e sem pressa.
E os passos que deres,
Nesse caminho duro
Do futuro,
Dá-os em liberdade
Enquanto não alcances
Não descanses
E nenhum fruto queiras só metade.”

Miguel Torga

Agradecimentos

A elaboração deste trabalho só foi conseguida com a ajuda e disponibilidade de pessoas importantes neste processo, por isso deixo aqui os meus agradecimentos:

Ao Professor Doutor João Paulo Vilas-Boas pelos desafios criados para me tornar cada vez melhor;

Ao Professor Doutor Ricardo Fernandes por todo o conhecimento que transmitiu e pela motivação dada ao longo dos últimos anos;

Aos restantes membros do gabinete de Natação a Professora Doutora Susana Soares e o Dr. Virgílio Santos Silva pela disponibilidade;

Ao clube de Natação de Valongo, pela confiança depositada em mim nos últimos 10 anos, ao antigo, Sr Costa e ao novo presidente, Sr Pedroso. Aos colegas de trabalho Octávio Meira e Filipe Marques pelas longas conversas e trocas de ideias e aos nadadores por todos os momentos vividos ao longo destes anos;

Aos meus amigos por todo o apoio a amizade;

Aos meus irmãos, Carla e Pedro pela amizade e carinho demonstrado;

Aos meus Pais por todo esforço e sacrifício ao longo destes anos, a eles o meu obrigado;

Por fim, à Sofia por todo o apoio emocional e pela ajuda nos momentos mais difíceis.

Índice geral

Agradecimentos	III
Índice figuras	VII
Índice quadros	IX
Índice de equações	XI
Resumo	XIII
Abstract	XV
Resumé	XVII
Lista de Abreviaturas e símbolos	XIX
I. Introdução	1
II. Revisão Bibliográfica	3
2.1. Potência Crítica	3
2.2. Velocidade crítica	5
2.2.1. Velocidade crítica como indicador da Capacidade Aeróbia	6
2.2.2. Determinação da Velocidade Crítica	7
2.2.3. Linearidade da variação do tempo de prova com a distância	10
2.2.4. Capital informativo de uma ou mais rectas	11
2.2.5. O valor da ordenada na origem da recta de regressão distância/tempo	15
2.2.6. Outros modelos de abordagem da VC	17
2.2.7. Velocidade crítica anaeróbia	22
2.3. Limiar anaeróbio em NPD	25
2.3.1. Limiar anaeróbio no treino de Natação	26
III. Objectivos e Hipóteses	29
3.1. Objectivo geral	29
3.2. Objectivos específicos	29
3.3. Hipóteses	29
IV. Material de métodos	31
4.1. Caracterização da Amostra	31
4.2. Procedimentos	32
4.3. Análise dos Dados	33
4.4. Procedimentos Estatísticos	34
V. Apresentação dos resultados	35

VI. Discussão de resultados	39
VII. Conclusão	43
VIII. Bibliografia	45

Índice figuras

Figura 1. Recta de regressão entre a distância de prova e o tempo dispendido.	8
Figura 2. Sobrestimação do LAN através do teste de duas velocidades e correlação da velocidade ideal de treino pela VC (adaptado Vilas-Boas et al. 1997b)	12
Figura 3. Conjunto de rectas fictícias, que simulam as oito eventuais flutuações da VC num mesmo sujeito ao longo de uma época desportiva. Na figura, a linha a cheio representa a nova recta e a tracejada a inicial (adaptado Vilas-Boas e Lamares 1997).	15
Figura 4. Rectas de regressão linear entre VC ($m.s^{-1}$) e a V100, V200 e V400 ($m.s^{-1}$).	36

Índice quadros

Quadro 1: Comparação entre os estudos de Wakayoshi et al. (1992a) e o de Wakayoshi et al. (1992b).....	6
Quadro 2: Síntese de autores e datas que efectuaram investigações sobre a Potencia Crítica, a Velocidade Crítica, valor da ordenada na origem e Velocidade Crítica Anaeróbia (adaptado de Campos, 2006).	24
Quadro 3: intensidade de nado para o treino de LAN nas várias distâncias (adaptado de Alves ,2000)	27
Quadro 4: Valores médios e desvio padrão ($X \pm dp$) da idade, das características antropométricas, e da anamnese do treino.	31
Quadro 5: valores máximos, valores mínimos, valores da média e desvio padrão da velocidade do teste da VC e das velocidades médias das séries típicas de LAN.	35
Quadro 6 : Valores do coeficiente de correlação (r) de Pearson entre a VC, V100, V200 e V400.	35
Quadro 7: t-teste de Student de medidas emparelhadas, arredondados às milésimas. Dif. Média – diferença de média, GL – graus de liberdade, Valor de t- valor de t-teste, valor de p- valor de prova.	36

Índice de equações

(1) $y = a * x + b$	7
(2) $a = \Delta y * \Delta x^{-1}$	8
(3) $V_{Crít} = 1.017 * V@1200 - 0.0039$	9
(4) $t = CTA * (v-VC)^{-1}$	18
(5) $W = a + PC * t$	18
(6) $e = e_{anae} + VO_{2max} * t$	19
(7) $d = CAD + VC * t$	20
(8) $v = d/t$	33

Resumo

O estudo da Velocidade Crítica (VC) nos últimos anos tem tido uma grande atenção por parte de investigadores e a sua utilidade no treino tem sido dos temas mais estudados.

O objectivo deste estudo consistiu na verificação de eventuais relações entre o teste de VC e séries típicas de Limiar Anaeróbio, procurando demonstrar que a VC, para além de um meio de avaliação da capacidade aeróbia é um critério de prescrição e planificação do treino de LAN.

A amostra deste estudo foi constituída por vinte e dois nadadores ($15,1 \pm 3,3$). A VC foi calculada com base em dois testes máximos de 200 e 800 metros Livres e comparada com a velocidade média das séries típicas de Limiar anaeróbio (LAN) nas distâncias de repetição de 100, 200 e 400 metros Livres.

A VC apresentou correlações elevadas ($r \geq 0,950$) com as séries típicas de 100, 200 e 400m Livres e valores de velocidade média muito aproximados ($VC=1,11 \pm 0,16$; $V100=1,11 \pm 0,16$; $V200=1,12 \pm 0,19$; $V400=1,11 \pm 0,15$).

Os resultados apresentados demonstram que a VC é um óptimo indicador de avaliação da capacidade aeróbia e um óptimo critério de prescrição e planificação das séries de treino aeróbio.

Palavras-Chave: Velocidade Crítica; Limiar Anaeróbio; Natação Pura Desportiva; Treino.

Abstract

The study of critical velocity (CV) in recent years has achieved a great attention from researchers and its utility in training has been of the most studied.

The purpose of this study was the verification of possible correlation between the VC with typical workout's of anaerobic threshold, seeking to demonstrate that the VC, as means of assessing aerobic capacity and is a criterion for the prescription and planning of the anaerobic threshold training.

The sample consisted on twenty-two swimmers (15.1 ± 3.3). The CV was calculated based on two maximum tests of 200 and 800 meter Freestyle and compared with the average speed of the typical workouts of Anaerobic Threshold at repetition distances of 100, 200 and 400 meter Freestyle.

The VC showed high correlation ($r \geq 0.950$) with the typical workout of Anaerobic Threshold in repetition distances of 100, 200 and 400m Freestyle and show values of average speed very similar ($VC = 1.11 \pm 0.16$; $V_{100} = 1.11 \pm 0.16$; $V_{200} = 1.12 \pm 0.19$; $V_{400} = 1.11 \pm 0.15$).

The result shows that the VC is very good in assessing the aerobic capacity and a good criterion for the prescription and planning of the aerobic training.

Keywords: Critical Velocity; Anaerobic Threshold; Swimming; Training.

Resumé

L'étude de la vitesse critique (CV) au cours des dernières années a u une grande attention de la part des chercheurs et leur utilité dans la formation a été des plus étudiés.

Le but de cette étude a été la vérification des liens possibles entre les épreuves de la série avec la CV typique de seuil anaérobie, et tendant à démontrer que le capital-risque, ainsi que d'un moyen d'évaluer la capacité aérobique est un critère pour la prescription de la formation et la planification du réseau local.

L'échantillon était constitué de vingt-deux nageurs ($15,1 \pm 3,3$). Le CV a été calculé sur la base des deux essais maximum de 200 et 800 mètres libre et par rapport à la vitesse moyenne de la série typique de seuil anaérobie (LAN) à des distances de répétition de 100, 200 et 400 mètres libre.

Le VC montré forte corrélation ($r \geq 0,950$) avec le série typique de seuil anaérobie à des distances de répétition 100, 200 et 400m libre et les valeurs de vitesse moyenne très proche ($VC = 1.11 \pm 0,16$; $V100 = 1.11 \pm 0,16$; $V200 = 1,12 \pm 0,19$; $V400 = 1.11 \pm 0.15$).

Les résultats présentés montrent que le CV est un très bon indicateur de l'évaluation de la capacité aérobique et un bon critère pour la prescription et la planification de la série d'aérobic.

Mots-clés: Vitesse Critique; Seuil Anaerobie; Natation; L'entrainement.

Lista de Abreviaturas e símbolos

[La-]	Concentração de lactato sanguíneo
♂	Género Masculino
♀	Género Feminino
a	Valor do declive da recta de regressão distância/tempo
b	Valor na ordenada de origem da recta de regressão
bat.min ⁻¹	Batimentos Cardíacos por Minuto
VO _{2máx}	Consumo máximo de oxigénio
VO ₂	Consumo oxigénio
CT	Controlo do treino
CTA	Capacidade de Trabalho Anaeróbio
LAN	Limiar Anaeróbio
LAN _{ind}	Limiar Anaeróbio Individual
NPD	Natação Pura Desportiva
UT	Unidade treino
V _{OBLA}	Velocidade correspondente <i>onset blood lactate accumulation</i>
V400	Velocidade média aos 400 metros
VC	Velocidade crítica
VC _{anaer}	Velocidade crítica correspondente ao teste anaeróbio incremental
VC _{aer}	Velocidade crítica correspondente ao teste de duas velocidades.
V4	Velocidade correspondente às 4 mmol.l ⁻¹
PC	Potência Crítica
m.s ⁻¹	Metro por segundo
Média±dp	Média mais ou menos Desvio-padrão
mmol.l ⁻¹	Milimole por litro
OBLA	Quantidade de lactato sanguíneo acumulado à velocidade correspondente a 4 mmol.l ⁻¹
r	Coeficiente de correlação de <i>Pearson</i>
r ²	Coeficiente de determinação
V100	Velocidade média de 100 metros Livres
V200	Velocidade média de 200 metros Livres
V400	Velocidade média de 400 metros Livres

x	Valor da abcissa
y	Valor da ordenada
Δx	Variação do valor de x
Δy	Variação de valor de y

Unidades do Sistema Internacional

m	Metros
s	Segundos
kg	Quilogramas

I. Introdução

O estudo da Velocidade Crítica (VC) nos últimos anos tem tido uma grande atenção por parte de investigadores e cientistas e a sua utilidade no treino tem sido dos temas mais estudados.

Desde do seu conceito pela primeira vez proposto por Wakayoshi et al. (1992a), que definiram a VC como a máxima velocidade de nado susceptível de ser mantida por um longo período de tempo sem exaustão, foram vários os estudos a desenvolverem esta temática. A sua relação com o Limiar Anaeróbio (LAN) tem sido uma das temáticas mais estudadas e tem sido considerado um parâmetro indicador da velocidade correspondente às 4 mmol.l⁻¹ (V4) (Wright e Smith, 1994; Ikuta et al., 1996; Lmares, 1998; Fernandes, 1999; Dekerle et al., 1999; Fernandes et al, 2000 e Rodriguez et al., 2003).

A sua utilização como um método de avaliação específico e individualizado, não sendo necessária a utilização de equipamentos muito dispendiosos e sofisticados nem implicando procedimentos de cálculo morosos e complexos (Vilas-Boas e Lmares, 1997), torna-se numa ferramenta válida para treinadores e clubes com poucos recursos.

No entanto, surgiram estudos que indicam que a VC sobrestima a velocidade correspondente *steady state* máximo de lactato (*Maximal Lactate Steady State*) contestando a sua validade no que refere à prescrição de intensidades de treino correspondentes à transição aeróbia/anaeróbia (Dekerle et al., 2005; Hill et al.1995b; Reis e Alves, 2007).

Recentemente tem surgido um novo conceito de VC, a velocidade Crítica Anaeróbia (VCanaer). Vários estudos revelaram relações elevadas entre a VC e distâncias predominantemente anaeróbias (Aleixo, 2006; Abe et al., 2006 e Fernandes et al., 2008). As distâncias utilizadas para o cálculo da VC variaram entre os 12,5 e os 150 metros (m).

O objectivo geral deste estudo consiste na verificação de eventuais relações entre o teste de VC com séries típicas de Limiar Anaeróbio em diferentes distâncias de nado, procurando demonstrar que a VC, para além de um meio

de avaliação da capacidade aeróbia é um critério de prescrição e planificação do treino de LAN.

Para concretizarmos o objectivo anteriormente exposto, definimos os seguintes objectivos específicos: (i) comparar o teste de VC com a velocidade média das séries típicas de LAN construídas com base nas distâncias de repetição de 100, 200 e 400m; (ii) verificar o grau de correlação existente entre a VC e séries típicas de LAN construídas com base nas distâncias de repetição de 100, 200 e 400m; (iii) validar a VC como um critério de prescrição e planificação do treino de LAN.

Através dos vários capítulos incluídos neste trabalho, procuraremos responder às questões anteriormente colocadas. Na introdução procuramos fornecer um breve resumo do estado da arte. Na revisão bibliográfica iremos apresentar todos os trabalhos elaborados ao longo dos últimos anos sobre esta temática. No capítulo de material e métodos é apresentada uma caracterização da amostra do estudo, assim como, do material e procedimentos utilizados. Na apresentação de resultados é feita uma apresentação tratada dos dados. A discussão de resultados, é a parte de análise dos resultados comparando-os com os de outros estudos já realizados, em que se discute e se justifica as semelhanças e dissemelhanças encontradas. Na conclusão é feita uma apresentação das conclusões obtidas, reportadas aos objectivos e hipóteses formuladas.

II. Revisão Bibliográfica

2.1. Potência Crítica

O conceito de Potência Crítica (PC) foi descrito pela primeira vez por Monod e Scherrer (1965) para os grupos musculares sinérgicos, sendo fundamentada teoricamente como a intensidade máxima de exercício que um grupo muscular é capaz de manter durante um longo período de tempo sem atingir exaustão. A sua determinação foi obtida através do valor do declive da recta de regressão entre a totalidade de trabalho realizado e o tempo total despendido até à exaustão.

Posteriormente, Moritani et al. (1981) aplicaram o conceito de PC ao trabalho total realizado em cicloergómetro. Tal como Monod e Scherrer (1965), Moritani et al. (1981) observaram elevada linearidade ($0,982 \leq r^2 \leq 0,998$) entre o trabalho total realizado e a duração até atingir a exaustão no cicloergómetro. Os mesmos autores observaram ainda que a PC se correlacionava significativamente com o limiar anaeróbio ventilatório ($r=0.928$).

Mais recentemente, Jenkins e Quigley (1990) propuseram que a PC é um parâmetro que pode ser utilizado para a determinação da intensidade de esforço, na qual o indivíduo consegue manter-se por um longo período de tempo sem exaustão, ou a mais alta intensidade que pode ser mantida pelo sistema aeróbio. A partir deste estudo, os autores encontraram uma elevada linearidade ($0.994 \geq r \leq 1.000$) entre o trabalho realizado e a sua duração até atingir a exaustão. Na prova de 30 minutos, apenas dois ciclistas foram capazes de manter uma intensidade de esforço equivalente à PC determinada, todos os outros tiveram de reduzir os níveis de intensidade. Jenkins e Quigley (1990) concluíram que a PC sobrestimou o valor médio da intensidade de esforço da prova.

Para além do estudo de Jenkins e Quigley (1990), vários estudos (Jenkins e Quigley, 1992; Housh et al., 1989; Mclellan e Cheung, 1992; Bull et al., 2000) chegaram à mesma conclusão, de que a PC sobrestima a potência máxima, que se pode manter por um “longo período de tempo”.

Hill (1993) elaborou um artigo de revisão sobre o conceito de PC. O autor definiu o conceito de PC, fazendo referência à relação potência/tempo e à validade do conceito de PC como um parâmetro de avaliação da potência máxima sustentável, e ainda à validade da Capacidade de Trabalho Anaeróbio (CTA) como um parâmetro de avaliação da capacidade anaeróbia individual. A PC é um conceito teórico que pressupõe a existência de uma potência máxima de exercício, que pode ser mantida indefinidamente. O conceito é baseado na relação hiperbólica entre a potência realizada e a correspondente tempo até à exaustão (t) (Hill, 1993; Hill e Ferguson, 1999). Teoricamente, na relação hiperbólica, a assíntota da potência, PC, pode ser sustentada sem fadiga, de facto, a exaustão ocorre 30 a 60 minutos depois do exercício à PC. Segundo Hill (1993) a PC está relacionada com o limiar de fadiga, o limiar ventilatório, o limiar láctico e o consumo máximo de oxigénio ($VO_{2máx}$) e providencia uma medida de capacidade aeróbia. O segundo parâmetro da relação, CTA, está relacionado com o trabalho nos 30 segundos (s) do teste Wingate, trabalho em exercício intermitente de alta intensidade e défice de oxigénio, providenciando uma medida da capacidade anaeróbia. De acordo com o trabalho de Hill (1993) a PC aumentou depois do treino de resistência e a CTA aumentou depois do treino de elevada intensidade, concluindo que a PC está intimamente relacionada com o exercício aeróbio.

A CTA é definida como uma reserva de energia finita armazenada no músculo, e que representa a potência máxima de trabalho susceptível de ser realizado apenas com recurso à referida reserva de energia (Bishop e Jenkins, 1996).

Apesar da existência de diferentes equações lineares e não-lineares para a determinação dos parâmetros PC e CTA (Bull et al., 2000; Gaesser et al., 1995), a equação hiperbólica que relaciona potência-tempo tem sido a mais utilizada, embora outras duas equações tenham sido linearizadas a partir da função hiperbólica, ou seja, a equação que relaciona potência-1/tempo bem como a que relaciona trabalho-tempo (Bull et al., 2000). Deve-se salientar, que a falta de rigor metodológico e variação intra-individual durante a aquisição dos dados experimentais podem interferir no ajuste desses modelos matemáticos, resultando em erros aleatórios e/ou sistemáticos que podem comprometer as

estimativas da PC e da CTA (Hopkins et al., 1989; Gaesser et al., 1995; Bishop et al., 1998 ; Hill e Smith, 1994).

2.2. Velocidade crítica

Wakayoshi et al. (1992a) desenvolveram o teste de VC em Natação Pura Desportiva (NPD), teste que possibilita uma estimacão da velocidade correspondente ao ritmo do limiar anaeróbio (intensidade de esforço até onde os processos de produo e remoo de ácido láctico estão equilibrados não existindo acumulaco exponencial de lactato) durante o treino.

Os autores definem a VC como sendo a mais alta intensidade de exercício que pode ser mantida por longo período de tempo sem exaustão. Estes acreditam também que essa velocidade de nado corresponde ao *steady state* máximo de lactato (*Maximal Lactate Steady State*).

O procedimento para determinao da VC em NPD foi desenvolvido sobre o conceito de PC que foi primeiramente proposta por Monod e Scherrer (1965) para grupos musculares sinérgicos.

Wakayoshi et al. (1992a) procuraram desenvolver inúmeros protocolos para determinao da VC que correspondesse ao limiar anaeróbio individual (LAN_{ind}) do atleta. O procedimento envolve no mínimo duas tentativas a quatro tentativas efectuadas às intensidades máximas, utilizando as distâncias de 50, 100, 200 e 400 metros (m) em situao de teste.

Vários autores (Wakayoshi et al., 1992a; Wakayoshi et al., 1992b ; Wright e Smith, 1994; Ikuta et al., 1996; Fernandes e Vilas-Boas, 1998; Vilas-Boas et al. 1997a; Lmares, 1998; Fernandes, 1999; Dekerle et al., 1999; Fernandes et al., 2000 e Rodriguez et al., 2003) definem a VC como um parâmetro, naturalmente associável ao conceito de LAN.

Para Vilas-Boas e Lmares (1997) as vantagens da VC, em relao a aos testes invasivos como a determinao da curva lactatemia/velocidade, decorrem de se tratar de um critério específico e individualizado, aferido através de um método não invasivo, sem requerer meios técnicos e

sofisticados e dispendiosos e não implicando procedimentos de cálculo morosos e complexos.

2.2.1. Velocidade crítica como indicador da Capacidade Aeróbia

Segundo Wakayoshi et al. (1992a) a VC corresponde à velocidade máxima de nado que é possível manter por um longo período de tempo, sem atingir a exaustão. A partir deste conceito até à actualidade observou-se uma procura de verificar se a VC consiste num parâmetro capaz de avaliar os nadadores.

Os estudos realizados por Wakayoshi et al. (1992a) em *swimming flume* e posteriormente, em *swimming flume* e piscina de 25m (1992b) vieram comprovar a relação entre a VC e a capacidade aeróbia.

Os estudos de Wakayoshi et al. (1992a, 1992b) observaram correlações elevadas e elevada linearidade entre a VC e o LAN, a VC e a velocidade de nado correspondente à concentração de 4 mmol/l⁻¹ de lactato sanguíneo (V_{OBLA} ou V4) e a VC e a velocidade média dos 400m Livres (V400), indicadores da capacidade aeróbia (quadro 1).

Quadro 1: Comparação entre os estudos de Wakayoshi et al. (1992a) e o de Wakayoshi et al. (1992b)

Wakayoshi et al. (1992 ^a)	Wakayoshi et al. (1992 ^b)
<p>Correlações significativas da VC com:</p> <ul style="list-style-type: none"> - o consumo de oxigénio (VO₂) correspondente ao limiar anaeróbio (LAN) – r = 0.818, p≤0.01; - a velocidade de nado correspondente à concentração de 4mmol/l⁻¹ de lactato sanguíneo (V_{OBLA} ou V4) – r = 0.949, p≤0.01; - velocidade média dos 400m Livres (V400) – r = 0.864, p≤0.01. 	<p>Elevada linearidade entre:</p> <ul style="list-style-type: none"> - a VC obtida em flume e a VC obtida em piscina (r = 0.824, p≤0.05); - a VC obtida em piscina e V400 (r = 0.998, p≤0.01); - a VC obtida em piscina e a V_{OBLA} (r = 0.898, p≤0.01); - a VC obtida em flume e a V_{OBLA} (r = 0.856, p≤0.01); - a VC obtida em flume e a V400 (r = 0.823, p≤0.05).

Através dos resultados obtidos os autores verificaram que a VC pode ser determinada através da relação entre a distância de prova/teste (d) e a sua duração (t), tanto em *swimming flume* como em piscina de 25m. Os mesmos deixam a sugestão de que a VC pode ser adoptada como um indicador da capacidade aeróbia dos nadadores.

Outros estudos efectuados sobre esta temática sugerem que a VC calculada com base em testes constitui um parâmetro que pode ser considerado como indicador da V4, ou seja LAN (Wright e Smith, 1994; Ikuta et al., 1996; Lamares, 1998; Fernandes, 1999; Dekerle et al., 1999; Fernandes et al., 2000 e Rodriguez et al., 2003).

Para além disso, Wakayoshi et al. (1993b) referem que a VC está correlacionada com o *steady state* máximo de lactato, isto é, correlacionada com a dinâmica do equilíbrio entre produção e remoção / utilização de lactato.

Assim, Vilas-Boas et al. (1997b) consideraram que a VC pode ser utilizada como um método de avaliação específico e individualizado da resistência aeróbia de nadadores, não sendo necessária a utilização de equipamentos muito dispendiosos e sofisticados nem implicando procedimentos de cálculo morosos e complexos.

2.2.2. Determinação da Velocidade Crítica

A VC é calculada através da equação de regressão linear entre distância e tempo (1). A recta de regressão linear, expressa no gráfico a média de velocidade ($m.s^{-1}$ – metros por segundo) nadada entre os quatro testes de 50 a 400m e o seu declive equivale à VC.

A equação da recta é do tipo:

$$y = a * x + b \tag{1}$$

onde:

y = valor de ordenada (eixo dos yy), no caso o valor da distancia de prova,

a = valor do declive da recta,

x = valor de abcissa (eixo dos xx), no caso o valor do tempo de prova e

b = valor da ordenada na origem, isto é, valor ao qual a recta intercepta o eixo dos yy na origem do eixo do xx.

O declive a, da recta (1) é dado pela razão da variação entre dois pontos dos valores das respectivas coordenadas (x,y), isto é:

$$a = \Delta y * \Delta x^{-1} \quad (2)$$

Sendo y uma distância, expressa em metros (m) e x um tempo, expresso em segundos (s), **a** é uma velocidade, expressa em metros por segundo ($m*s^{-1}$), que se designa, neste caso, por velocidade crítica.

Wakayoshi et al. (1992b) verificaram a existência de elevada linearidade, através da análise da regressão, entre a distância e o tempo de nado, tendo encontrado coeficiente de determinação, $r^2 \geq 0,998$, $p \leq 0,01$. Esta acentuada linearidade é verificada usando duas, três ou quatro distâncias de nado (Fernandes e Vilas-Boas, 1998).

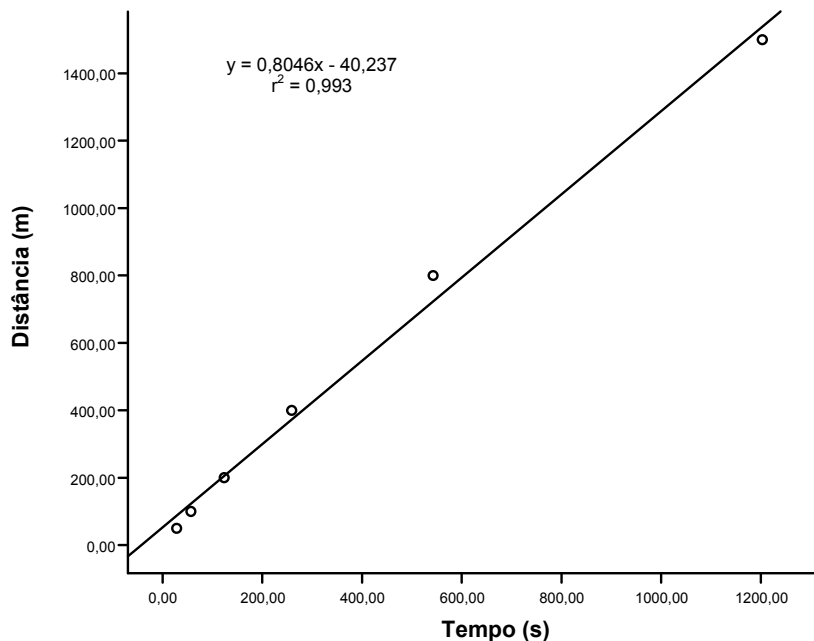


Figura 1. Recta de regressão entre a distância de prova e o tempo dispendido.

A determinação da VC tem sido feita de várias formas, vários investigadores tem utilizado a regressão distância/tempo, quer a utilizado uma equação de regressão previamente calculada entre uma velocidade de teste e a VC:

1. Wakayoshi et al. (1992a,1992b) utilizou as distâncias de 50, 100, 200 e 600m em situação de teste.
2. Ginn (1993), partindo da equação (2), determinou VC através de dois testes máximos, um envolvendo uma distância mais curta (eg. 50m) e outra mais longa (eg. 400m). A VC foi dada pela razão entre a diferença das distâncias e a diferença dos tempos de prova, sendo estes expressos em segundos.
2. Wright e Smith (1994) utilizaram também quatro provas, trocando a de 600 por uma de 1200m.
3. Ikuta et al. (1996); Wakayoshi et al. (1993b) e Dekerle et al. (2002) utilizaram apenas duas provas (200 e 400m).
4. Wright e Smith (1994) propuseram ainda uma equação para a predição de VC com base num teste de 1200m:

$$VC_{crit} = 1.017 \times V@1200 - 0.0039 \quad (3)$$

Na equação (3), $V@1200$ é a velocidade de teste de 1200m.

5. Fernandes et al. (1998) utilizaram duas distâncias máximas de 200 e 800m.
6. Vilas-Boas et al. (1997a) determinaram a VC através dos tempos oficiais em competição nas distâncias de 50, 100, 200, 400 e 1500m Livres
7. Rodriguez et al. (2003) utilizou as distâncias de 100 e 400m.

Vilas-Boas e Lmares (1997), num estudo com uma amostra de 6 nadadores de elevado nível nacional, observaram que a VC determinada através dos melhores tempos oficiais se correlacionava positiva e significativamente ($r^2=0,914$) com a velocidade correspondente a V_4 .

Através dos tempos oficiais Fernandes e Vilas-Boas (1998) concluíram que a VC é um bom estimador da velocidade correspondente ao LAN, assim como um indicador de controlo e avaliação do treino aeróbio do nadador, o que está de acordo com a literatura (Wakayoshi et al., 1992a; Ikuta et al., 1996; Wright and Smith, 1994).

2.2.3. Linearidade da variação do tempo de prova com a distância

Na determinação de qualquer parâmetro, onde se utiliza uma recta de regressão, existe a conjectura de que a recta representa de forma fidedigna a distribuição em análise.

Neste caso o grau de ajustamento dos pontos de distribuição é dado pelo coeficiente de correlação de Pearson (r), o qual varia entre -1 e 1. Os valores extremos representam um ajuste perfeito dos pontos à recta, no primeiro caso representa o declive negativo (quanto maior y , menor x) e no segundo caso, representa o declive positivo (maior y , maior x). A inexistência de qualquer relação entre as variâncias dos parâmetros expressos em y e x é expressa pelo valor 0.

O coeficiente de determinação (r^2) é expresso pelo quadrado de r , o qual apresenta uma variação entre 0 e 1 e, uma vez multiplicado por 100, traduz a percentagem de variância de um dos parâmetros explicada pela variância do outro.

Segundo Ginn (1993), no caso da VC determinada através da recta de regressão entre a distância de prova, ou teste, e o tempo correspondente, é esperado que o valor de r seja muito elevado, caso contrário colocaria em risco o significado do declive a e a legitimidade da simplificação.

A descrição em Natação de uma acentuada linearidade ($r^2=1$) das relações distância/tempo foi conseguida em vários estudos (Wakayoshi et al., 1992a; Wakayoshi et al., 1992b; Wakayoshi et al., 1993b; Ikuta et al., 1996; Wright and Smith, 1994; Vilas-Boas et al. 1997a; Fernandes e Vilas-Boas, 1998; Dekerle et al., 2005; Pelayo et al., 2000).

Segundo Vilas-Boas e Lmares (1997) a muito acentuada linearidade das distribuições revela que:

1. É possível determinar a VC através de cálculos simplificados, por exemplo utilizando apenas duas, três ou quatro distâncias. Porém, a supressão de uma distância longa poderá conduzir a uma subvalorização de VC, como mostraram Wright e Smith (1994).

2. A variação do tempo de prova em função da distância é determinada pela VC, sendo que quanto maior for o valor desta menos cresce o tempo de prova para um dado crescimento da distância. Querendo dizer que, quanto maior a VC, mais próximos dos tempos das distâncias mais curtas serão os tempos das distâncias mais longas.

Assim, a recta de regressão linear poderá apresentar variações no seu declive, variações simuladas por Vilas-Boas e Lmares (1997) e no qual iremos abordar detalhadamente no ponto seguinte.

2.2.4. Capital informativo de uma ou mais rectas

Segundo Vilas-Boas e Lmares (1997) para se conseguir percorrer as distancias mais longas em tempos mais próximos dos das distâncias mais curtas pressupõe menos boas prestações relativas nas segundas e melhores prestações relativas nas primeiras, ou seja, uma competência aeróbia superior, nomeada e especialmente no caso das prestações nas distâncias mais curtas não se alterarem significativamente. Os autores concluem que a VC constitui uma medida do estado de desenvolvimento da resistência aeróbia.

Os estudos de Wakayoshi et al. (1992a), Wakayoshi et al. (1992b); Ikuta et al. (1996), Wright e Smith (1994); Vilas-Boas et al. (1997a), Fernandes e Vilas-Boas (1998); Kokubun (1996); Toussaint et al. (1998), Fernandes et al. (1998) e Fernandes et al. (2000), Dekerle et al. (2002), Papoti et al. (2005) reforçam esta relação teórica, onde constataram correlações estatisticamente significativas entre a VC e V4 ($0.89 < r^2 < 0.99$).

Wakayoshi et al. (1993b) constataram que a VC determinada em piscina convencional, apenas com a realização de dois esforços máximos em distâncias de 200m e 400m, corresponde ao *steady state* máximo de lactatemia, sugerindo a sua utilização na avaliação da performance física sem a necessidade de amostras sanguíneas, ou equipamentos sofisticados.

Apesar de existir um número de estudos que considera a VC como um parâmetro de determinação do LAN, surgiram estudos que indicam que a VC sobrestima a velocidade correspondente MLSS, contestando a sua validade no que refere à prescrição de intensidades de treino (Dekerle et al., 2005; Hill et al.1995b; Reis e Alves, 2007). Na figura 2, pode-se observar uma sobrestimação do LAN através do teste de duas velocidades. Segundo Vilas-Boas et al. (1997b), sendo a VC um critério de avaliação alternativo ao LAN, ou parâmetros correlativos, esta “se afigura como uma das mais virtuosas utilidades deste parâmetro, nomeadamente a possibilidade de ser utilizada como «elemento complementar de diagnóstico», permitindo ajustar a melhor informação proporcionada por outros indicadores”.

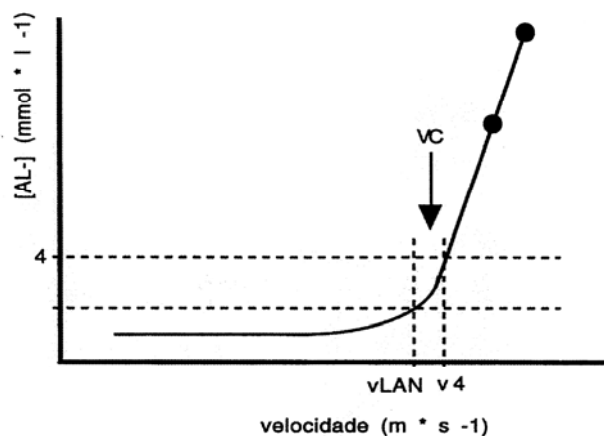


Figura 2. Sobrestimação do LAN através do teste de duas velocidades e correlação da velocidade ideal de treino pela VC (adaptado Vilas-Boas et al. 1997b)

Todavia, o capital informativo da VC no que diz respeito à participação aeróbia/anaeróbia no esforço, parece demonstrar que a recta de regressão pode ter outros pontos de interesse que convém reforçar. Vilas-Boas e Lmares (1997) simularam eventuais flutuações, ou tendências de flutuação, da VC num mesmo sujeito. Estes autores referem, que através da exploração das várias hipóteses de colocação espacial de duas rectas de regressão, poderá observar-se oito alternativas seguintes, graficamente sistematizadas na figura 3:

- (i) Aumentando o declive e mantendo-se a ordenada na origem: a VC é superior e os tempos de prova decrescem todos, mas especialmente os das distâncias mais longas. O que traduz uma melhoria da competência da capacidade aeróbia, que se repercutirá numa melhoria proporcionalmente menor no desempenho em distâncias mais curtas.
- (ii) Aumentando o declive, reduzindo-se o valor da ordenada na origem: aumenta a VC e os tempos de prova decrescem, mas apenas nas distâncias mais longas, havendo um decréscimo das prestações desportivas em provas mais curtas. Traduz uma melhoria da competência aeróbia, com sacrifício da capacidade anaeróbia que a primeira não foi capaz de compensar. Quanto mais importante for a redução da ordenada na origem, maior número de distâncias serão afectadas para o mesmo declive.
- (iii) Aumentando o declive, aumentando também o valor da ordenada na origem: aumenta a VC, aumentando a capacidade de rendimento em todas as distâncias, especialmente as mais longas. No entanto, a performance nas distâncias mais curtas aumenta mais do que o que é explicado pela VC.
- (iv) Aumentando o valor da ordenada na origem e o declive mantendo-se estacionário: a VC não se altera, pelo que se considera não ter progressos na capacidade de resistência aeróbia. Todavia, melhora a

prestação desportiva em todas as distâncias, o que só poderá ser explicado pela melhoria do potencial bioenergético anaeróbio, desde que a capacidade técnica se mantenha inalterada.

- (v) Aumentando o valor da ordenada na origem, diminuindo o declive: nas distâncias mais curtas e anaeróbias melhoram os resultados, podendo, por outro lado, o rendimento vir a piorar nas provas mais longas, desde que o aumento da ordenada na origem não seja suficiente para compensar as perdas em VC.
- (vi) Mantendo-se igual o valor da ordenada na origem, diminuindo o valor do declive: neste caso pioram todos os resultados desportivos, especialmente os associados às distâncias mais longas. Traduz uma quebra na capacidade de desempenho aeróbio, não compensado por uma elevação do valor da ordenada que, pelo menos, preservasse o desempenho nas provas mais curtas.
- (vii) Mantendo-se o declive e diminuindo o valor na ordenada da origem: a VC e a competência aeróbia não se alteram, sendo a prestação afectada negativamente em todas as distâncias, na medida da redução da ordenada na origem.
- (viii) Diminuindo o declive e diminuindo também o valor da ordenada na origem: pioram os resultados em todas as distâncias, especialmente nas distâncias mais longas, afectadas de forma semelhante pela redução do valor da ordenada na origem, mas mais afectadas pelo declive da função.

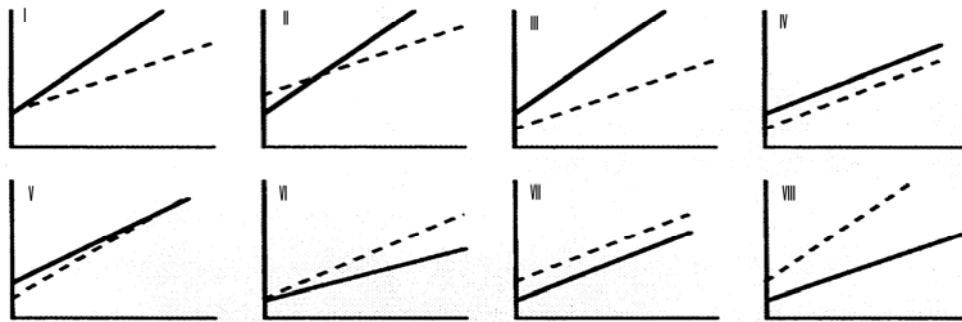


Figura 3. Conjunto de rectas fictícias, que simulam as oito eventuais flutuações da VC num mesmo sujeito ao longo de uma época desportiva. Na figura, a linha a cheio representa a nova recta e a tracejada a inicial (adaptado Vilas-Boas e Lamares 1997).

2.2.5. O valor da ordenada na origem da recta de regressão distância/tempo

O valor da ordenada na origem (valor de b) da equação da recta de regressão d/t foi enunciado por Ettema (1966) referindo que a ordenada na origem da regressão entre a distância de corrida e o tempo correspondente constituiria uma dimensão da capacidade energética anaeróbia e, posteriormente, por Jenkins e Quigley (1990) em relação à PC, testada em cicloergómetro.

Wakayoshi et al. (1993a) sugeriu que o valor da ordenada na origem (valor de b) poderia ser uma medida do potencial anaeróbio individual em NPD.

Jenkins e Quigley (1991) efectuaram um estudo tendo por objectivo perceber se o valor de b poderia ser considerado um indicador da CTA e concluíram que os resultados suportavam o ponto de vista teórico, ou seja, que o valor de b representa a CTA, sendo um útil indicador da capacidade de realizar trabalho intermitente de alta intensidade. Os autores encontraram valores médios de b de $15.3 (\pm 5.6)$, correlações baixas e negativas entre a PC e o valor de b ($r = -0.11$; $p < 0.005$) e correlações positivas entre o valor de b e o trabalho total no teste de exercício máximo intervalado ($r = 0.74$; $p < 0.05$).

Mas foi no estudo de Moritani et al. (1981) que surgiu a primeira sugestão sobre a relação entre o valor da intercepção com o eixo dos yy (que deriva da curva de PC) e a CTA.

Housh et al. (1990), num estudo realizado em corrida, referiram que a intercepção da recta de regressão com o eixo dos yy designa a capacidade anaeróbia de corrida, como sendo a máxima distância que se pode correr utilizando apenas as reservas de energia dos músculos activos. Sendo referido por estes autores que o teste da VC, em termos teóricos, providencia um método indirecto de acesso à capacidade anaeróbia do atleta.

No seu estudo Wakayoshi et al. (1993a) obtiveram um valor médio de b de 23,3 ($\pm 1,72$)m, variando entre 17,73 e 31,00m, com b muito próxima das que se consideram eminente e quase exclusivamente anaeróbias. Vilas-Boas et al. (1997b) estudaram esta temática, observando num grupo de 26 nadadores pré-juniores do norte de Portugal um valor médio de b de 19,33 ($\pm 5,56$)m e no qual obtiveram correlação negativa entre o tempo de prova de 50m Livres e o valor de b ($r = -0.513$, $p < 0.05$).

Para Vilas-Boas et al. (2001) a variação da distância com o tempo de prova, para distâncias inferiores a 50m, segue uma função curvilínea, a qual corresponde a uma progressiva diminuição do declive com o aumento da distância de teste. Para os autores a função de variação do tempo com a distância não seria efectivamente uma recta, apresentando desvios ténues em relação a esse modelo, decorrentes do facto de intervir não um mas, diferentes regimes de potência bioenergética e diferentes níveis de eficiência mecânica propulsiva total.

Segundo Vilas-Boas et al. (2001) esta hipótese está de acordo com a solicitação de recursos bioenergéticos de potência progressivamente inferior (fosfagénios e glicose anaeróbia).

Os autores anteriormente referidos sugerem que a ordenada na origem deveria ser entendida como a distância de nado a partir da qual o papel do metabolismo oxidativo passa a ser suficientemente relevante para que a progressão dos tempos em função da distância seja satisfatoriamente representado pelo declive da função, i.e., pela VC. Contudo, até que o

metabolismo aeróbio seja relevante, a preponderância é assumida pelo metabolismo anaeróbio, pelo que uma ordenada na origem superior traduziria uma capacidade anaeróbia também superior (Vilas-Boas et al., 2001).

Inserida nesta temática Balonas (2002), num estudo com uma amostra constituída por dezassete nadadores com idades compreendidas entre os 13 e 19 anos, verificou que para distâncias inferiores a 50m, o modelo curvilíneo (função polinomial de 2º grau) parece ser o que melhor se ajusta à distribuição distância/tempo.

Posteriormente, num estudo longitudinal realizado por Campos (2003), sobre a variação da VC e do valor de b da função distância/tempo ao longo de um macrociclo de treino com dois grupos de nadadores com idades entre 10 e 12 anos e os 15 e 21 anos, verificou que a variação de valor de b ao longo do macrociclo é significativamente diferente entre os grupos de nadadores.

No seu estudo Soares et al. (2003) procuraram analisar se o valor de b na NPD será um indicador da capacidade anaeróbia em dois grupos de nadadores com idades compreendidas entre os 10 e 12 anos e entre os 15 e 21 anos. Estes autores chegaram à conclusão que os valores de b não parecem proporcionar informação consistente acerca da performance anaeróbia dos nadadores, independentemente do grupo considerado.

Porém, o valor de b apresenta-se como um valor bastante instável, modificando-se sempre que se alteram as condições da determinação da VC (Balonas, 2002; Dekerle et al., 2002; Soares et al., 2003).

Apesar de tudo já realizado sobre esta temática, o significado do valor de b é um assunto que necessita maior investigação, já que os meios disponíveis para a avaliação do potencial anaeróbio são poucos e pouco específicos.

2.2.6. Outros modelos de abordagem da VC

Vários autores têm estabelecido várias formas de definição e cálculo da VC aplicado ao treino.

Para Hill e Ferguson (1999) a VC é o limite superior do domínio de elevadas intensidades (*heavy intensity domain*), i.e., a mais elevada intensidade de nado sem que o $VO_{2máx}$ seja atingido em exercício de carga constante.

No Atletismo, Billat et al. (1998) definiram a VC como a relação hiperbólica entre a velocidade e o tempo até à exaustão, em que tempo até exaustão dependia da CTA, i.e., da distância percorrida utilizando o metabolismo anaeróbio, e a VC (equação 4):

$$t = CTA * (v-VC)^{-1} \quad (4)$$

Ainda no Atletismo vários autores (Hugshon et al., 1984; Housh et al., 1992 e Pepper et al., 1992) propuseram uma definição VC equivalente à proposta de Monod e Scherrer (1965) na relação distância/tempo. Os autores anteriormente citados descrevem este modelo como hiperbólico, em que a ordenada na origem foi considerada como a Capacidade Anaeróbia em Distância percorrida, ou seja, a distância que se pode correr com reservas de oxigénio e a energia despendida pelo metabolismo anaeróbio.

A partir do modelo de Monod e Scherrer (1965) foram vários os estudos conduzidos para verificar a metodologia de determinação da relação trabalho total/tempo e distância/tempo, para melhor definir o significado fisiológico das diferentes constantes. As numerosas interpretações à *posteriori* da VC e da ordenada na origem proporcionaram uma compreensão dos significados fisiológicos dos parâmetros acima mencionados nos últimos 50 anos (Dekerle, 2006).

Para Monod e Scherrer (1965) o trabalho local e o tempo até à exaustão estavam linearmente relacionados. O declive da relação, chamado de PC foi definido como o “limite de fadiga local”, onde a intercepção com o eixo do yy (a) correspondia à reserva de energia (equação 5):

$$W = a + PC * t \quad (5)$$

O conceito de PC foi alargado à corrida (Hughson et al., 1984), ao ciclismo (Moritani et al., 1981) e à NPD (Wakayoshi et al., 1992a). Todavia, a aplicação do conceito de PC às actividades cíclicas segundo Vandewalle et al. (1997), di Prampero (1999) e Morton (2006) requer a consideração de diversas assunções. Dekerle et al. (2006) apresentaram cinco assunções para o conceito de PC em Natação:

Primeira assunção: o modelo de duas componentes, que indica que apenas existem duas componentes do sistema fornecedor de energia para o exercício humano, e que quando se realiza um exercício fatigante, a energia é gerada por duas vias: aeróbia e anaeróbia, dada pela equação 6:

$$e = e_{anae} + VO_{2max} * t \quad (6)$$

Vários autores indicam os limites da utilização de um modelo tão simples, baseado em apenas dois sistemas energéticos para caracterizar uma relação muito complexa de energia libertada/tempo (Billat et al., 1999 e Morton, 2006). Billat et al. (1999) afirma que outros modelos que contemplam mais algumas variáveis fisiológicas (Peronnet e Thibault, 1989; Morton, 1996) têm sido apresentados e validados na literatura. No entanto, estes modelos poderão ser demasiados complexos para serem usados no treino, não existindo ainda estudos que tenham sido conduzidos para testar a sua aplicabilidade como uma ferramenta de treino.

Segunda assunção: o custo energético na NPD, supondo que o custo energético da actividade, i.e., a quantidade de energia necessária para percorrer um metro ($ml O_2.m^{-1}$), é constante, de forma a permitir que a equação anterior (6) seja expressa como se segue (equação 7). Assim, a distância e o tempo necessário para a percorrer estão linearmente relacionados, com a VC e a Capacidade Anaeróbia em Distância percorrida (que na equação 7 está representado por CAD), representadas pelo declive e a ordenada na origem da relação distância/tempo respectivamente.

$$d = CAD + VC * t \quad (7)$$

Apesar de que na NPD a observação da relação linear distância/tempo tem sido usada para validar a aplicação do conceito de PC (Wakayoshi et al., 1992a), para Vautier et al. (1995), Dekerle et al. (2002) a relação distância/tempo não é estritamente linear, devido a uma mudança no custo energético durante a variação do tempo usado no cálculo da relação distância/tempo (Vandewalle et al, 1997; di Prampero, 1999). Para Cappelli et al. (1998), o custo energético em NPD, na verdade não cresce de forma constante com o aumento da velocidade de nado, devido a variações na eficiência, contributo energético e hidrodinâmica. Para o autor anteriormente citado, na primeira parte da relação distância/tempo a alta intensidade, a relação é exponencial, resultando proporcionalmente, em maiores aumentos do custo energético para variações da velocidade de nado. Quanto mais baixos os valores de tempo até à exaustão, mais elevado o declive e mais baixo o valor da ordenada na origem e vice-versa (Vandewalle et al.,1997 e Dekerle et al., 2002). Dekerle et al. (2006) fortalecem ainda que, os valores de VC e Capacidade Anaeróbia em Distância percorrida estão por isso dependentes dos tempos até à exaustão usados para calcular a relação distância/tempo.

Terceira assunção: libertação de energia Aeróbia. Dekerle et al. (2006), indicaram que a reserva energética aeróbia é ilimitada na sua capacidade mas limitada na sua potência, este sistema pode ser solicitado à sua máxima potência ($VO_{2m\acute{a}x}$) no decorrer do exercício para permitir suprir a energia necessária. Estes autores referem que no início do exercício ao se atingir o $VO_{2m\acute{a}x}$, o conceito de PC é assumido. No entanto, jamais irá ocorrer, e o declive e o valor da ordenada na origem da relação distância/tempo, vão sobrestimar e subestimar ligeiramente a “verdadeira” VC e a Capacidade Anaeróbia em Distância percorrida. Segundo Vandewalle et al., (1989) e Dekerle et al. (2005), o erro de estimação de uma “reserva de energia anaeróbia” mostra-se relativamente grande (cerca de 20%), enquanto que, os erros de estimação da VC não foram ainda estimados e poder-se-á esperar

que sejam menores. Segundo di Prampero (1999) o modelo das duas fontes energéticas, explica as relações distância/tempo para intensidades em que seja solicitado o $VO_{2máx}$. Os tempos até à exaustão variam entre 2 minutos e o tempo até à exaustão à VC (Hill et al., 2002 e Brickley et al., 2002). No Ciclismo foram referidos os valores entre 20 e 40 minutos. Consequentemente, serão recomendadas as distâncias competitivas entre os 200 e os 1500m na NPD (Wright e Smith, 1994; Martin e Whyte, 2000).

Dekerle et al. (2002), Rodriguez et al. (2003) e Wright e Smith (1994) tentaram simplificar a aplicação do conceito de PC em Natação, determinando quais as combinações de duas distâncias de nado seriam usadas no cálculo da VC e Capacidade Anaeróbia em Distância percorrida. A sugestão de usar as distâncias de 200 e 400m parece ser a mais pertinente (Dekerle et al., 2002).

Consequentemente, a VC é definida por Hill e Ferguson (1999), como, o limite superior do domínio de elevadas intensidades (*Heavy intensity domain*), i.e., a mais elevada intensidade de nado sem que o $VO_{2máx}$ seja atingido no exercício de carga constante. No entanto, a definição, na qual a VC poderia ser mantida por um longo período de tempo, torna-se uma interpretação errada da definição matemática (mas não fisiológica) da VC, i.e. a intensidade que pode ser mantida indefinidamente (Dekerle et al., 2006).

Quarta assunção: libertação de energia Anaeróbia, esta assunção é difícil testar uma vez que a medição CTA é um constructo teórico que está carregado de erros de medição (Green, 1994). Segundo Dekerle et al. (2006) o metabolismo anaeróbio não é limitado pela potência, mas sim pela sua capacidade, gerando uma quantidade de energia finita. Para Vandewalle et al. (1997) esta reserva de energia é utilizada aquando da exaustão e é independente do tempo até à exaustão, não sendo provavelmente válido em todos os casos, especialmente para exercícios curtos ou muito longos, mas deverá ser válido durante o exercício que possibilite atingir o $VO_{2máx}$. Para Dekerle et al. (2006) a Capacidade Anaeróbia em Distância percorrida não parece fornecer uma estimativa válida das “reservas de energia anaeróbia”, embora não haja certezas de que o erro de medições inerente ao conceito de

PC seja tão grande como os resultantes de quaisquer outros métodos de estimação da CTA (Dekerle et al., 2002; Dekerle et al., 2005).

Quinta assunção: final do exercício, que ocorre quando toda a energia anaeróbia já foi utilizada (Dekerle et al., 2006). Segundo Dekerle et al. (2006) o conceito VC/PC admite que a performance é determinada por factores metabólicos baseados no modelo clássico e tradicional de fadiga e a explicação para um decréscimo da velocidade durante o exercício máximo ou a incapacidade de manter a velocidade durante exercícios de tempo até à exaustão, refere-se a causas periféricas (Noakes e St. Clair Gibson, 2004). Todavia, Noakes e St. Clair Gibson (2004) apresentaram um outro modelo de fadiga de origem central que prova uma origem diferente da fadiga.

Dekerle et al. (2006) concluíram que apesar de certos limites, têm existido um elevado interesse suscitado pelo conceito de VC, fornecendo um caminho para a investigação dos recursos energéticos na NPD. O modelo de duas componentes é facilmente usado para uma caracterização individual da relação distância/tempo. As distâncias competitivas entre os 200 e 1500m podem ser usadas para determinar a relação distância/tempo e trazem boas estimativas da VC (Wright e Smith, 1994 e Dekerle et al., 2006). Segundo Dekerle et al. (2006), treinadores e nadadores podem facilmente utilizar a VC para prever a performance, definindo cargas de treino, distinguindo os efeitos do treino e para caracterizar o potencial energético dos nadadores, sendo a VC uma ferramenta que oferece um grande potencial para a NPD. Para além disso, a VC é um critério específico e individualizado, determinado através de métodos não invasivos, sem recorrer a meios dispendiosos e não implica procedimentos de cálculo morosos e complexos (Vilas-Boas et al., 2001).

2.2.7. Velocidade crítica anaeróbia

A Velocidade Crítica Anaeróbia (VCanaer) é baseada no conceito da VC (Fernandes et al., 2008). Segundo os autores a avaliação da VCanaer deriva da

regressão linear entre as distâncias curtas de nado e os respectivos tempos de duração, medindo hipoteticamente a capacidade anaeróbia funcional dos nadadores.

Aleixo (2006) no seu estudo com um grupo de dez nadadores determinou a VCanaer através da realização de seis patamares com tempo crescente dos 5 aos 30s, nadados à máxima intensidade. A autora concluiu que a VCanaer é, em média, $6.5 \pm 2.3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ superior a VCaer. O tempo dos 50m nadados à VCanaer relacionaram-se com o tempo do 2º parcial de 50m de uma prova oficial de 100m Livres.

Num estudo realizado por Abe et al. (2006), a VCanaer foi determinada através da relação hiperbólica $(v - VC) \cdot t = D'$, onde D' corresponde à constante da curva hiperbólica. Os autores utilizaram distâncias de 50, 100 e 150m nadadas no estilo de Bruços e concluíram que a velocidade média do teste de 50m correlaciona-se significativamente com a VC obtida, mas não com D'. Abe et al. (2006) referem que a VC poderá ser parâmetro potencial de avaliação da performance anaeróbia.

Com trinta e dois nadadores de nível regional, Fernandes et al. (2008) determinaram a VCanaer através da recta de regressão linear, utilizando as distâncias de 12.5, 25 e 50m e correspondentes tempos. Cada distância medida era realizada na técnica de Crol à velocidade máxima de nado. Os autores encontraram uma relação inversamente proporcional entre a VCanaer e o tempo dos 100m Livres ($r^2=0.72$, $p<0.0001$). No mesmo estudo encontraram correlações inversamente proporcionais entre a VCanaer e os primeiros 50m ($r^2=0.76$) e os segundos 50m parciais ($r^2=0.63$).

Para Fernandes et al. (2008) este estudo torna-se relevante na avaliação e no treino anaeróbio, parâmetro no qual poderá substituir o tão controverso valor b na recta de regressão linear.

Podemos observar no quadro 2, a inclusão da VCanaer, numa síntese de investigações feitas sobre a PC, VC e valor da ordenada de origem.

Quadro 2: Síntese de autores e datas que efectuaram investigações sobre a Potencia Crítica, a Velocidade Crítica, valor da ordenada na origem e Velocidade Crítica Anaeróbia (adaptado de Campos, 2006).

Potência Crítica	
Monod e Scherrer (1965)*	Conceito foi descrito pela primeira vez, determinação da PC obtida através do valor do declive da recta de regressão entre a totalidade de trabalho e o tempo total até à exaustão.
Moritani et sl. (1981)*	PC aplicada ao trabalho corporal total realizado em cicloergómetro.
Jenkins e Quigley (1990)	PC calculada através do uso do cicloergómetro, como um meio simples e pouco dispendioso para a obtenção da intensidade de exercício capaz de ser mantida continuamente por um longo período de tempo.
Hill (1993)	PC como a relação hiperbólica entre a potencia e o tempo a que a potência pode ser sustentável. Teoricamente, a assíntota da relação hiperbólica.
Velocidade Crítica	
Wakayoshi et al. (1992a) Wakayoshi et al. (1992b) Wakayoshi et al. (1993a) Wright e Smith (1994) Ikuta et al. (1996) Vilas-Boas et al. (1997) Lamares (1998) Fernandes (1999) Dekerle et al. (1999) Fernandes et sl. (2000) Vilas-Boas et al. (2001) Rodriguez et al. (2003)	Introdução do conceito de PC adaptando à NPD, como VC, sendo definida como a máxima velocidade de nado susceptível de ser mantida por um longo período de tempo sem exaustão. Estudos efectuados primeiro em <i>swimming flume</i> e posteriormente em <i>swimming flume</i> e piscina de 25 metros. VC correlaciona-se com a V4. VC correlaciona-se com o $VO_{2máx}$ correspondente ao LAN. VC correlaciona-se com V_{OBLA} . VC correlaciona-se com velocidade média dos 400 metros Livres. VC correlaciona-se com o <i>steady state</i> máximo de lactato. VC calculada com base em testes, constitui um parâmetro que pode ser considerado como indicador da V4, ou seja do LAN.
Valor da ordenada na origem	
Ettema (1966)*	A ordenada na origem da regressão entre a distância de corrida e o tempo correspondente constituiria uma dimensão da capacidade energética anaeróbia.
Jenkins e Quigley (1991)	A ordenada na origem da regressão entre a d de corrida e o t correspondente constituiria uma dimensão da capacidade energética anaeróbia, em relação à PC, testado em cicloergómetro.
Wakayoshi et al. (1993a)	O valor da ordenada na origem da equação da recta de regressão foi sugerido como podendo ser uma medida do potencial anaeróbio individual em NPD.
Dekerle et al. (2002)	Na NPD, Capacidade Anaeróbia em Distância percorrida não parece fornecer uma estimação válida das “reservas de energia anaeróbia”
Velocidade Crítica Anaeróbia	
Abe et al. (2006)	A VC pode ser parâmetro potencial de avaliação da performance anaeróbia em NPD. Calculada através das distancias 50, 100 e 150m no estilo de Bruços.
Aleixo (2006) Fernandes et al. (2008)	VC calculada através das distâncias de 12.5, 25 e 50m relaciona-se com o tempo do 2º parcial de 50m de uma prova oficial de 100m Livres.

2.3. Limiar anaeróbio em NPD

Segundo Vilas-Boas (2000), a capacidade oxidativa pode ser entendida como a quantidade total de energia susceptível de ser fornecida pelo metabolismo oxidativo (virtualmente ilimitada), mas em Natação, parece dever ser entendida predominantemente em termos de quantidade máxima de energia susceptível de ser disponibilizada por unidade de tempo em equilíbrio metabólico oxidativo (sem acumulação de lactato e iões H^+ , inibidores a prazo do metabolismo da glicose), a qual se consubstancia na noção de limiar anaeróbio individual (LAN_{ind}).

O LAN em nadadores é muito elevado, atingindo percentagens de consumo máximo de oxigénio ($VO_{2máx}$) semelhantes às características de atletas de fundo.

O limiar anaeróbio aumenta como consequência do treino aeróbio, permitindo ao nadador trabalhar em intensidades e com consumos de oxigénio mais elevados, sem aumentos significativos da concentração sanguínea de lactato de repouso.

Brooks (1985) define o LAN como sendo a intensidade de exercício que pode ser sustentada, ocorrendo um *steady-state* do lactato sanguíneo, atribuído a um equilíbrio entre o nível produção e remoção do lactato sanguíneo, sendo esta definição partilhada por Heck et al. (1985), Beneke (1995) e Billat et al. (2003). O mesmo autor acrescenta que a acumulação de lactato, inicialmente pode ser linear e, provavelmente, com o incremento da intensidade parece demonstrar um crescimento exponencial.

Outros autores como Baldari et al.(1989) e Sweetenham e Atkinson (2003) entendem o LAN como a intensidade de exercício a partir da qual os processos anaeróbios passam a participar significativamente na produção energética do indivíduo, i.e., traduz o momento a partir do qual as $[AL^-]$ crescem abruptamente, conjugado com o aumento da intensidade de trabalho.

Segundo Billat (1996) o LAN é definido como a intensidade de exercício, velocidade ou percentagem do $VO_{2máx}$ a um determinado nível de lactato sanguíneo ou a um *steady-state* do lactato sanguíneo. Para a autora, o LAN é

indicado por um incremento não linear do lactato sanguíneo, definido por um ponto de inflexão na curva de lactato durante o exercício progressivo, em relação à velocidade e ao tempo. Devido ao aumento da velocidade a acumulação de lactato é justificada por desequilíbrios entre o nível de produção e remoção do lactato sanguíneo.

Mader et al. (1976) e Mader e Heck (1986), Aunola e Rusko (1984), Aunola et al. (1990), Billat et al. (1994a e 1994b) e Billat et al. (1999) designaram por limiar aeróbio-anaeróbio a carga correspondente a uma concentração sanguínea de 4mmol.l^{-1} de lactato. No qual descreveram o LAN como o ponto inicial de aceleração da acumulação de lactato próximo das 4mmol.l^{-1} , situando-se entre as 3 e 5mmol.l^{-1}

Segundo Mader et al. (1976) e Kinderman et al. (1979), o Limiar Aeróbio-anaeróbio está associado a uma lactatemia de 4mmol.l^{-1} , correspondendo à intensidade a partir da qual a $[\text{AL}^-]$ passa a crescer de forma mais acentuada com a intensidade do exercício, ou seja, corresponde à velocidade de nado a partir da qual nem todo o lactato produzido é susceptível de ser metabolizado. No mesmo seguimento da lactatemia das 4mmol.l^{-1} , Sjodin (1979) e Sjodin e Jacobs (1981) utilizaram a nomenclatura – *onset blood lactate accumulation* (OBLA).

No entanto, os valores médios, não têm em consideração a individualidade do sujeito, surgindo o conceito de LAN_{ind} , sendo este representado pela máxima intensidade onde a produção e eliminação de lactato se encontram em equilíbrio (Stegmann e Kindermann, 1982).

2.3.1. Limiar anaeróbio no treino de Natação

Para Sweetenham e Atkinson (2003) os nadadores devem treinar com 30 a 20 batimentos cardíacos por minuto (bat.min^{-1}) inferior à frequência cardíaca máxima. Este tipo de treino é realizado com repetições nas distâncias de 50 a 400m, utilizando-se tempos curtos de descanso nas repetições curtas.

Pyne e Telford (2004) classificaram o treino de LAN através da frequência cardíaca e lactato sanguíneo. Os autores classificaram o LAN como sendo a intensidade de treino correspondente aos 160 a 170 bat.min⁻¹, com acumulação de lactato entre 3 a 5 mmol.l⁻¹ e com um esforço pouco desconfortável. E a sua duração total deverá ser superior a 20min (Olbrecht, 2000).

Segundo Maglischo (1993) a construção e elaboração de séries de treino de LAN deverá seguir certos pontos: (i) Metragem das séries: entre 2000 a 4000m para nadadores seniores ou 25 a 40min para os outros; (ii) Metragem das repetições: qualquer distância desde 25 a 4000m; (iii) Intervalos: entre 10 a 30 segundos; (iv) Velocidade: correspondente ao limiar anaeróbio individual, ou máximo esforço sobre a distância total da série; (v) Metragem por semana: entre 12000 e os 16000m.

Para Alves (2000), no âmbito da metodologia do treino da Natação, os índices fisiológicos que mais frequentemente são utilizados para referência na prescrição e avaliação das cargas são o limiar anaeróbio, o consumo máximo de oxigénio, a frequência cardíaca e o lactato sanguíneo acumulado durante o esforço. A variação destes parâmetros fisiológicos com a qualidade do desempenho deverá ser avaliada regularmente, constituindo um instrumento de controlo do programa de treino na sua globalidade. Segundo o autor, o tratamento individual destes índices deverá permitir associar estes parâmetros da carga interna ao parâmetro da carga externa de relevância prática por excelência: a velocidade de nado, facilmente determinada a partir da cronometragem das distâncias de treino e competição.

Quadro 3: intensidade de nado para o treino de LAN nas várias distâncias (adaptado de Alves ,2000)

Distancia (m)	Pausa (s)	Intensidade (% do m.t.)
25	5-10	77
50	5-15	80
75	10-20	81
100	10-20	83
200	15-30	85
400	20-40	>87

O treino neste zona de treino, abarca intensidades de nado com lactatemias entre 3.5 e 4.5 mmol.l⁻¹ e no qual as velocidades óptimas de treino no início de um ciclo de preparação oscilam entre os 75 e os 85 %, correspondendo a uma frequência cardíaca de 140-150 bat.min⁻¹. Para se proceder a uma progressão correcta da carga, a intensidade deverá aumentar para 85 a 95 %, com o correspondente aumento da Frequência Cardíaca para 160-180 bat.min⁻¹ numa fase mais avançada da época (Alves, 2000).

III. Objectivos e Hipóteses

3.1. Objectivo geral

O objectivo geral do nosso estudo consiste na verificação de eventuais relações entre o teste de VC com séries típicas de Limiar Anaeróbio em diferentes distâncias de nado e com base no recorde pessoal do nadador, procurando demonstrar que a VC, para além de um meio de avaliação da capacidade aeróbia é um critério de prescrição e planificação do treino de LAN.

3.2. Objectivos específicos

Para concretizarmos o objectivo anteriormente exposto, definimos os seguintes objectivos específicos, que pensamos complementar uma possível discussão e conclusões do nosso trabalho:

- 1) Comparar o teste de VC com a velocidade média das séries típicas de LAN construídas com base nas distâncias de repetição de 100, 200 e 400m;
- 2) Verificar o grau de correlação existente entre a VC e séries típicas de LAN construídas com base nas distâncias de repetição de 100, 200 e 400m;
- 3) Validar a VC como um critério de prescrição e planificação do treino de LAN.

3.3. Hipóteses

H1 – Não existem diferenças estatisticamente significativas entre o valor da VC e os valores das séries típicas de LAN com base nas distâncias de 100, 200 e 400m;

H2 – Existe uma correlação significativa entre a VC e as séries típicas de LAN para cada grupo etário;

H3 – A VC é um critério válido na prescrição e planificação do treino de LAN.

IV. Material de métodos

4.1. Caracterização da Amostra

Na globalidade integraram a amostra deste estudo vinte e dois nadadores, dos quais treze nadadores do sexo masculino e nove do sexo feminino. Dois são de nível nacional, vinte de nível regional, sendo sete cadetes, quatro infantis, cinco juniores e seis seniores. Os nadadores participaram voluntariamente neste estudo, após terem sido informados dos objectivos e dos procedimentos experimentais a realizar.

Os resultados presentes no quadro 4, constituem os valores médios e respectivos desvios-padrão relativos: (i) à idade, (ii) dados antropométricos, peso e altura, (iii) à anamnese do treino, anos de prática federada em NPD, número de unidades de treino semanais e a sua respectiva duração.

Quadro 4: Valores médios e desvio padrão ($X \pm dp$) da idade, das características antropométricas, e da anamnese do treino.

	♀	♂	Total
Idade (anos)	15,3±3,1	14,9±3,6	15,1±3,3
Dados Antropométricos			
Altura (cm)	158,0±10,4	158,5±15,5	158,3±13,3
Peso (kg)	50,0±9,5	51,3±11,3	50,7±10,3
Anamnese do Treino			
Anos de Federado em NPD (anos)	5,8±3,3	5,5±3,0	5,7±3,1
Unidades de treinos semanais	6,5±0,8	6,0±0,9	6,2±0,9
Duração da UT de água (min)	111,0±29,0	102,7±22,8	106,3±21,2
Duração da UT em seco (min)	27,0±6,3	24,2±7,6	25,4±7,1

Os dados relativos aos parâmetros referentes à história do treino focados anteriormente, foram recolhidos através de um questionário individual feito a cada nadador participante no presente estudo.

Para a medição da altura utilizou-se uma fita métrica (cm), e para a determinação do peso utilizou-se uma balança analógica comum (kg).

4.2. Procedimentos

O Trabalho foi realizado em duas fases com os nadadores dos vários escalões competitivos.

Em ambas as fases os nadadores realizaram os testes numa piscina coberta de 25m comprimento por 12m de largura, com seis pistas e aquecida entre os 28 a 29°.

A primeira fase os nadadores realizaram o teste de VC para a NPD (Wakayoshi et al., 1992a), no qual efectuaram as distâncias de 200 e 800m Livres com partida de blocos simulando de forma mais expressiva a competição e permitindo posteriores comparações com os resultados das séries típicas de LAN.

Nos dias de avaliações foi pedido aos nadadores para nadar as distâncias de 200 e 800m Livres à máxima velocidade, como se estivessem a participar numa competição. Todos os nadadores realizaram o mesmo tipo de aquecimento com características aeróbias, e após um repouso de 10 minutos efectuaram os testes.

Entre cada teste, os nadadores nadaram a uma velocidade reduzida durante 30 minutos de forma a ser removido o lactato sanguíneo.

Os tempos de nado para cada distância de teste foram determinados utilizando um cronómetro digital.

Os tempos de cada nadador foram controlados e registados por treinadores experientes e antes de se dar o início da cronometragem, foi explicado aos nadadores o objectivo do estudo bem como os vários procedimentos a realizar.

Posteriormente, foi calculada a VC através da recta de regressão linear distância/tempo considerando as distâncias de 200 e 800m Livres e os respectivos tempos. A VC foi considerada como o declive da recta de regressão, ou seja, valor de a da equação da recta.

Para a realização da segunda fase do nosso estudo dividiu-se os nadadores por escalões competitivos, cada escalão realizou, durante o período preparatório geral e após o protocolo de avaliação, as séries típicas de LAN.

As series típicas de LAN foram realizadas nas distâncias de 100, 200 e 400m Livres com o tempo a ser calculado, com base em 85% do melhor tempo realizado em competição e com um descanso entre os 10 e os 30s (Alves, 2000). Devido à participação dos vários escalões competitivos (cadetes, Infantis, Juniores e Seniores) e às diferenças de ritmo, as séries típicas de LAN foram realizadas da seguinte forma: (i) 12-20 repetições na distância de 100m, com intervalo de tempo variando entre os 85 e os 120s; (ii) 6-10 repetições na distância de 200m, com intervalo de tempo entre os 160 e os 230s; (iii) 3-5 repetições na distância de 400m, com intervalo de tempo entre os 320 e os 460s.

4.3. Análise dos Dados

Para a análise dos dados recolhidos recorreu-se ao programa *Microsoft Excel for Windows*.

Procedeu-se ao cálculo: (i) da velocidade de cada repetição, e (ii) da média de cada série típica do nadador.

Para todas as séries típicas de LAN determinou-se a média e respectivo desvio padrão.

O cálculo da velocidade de nado foi efectuado tendo em conta a expressão:

$$v = d/t \tag{8}$$

onde:

v corresponde a velocidade ($m.s^{-1}$)

d distância (m)

t tempo (s)

Por sua vez, a VC foi determinada através do valor de **a** da recta de regressão linear.

$$y = ax + b \quad (1)$$

onde:

a corresponde à velocidade correspondente à VC (m.s⁻¹)

b ao valor da ordenada na origem.

4.4. Procedimentos Estatísticos

O tratamento estatístico dos dados foi realizado recorrendo aos programas Excel Office 2003 e *SPSS 14.0 para Windows*.

Ao nível da estatística descritiva, utilizaram-se medidas de tendência central (média) e de dispersão (desvio-padrão), máximo e mínimo para todas as variáveis em estudo.

Na análise inferencial, procedeu-se à aplicação de um t-teste de medidas emparelhadas para verificar diferenças entre dois momentos. Foi também calculado o coeficiente de correlação de Pearson (r) para verificar a associação entre as variáveis. O nível de significância foi estabelecido em 5%. Contudo salientaremos sempre que se verifique a ocorrência de valores inferiores (p<0.01).

V. Apresentação dos resultados

Para apresentação e discussão de resultados recorreremos à VC e à média da velocidade nas séries típicas de LAN. Os dados referentes à média e desvio-padrão do teste da VC e as médias das repetições das séries típicas de LAN, estão descritos no quadro 5.

Quadro 5: valores máximos, valores mínimos, valores da média e desvio padrão da velocidade do teste da VC e das velocidades médias das séries típicas de LAN.

(n=22)	VC (m.s ⁻¹)	V100 (m.s ⁻¹)	V200 (m.s ⁻¹)	V400 (m.s ⁻¹)
Max	1,39	1,43	1,39	1,37
Min	0,86	0,81	0,79	0,84
Média	1,11	1,11	1,12	1,11
±dp	±0,16	±0,18	±0,19	±0,15

Podemos observar no quadro 5 que as médias da VC e das séries típicas são bastante semelhantes, apresentando valores muito aproximados entre as médias e os valores mínimos e máximos.

No quadro 6 apresentamos os coeficientes de correlação (r) de Pearson e a determinação das diferenças estatisticamente significativas entre as respectivas velocidades médias da VC, V100, V200 e V400.

Quadro 6 : Valores do coeficiente de correlação (r) de Pearson entre a VC, V100, V200 e V400.

(n=22)	VC	V100	V200	V400
VC	1	0,975**	0,975**	0,974**
V100		1	0,974**	0,979**
V200			1	0,966**
V400				1

** Correlação elevada para um nível de significância $p < 0.01$

Os valores do coeficiente de correlação de Pearson obtidos entre VC, V100, V200 e V400 foram todos positivos, apresentando uma relação elevada para um nível de significância de $p < 0,01$.

No quadro 7 são apresentados os resultados do teste de diferenças de médias entre a VC e as respectivas velocidades das séries típicas de 100, 200 e 400m, e mesmo entre as séries típicas.

Quadro 7: t-teste de Student de medidas emparelhadas, arredondados às milésimas. Dif. Média – diferença de média, GL – graus de liberdade, Valor de t- valor de t-teste, valor de p-valor de prova.

	dif. Média	GL	valor de t	valor de p
VC-V100	-0,001	21	-0,100	0,921
VC-V200	-0,008	21	-0,686	0,500
VC-V400	0,003	21	0,353	0,728
V100-V200	-0,007	21	-0,709	0,486
V100-V400	0,004	21	0,388	0,702
V200-V400	0,010	21	0,790	0,438

Na análise ao quadro 7, podemos constatar que não existem diferenças estatisticamente significativas entre a VC e as velocidades das séries típicas de LAN nas distâncias de 100, 200 e 400m.

As variáveis V100, V200 e V400 entre si, não apresentaram diferenças estatisticamente significativas.

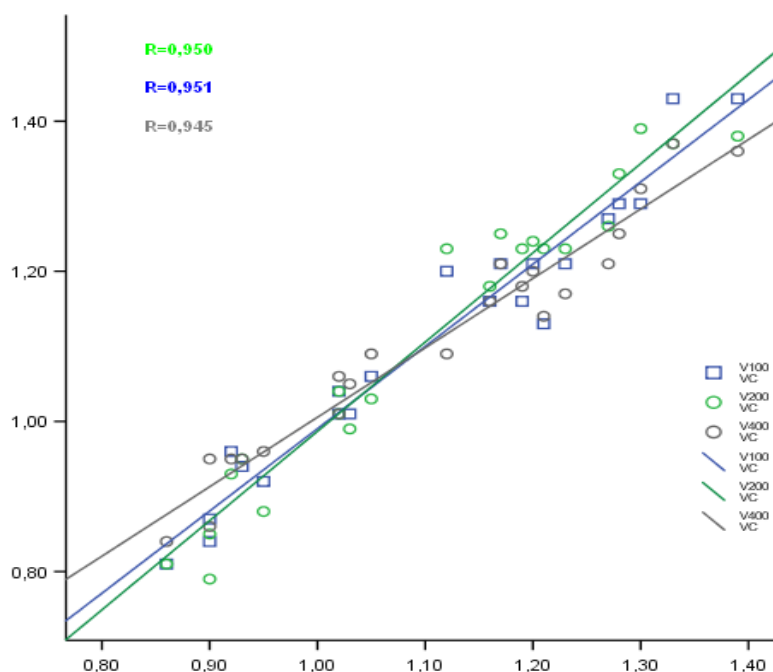


Figura 4. Rectas de regressão linear entre VC ($m.s^{-1}$) e a V100, V200 e V400 ($m.s^{-1}$).

Na figura 4 é apresentada as rectas de regressão linear entre a velocidade das séries típicas de LAN nas distâncias de 100, 200 e 400m e a VC. A velocidade média para a V100 foi de $1,11 \pm 0,18$, V200 de $1,12 \pm 0,19$, V400 de $1,11 \pm 0,15$ enquanto que a da VC foi de $1,11 \pm 0,16$.

Podemos observar a existência de uma relação directamente proporcional entre V100 e VC, no qual apresenta um $r^2=0,951$, entre a V200 e a VC, com um $r^2=0,950$ e por fim, no seguimento das anteriores a V400 e a VC apresentam um coeficiente de determinação de $r^2=0,945$.

VI. Discussão de resultados

Tal como foi referenciado nos nossos objectivos em estudo, um dos nossos propósitos prendeu-se em estudar a relação entre a VC e o treino de LAN, no que concerne às séries típicas. Outro propósito é tentar justificar a utilização da VC na planificação e elaboração das séries de treino ao ritmo de LAN.

A ligação da VC com o LAN tem sido uma das principais temáticas de estudo acerca da VC nos últimos anos (Wright e Smith, 1994; Ikuta et al., 1996; Lmares, 1998; Fernandes, 1999; Dekerle et al., 1999; Fernandes et al, 2000 e Rodriguez et al., 2003). Os autores que se consagraram notaram relações fortes entre o teste da VC e o LAN (V4), provando que a VC é um óptimo meio de controlo e avaliação da capacidade aeróbia.

Apesar de surgir o novo conceito de VC ligado à capacidade anaeróbia (Aleixo, 2006; Abe et al., 2006; Fernandes et al., 2008), o nosso estudo centrou-se na ligação da VC com o LAN, mas em forma de série típica de treino aeróbio, e não através de outras variáveis características da capacidade aeróbia (ex: V4 de Mader et al., 1976).

Os resultados por nós apresentados vão ao encontro da literatura, onde a VC e as variáveis ligadas ao LAN apresentam correlações positivas e elevadas, correspondentes a uma acentuada linearidade (Wakayoshi et al., 1992a; Wakayoshi et al., 1992b; Wakayoshi et al., 1993b; Ikuta et al., 1996; Wright and Smith, 1994; Vilas-Boas et al. 1997a; Fernandes e Vilas-Boas, 1998; Dekerle et al., 2002; Dekerle et al., 2005; Pelayo et al., 2000).

O nosso estudo apresenta, tal como os estudos acima descritos, coeficientes de correlação elevados e positivos e apresenta uma acentuada linearidade, associada às correlações.

No caso do estudo de Wakayoshi et al. (1992a) os valores apresentados entre a VC e a V400 foram de $r=0,864$, muito similares aos apresentados no nosso estudo. No entanto, é de salientar, que a V400 por nós estudada corresponde à velocidade média das várias repetições realizadas nas séries típicas de LAN, a um ritmo predefinido, enquanto que no estudo de Wakayoshi et al. (1992a) a V400 correspondia à velocidade média de apenas uma repetição máxima de

400m e, portanto, muito mais próximo de uma velocidade característica do $VO_{2máx}$.

No mesmo seguimento Reis e Alves (2007) nas duas fases de avaliação do seu estudo, com a diferença de quatro semanas entre as fases, apresentaram correlações de $0,934 \leq r \leq 0,996$ entre a V400 do teste e os dois testes de VC efectuados na primeira fase e $0,965 \leq r \leq 0,998$ na segunda, valores idênticos aos apresentados neste estudo. As várias correlações elevadas sugerem, tal como sugeriram nos seus estudos Toussaint et al. (1998) e Fernandes et al. (2000), que a VC é um óptimo indicador para avaliação do LAN do nadador.

Nos resultados apresentados encontrou-se semelhança de valores entre a VC e a V100, V200 e V400, mas se pensarmos que as séries típicas foram realizadas ao ritmo teórico da V4 então estaremos de acordo com os estudos de Greco et al. (2002) e Toubekis et al. (2006), que revelaram valores semelhantes entre a V4 e a VC. No entanto, estudos realizados com jovens nadadores foram contraditórios, pois revelam VC inferior a V4 (Denadai et al., 2000; Fernandes e Vilas Boas, 1998; Toubekis et al, 2006; Reis e Alves, 2007), dependendo da duração e número de tiragens de tempo utilizados para a sua determinação.

Neste estudo, as velocidades médias das séries típicas de 100, 200 e 400m expuseram valores aproximados e semelhantes com a VC. Comparando com o estudo de Olbrecht et al. (1985), no qual os autores utilizaram, em dois momentos diferentes, quatro séries típicas de LAN, 6x 400m, 12x 200m, 24x100m e 48x 50m com intervalo de descanso de 10s no primeiro momento e de 30s no segundo. Os autores anteriormente citados referem que, em ambos os momentos, conforme a distância diminuía a velocidade média de nado aumentava. Comparativamente ao nosso estudo, Olbrecht et al. (1985) não definiram o tempo de chegada para cada nadador, justificando os valores idênticos nas várias distâncias utilizadas neste estudo. No entanto, salienta-se que o estudo de Olbrecht et al. (1985), baseou-se na relação das séries típicas com a V4, variável largamente estudada na relação com a VC (Wakayoshi et al., 1992a; Wakayoshi et al., 1992b; Wakayoshi et al., 1993b; Ikuta et al., 1996; Vilas-Boas et al. 1997a; Fernandes e Vilas-Boas, 1998; Dekerle et al., 2005; Pelayo et al., 2000; Denadai e tal., 2000).

Hill et al. (1995b), com nadadores entre os 8 e os 18 anos de idade, encontraram uma forte correlação entre a velocidade crítica e a velocidade de resistência aeróbia em ambos os estudos efectuados em treino (8 ± 10 anos: $r = 0,92$; 11 ± 13 anos, $r = 0,99$; 14 ± 18 anos, $r = 0,94$) e na competição (11 anos, $r = 0,92$; 15 anos, $r = 0,92$). Hill et al. (1995) sugerem que a VC é uma medida válida para prever o desempenho aeróbio, mesmo em nadadores muito jovens, que não requer amostragem de sangue ou outras técnicas invasivas.

A não existência de diferenças estatisticamente significativas entre a VC e as variáveis V100, V200 e V400 comprova que não se espera diferenças entre os valores de VC e as séries típicas aquando da realização do treino de LAN em NPD com base num ritmo determinado através do recorde pessoal do nadador. Estes resultados são justificados pela representação da VC, correspondendo à velocidade máxima susceptível de ser mantida por um longo período de tempo sem exaustão (Wakayoshi et al., 1992a).

Assim e de acordo com vários estudos (Maclaren e Coulson, 1998; Fernandes e Vilas-Boas, 1998; Dekerle, 2006; Fernandes et al, 2000) a VC parece ser um óptimo elemento de avaliação, controlo e aconselhamento fisiológico e bioquímico do treino, sendo um indicador útil e válido do intervalo de velocidades a que se deve reportar o treino de resistência aeróbia de nadadores.

Se a contribuição da VC como factor de planificação e elaboração de séries de treino ao LAN é de facto uma realidade e se esta poderá completar a elaboração das séries baseadas nos recordes pessoais dos nadadores, então a mesma poderá ser calculada através dos tempos oficiais realizados em competição (Vilas-Boas et al., 1997a; Fernandes e Vilas-Boas, 1998). Assim, torna-se mais pertinente o uso da VC no treino de LAN em NPD e obtendo um método não invasivo, sem requerer meios técnicos sofisticados e dispendiosos e não implicando procedimentos de calculo morosos e complexos (Vilas-Boas et al., 1997b; Vilas-Boas e Lmares, 1997)

Do ponto de vista prático, a utilização de testes de lactato na definição de intensidades de treino (Olbrecht et al. 1988) para a maioria dos treinadores é difícil acesso, para tal é necessário encontrar alternativas não-invasivas para a

medição e avaliação do treino (Wright and Smith, 1994). Ora este estudo, em consonância com outros anteriores, vem confirmar que a VC é uma dessas alternativas aos medidores de lactato, mas nunca devemos ignorar a utilidade dos mesmos no treino.

A análise ao gráfico confirmou uma elevada correlação ($r^2 > 0,950$) para cada velocidade com a VC, provando que para distâncias entre os 100 e 400m, a VC é um ótimo estimador das intensidades de treino. Se no futuro aliarmos a VCaer com a VCanaer sugerida por vários autores (Aleixo, 2006; Abe et al., 2006; Fernandes et al., 2008) poderemos ter uma obter uma excelente ferramenta para a avaliação das capacidades anaeróbias e aeróbias do nadador, assim como um meio simples de determinação e monitorização do treino nessas áreas bioenergéticas.

VII. Conclusão

Através da avaliação da VC, das séries típicas de LAN e através dos objectivos do nosso estudo, podemos tirar as seguintes conclusões:

(i) Não existem diferenças estatisticamente significativas entre o valor de VC e os valores da velocidade de nado das séries típicas de LAN nas distâncias de 100, 200 e 400m, sugerindo uma elevada reprodutibilidade da VC no treino de LAN.

(ii) Entre a VC e a velocidade de nado das séries típicas de LAN nas distâncias de 100, 200 e 400m verificou-se uma correlação elevada ($r > 0,970$).

(iii) A avaliação da VC e a sua relação com as várias velocidades das séries típicas de LAN nas distâncias de 100, 200 e 400m permitiu verificar que a VC, para além de um óptimo indicador de avaliação da capacidade aeróbia, é também um óptimo critério de prescrição e planificação das séries de treino aeróbio.

Sabendo que a principal limitação do nosso estudo foi o número limitado da amostra, será interessante repetir este procedimento para um número mais elevado de sujeitos, a sua avaliação e comparação, ao longo de uma época desportiva.

Finalmente, é importante referir que, de acordo com os nossos resultados é vantajoso para clubes e treinadores com poucos recursos a utilização deste método para avaliação da capacidade aeróbia dos nadadores, no momento e ao longo de uma época desportiva.

VIII. Bibliografia

Abe, D.; Tokumaru, H.; Niihata, S.; Muraki, S.; Fukuoka, Y.; Usui, S.; Yoshida, T. (2006) assessment of short-distance breaststroke swimming performance with critical velocity. *Journal of Sports Science & Medicine*, 5 (2), 340-348.

Aleixo, I. (2006). *Avaliação do desempenho e dos indicadores do metabolismo anaeróbico em testes de nado máximo e duração crescente*. Monografia apresentada no âmbito da disciplina de seminário de Natação. Faculdade de Desporto da Universidade do Porto. Porto.

Alves, F. (2000). O treino da Resistência e as zonas de intensidade. *Revista Natação* 8, Caderno Técnico de Natação 2.

Aunola, S. e Rusko, H. (1984). Reproducibility of aerobic and anaerobic thresholds in 20 – 50 year old men. *European Journal Applied Physiology*, 53 (39), 260-266.*

Aunola, S; Alanen, E.; Marniemi, J. (1990). The relation between cycling time to exhaustion and anaerobic threshold. *Ergonomics*, 33 (8), 1027-1042.*

Baldari, E.; Zanconato, S.; Santuz, P. A.; Zacchello, F. (1989). A comparison of two noninvasive methods in the determination of the anaerobic threshold in children. *International Journal Sports Medicine*, 10 (2), 132-134.

Balonas, A. (2002). *Velocidade crítica – o comportamento da função distância/tempo considerando distâncias inferiores a 50 metros*. Monografia apresentada no âmbito da disciplina de seminário de Natação. Faculdade de Desporto da Universidade do Porto. Porto.

Beneke, R. (1995). Anaerobic threshold, individual anaerobic threshold, and maximal lactate steady state in rowing. *Medicine Sciences & Sports Exercise*, 27 (6), 863-867.

Billat, L. V.; Renoux, J. C.; Pinoteau, J.; Petit, B. ; Koralsztein, J. P. (1994a). Validation d'une épreuve maximale de temps limite à vitesse maximale aérobie et à VO_2 máx. *Science & Sports*, 9 (3), 135-143.

Billat, L. V.; Renoux, J. C.; Pinoteau, J.; Petit, B.; Koralsztein, J. P. (1994b). Reproducibility of running time to exhaustion at VO_2 max in subelite runners. *Medicine Sciences Sports Exercise*, 26 (2), 254-257.

Billat, V; Faina, M.; Sardella, F.; Marini, C.; Fanton, F.; Lupo, S.; Faccini, P. Angelis, M.; Koralsztein, J. P. ; Dal Monte, A. (1996). A comparison of time to exhaustion at VO_2 máx in elite cyclists, kayak paddlers, swimmers and runners. *Ergonomics*, 39 (2), 267-277.

Billat, V.; Binsse, V. ; Petit, B ; Koralsztein, J. (1998). High level runners are able to maintain a VO_2 steady-state below VO_{2max} in all-out run over their critical velocity. *Archives of Physiology and Biochemistry*, 106 (1), 38-45.

Billat, V.; Mille-Hamard, L.; Petit, B.; Koralsztein, J. P. (1999). The role of cadence on the VO_2 slow component in cycling and running in triathletes. *International Journal Sports Medicine*, 20 (7), 429-437.

Billat, V.; Sirvent, P.; Py, G.; Koralsztein, J-P.; Mercier, J. (2003). The concept of maximal lactate steady state – A Bridge between biochemistry, physiology and sport science. *Sports Medicine*, 33 (6), 407-426.

Bishop, D. e Jenkins, D. J. (1996). The influence of resistance training on the critical power function & time to fatigue at critical power. *The Australian Journal of Science and Medicine in Sport*, 28 (4), 101-105.

Bishop, D.; Jenkins, D.G.; Howard, A. (1998). The critical power function is dependent on the duration of the predictive exercise tests chosen. *International Journal Sports Medicine*. 19 (2), 125-129.

Brinckley, G.; Doust, J.; Williams, C.A. (2002). Physiological responses during exercise to exhaustion at critical power. *European journal Applied Physiology*, 88 (1-2), 146-151.

Brooks, G. (1985). Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research. *Medicine Sciences & Sports Exercise*, 17 (1), 22-31.

Bull, A.J.; Housh, T.J.; Johnson, G.O.; Perry, S.R. (2000). Effect of mathematical modelling on the estimation of critical power. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32 (2), 526-530.

Campos, A. (2003). *Variação da velocidade crítica e do valor da ordenada na origem da função distância/tempo : estudo longitudinal em dois grupos de nadadores*. Monografia apresentada no âmbito da disciplina de seminário de Natação. Faculdade de Desporto da Universidade do Porto. Porto.

Capelli, C.; Pendergast, D.R.; Termin, B. (1998). Energetics of swimming at maximal speeds in humans. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 78 (5), 385-393.

Denadai, B.; Grecco, C.; Teixeira, M. (2000). Blood lactate response and critical speed in swimmers aged 10± 12 years of different standards. *Journal of Sports Sciences*, 18 (10), 779-784.

Dekerle, J.; Pelayo, P.; Sidney, M.; Marais, G. (1999). Determination of critical speed in relation to front crawl swimming performances. In P. Parisi, F. Pigozzi, G. Prinzi (Eds), *Proceedings of the 4th Annual Congress of the European College of Sports Science*, pp.127. Roma, Itália: Rome University Institute of Motor Sciences.

Dekerle, J.; Pelayo, P.; Delaporte, B.; Gosse, N.; Hespel, J.M.; Sidney, M. (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 (2), 93-98.

Dekerle, J., Pelayo, P.; Clipet, B.; Depretz, S.; Lefevre, T.; Sidney, M. (2005). Critical swimming speed does not represent the exercise intensity at maximal lactate steady state. *International Journal of Sports and Medicine*, 26 (7), 524-530.

Dekerle, J. (2006). The use of critical velocity in swimming? A place for critical stroke rate? 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) pp.201-205. Faculdade de Desporto da Universidade do Porto. Porto.

Dekerle, J.; Brickley, G.; Sidney, M.; Pelayo, P. (2006). Application of the critical power concept in swimming. 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) pp.121-124. Faculdade de Desporto da Universidade do Porto. Porto.

di Prampero, P. E. (1999) The concept of critical velocity: a brief analysis. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* , 80 (2), 162-164.

Ettema (1966). Limits of human performance and energy-production. *Int. Z. Angew. Physiol. Einschl. Arbtrtsphysiol*, 22, 45-54.

Fernandes, R. e Vilas-Boas, J.P. (1998). Critical velocity as a criterion for estimating aerobic training pace in juvenil swimmers. In: K. Keskinen P. Komi P.-L. Pitkanen (eds.), *Book of the VIII International Symposium of Biomechanics and Medicine in Swimmig*, pp. 61. Gummerus Printing House, Jyvasktla, Filand.

Fernandes, R.; Garganta, R.; Duarte, J.A.; Vilas-Boas, J.P. (1998). Avaliação cineantropométrica e fisiológica do nadador pré-júnior: alguns resultados. *Comunicações do XXI Congresso Técnico-Científico da Associação Portuguesa de Técnicos de Natação*. Porto.

Fernandes, R. (1999). *Perfil cineantropométrico, fisiológico, técnico e psicológico do nadador pré-junior..* Dissertação apresentada às provas de Mestrado no âmbito do 3º Mestrado em Ciências do Desporto, especialidade de treino de Alto Rendimento Desportivo da Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade do Porto. Porto.

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*, pp. 260. University of Jyvaskyla, Finland.

Fernandes, R.; Aleixo, I.; Soares, S.; Vilas-Boas, J.P. (2008). Anaerobic critical velocity : a new tool for young swimmers training advice. In: N. P. Beaulieu (ed.), *Physical activity and children: new research*, p.211-223. Nova Science Publishers, inc. Hauppauge, New York.

Gaesser, G. A.; Carnevale, T.J., Garfinkel, A.; Walter, D.O.(1990). Modeling of the power-endurance relationship for high intensity exercise (Abstract). *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 22 (2), S16.

Gaesser, G. A.; Carnevale, T.J., Garfinkel, A.; Walter, D.O.; Womack, C.J. (1995). Estimation of critical power with nonlinear and linear models. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 27 (10), 1430 –1438.

Ginn, E. (1993). *Critical speed and training intensities for swimming: coaches report*. National Sport Research Center. Australian Sports Commission, Belconnen.*

Greco, C. C. (2000). Potência Crítica e Velocidade Crítica. In. S.B. Denadai (Eds) *Avaliação Aeróbia - Determinação Indirecta da Resposta do Lactato Sanguíneo. Motrix*, p.89 - 106. Rio Claro.

Greco, C.; Bianco, A.; Gomide, E.; Denadai, B. (2002). Validity of the critical speed to determine blood lactate response and aerobic performance in swimmers aged 10–15 years. *Science & Sports*, 17 (6), 306–308.

Green, S. (1994). A definition and systems view of anaerobic capacity. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 69 (2), 168-173.

Heck, H.; Mader, A.; Hess, G.; Mücke, S.; Müller, R.; Hollmann, H. (1985). Justification of the 4 mmol.l⁻¹ lactate threshold. *International Journal Sports Medicine*, 6 (3), 117-130.*

Hill, D. (1993). The critical power concept: A review. *Sports Medicine*, 16 (4), 237-254.

Hill, D.W. e Smith, J.C. (1994). A method to ensure the accuracy of estimates of anaerobic capacity derived using the critical power Concept. *Journal Sports Medicine Physical Fitness*, 34 (1), 23-37.

Hill, D. W.; Smith, J.C.; Leuschel, J.L., Chasteen, S.D.; Miller, S.A. (1995a). Effect of pedal cadence on parameters of the hyperbolic power-time relationship. *International Journal Sports Medicine*, 16 (2), 82– 87.

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

Hill, D.W. e Ferguson, C.S. (1999) A physiological description of critical velocity. *European Journal Applied Physiology Occupaccional Physiology*, 79 (3), 290-293.

Hill, D.W.; Poole, D.C.; Smith, J.C. (2002). The relationship between power and the time to achieve VO_{2max}. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34 (4), 709-714.

Hopkins, W.G.; Edmond, I.M.; Hamilton, B.H.; Macfarlane, D.J.; Ross, B.H. (1989). Relation between power and endurance for treadmill running of short duration. *Ergonomics*, 32 (12), 1565-1571.*

Housh, D.J.; Housh, T.J.; Bauge, S.M. (1989). The accuracy of the critical power test for predicting time to exhaustion during cycle ergometry. *Ergonomics*, 32 (8), 997-1004.*

Housh, D.J.; Housh, T.J.; Bauge, S.M. (1990). A methodological consideration for determination of critical power and anaerobic work capacity. *Research quarterly for Exercise and Sport*, 61 (4), 406-09.*

Housh, T.J.; Jonhson, G.O.; McDowell, S.L.; Housh, D.J.; Pepper, M.L. (1992). The relationship between anaerobic running capacity and peak plasma lactate. *Journal Sports Medicine Physical Fitness*, 32 (2), 117-122.*

Hugshon, R.L.; Orok, C.J.; Staudt, L.E. (1984). A high velocity treadmill running test to assess endurance running potencial. *International Journal of Sports Medicine*, 5 (1), 23-25.*

Ikuta, Y.; Wakayoshi, K.; Nomura, T. (1996). Determination and validity of critical swimming force as performance index in tethered swimmers. In: P. Troup; A.P. Hollander; D. Strasse; S.W. Trappe; J.M. Cappaert and T.A. Trappe (Eds). *Biomechanics and Medicine in Swimming VII*, pp.147-151. E&FN SPON, London.

Jenkins, D. e Quigley, B. (1990). Blood lactate in trained cyclists durin ergometry at critical power. *European journal Applied Physiology*, 61 (3-4), 278-283.

Jenkins, D. e Quigley, B. (1991). The y-intercept of the critical power function as a mesure of anaerobic capacity. *Ergonomics*, 34 (1), 13-22.

Jenkins, D. e Quigley, B. (1992). Endurance training enhances critical power. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 24 (11), 1283-1289.

Kindermann, W.; Simon, G.; Keul, J. (1979). The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training. *European Journal Applied Physiology*, 42 (1), 25-34.*

Kokubun E. (1996). Velocidade crítica como estimador do limiar anaeróbio na natação. *Revista Paulista de Educação Física*. 10, 5-20.

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 Educação Física da Universidade do Porto. Porto.

Maclaren, D.; Coulson, M. (1998). Critical Swim Speed can be used to determine changes in training status. In: K. Keskinen P. Komi P.-L. Pitkanen (eds.), *Book of the VIII International Symposium of Biomechanics and Medicine in Swimming*, pp. 227-231. Gummerus Printing House, Jyvasktla, Finland.

Mader, A.; Liesen, H.; Heck, H.; Philippi, H.; Rost. R.; Schürch, P.; Hollmann, W. (1976). Zur Beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit im Labot. *Sportart Sportmed*, 24 (4), 80 (5), 26 (5), 109.*

Mader, A. e Heck, H. (1986). A theory of the metabolic origin of "anaerobic threshold". *International Journal Sports Medicine*, 7 (supplement 1), 45-65.

Maglischo, E.W.; (1993). *Swimming Even Faster*. Mayfield Publishing Company, Mountain View, California.

Martin, L. e White, G.P. (2000). Comparison of critical swimming velocity and velocity at lactate threshold in elite triathletes. *International Journal Sports Medicine*, 21 (5), 366-368.

McLellan, T.M. e Cheung, K.S.Y. (1992). A comparative evaluation of the individual anaerobic threshold and the critical power. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 24 (5), 543-550.

Monod, H. e Scherrer, J. (1965). The work capacity of synergic group. *Ergonomics*, 8 (3), 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 (5), 339-350.*

Morton, R.H. (1996). A 3-parameter critical power model. *Ergonomics*, 39 (4), 611-619.*

Morton, R.H. (2006). The critical power and related wholebody bioenergetic models. *European Journal Applied Physiology*, 96 (4), 339-354.

Noakes, T.D. e St Clair Gibson, A. (2004). Logical limitations to the “catastrophe” models of fatigue during exercise in humans. *British Journal of Sports Medicine*, 38 (5), 648-649.

Olbrecht, J. (2000). *The science of winning – Planning, periodizing and optimizing swim training*. Swimshop, Luton. England.

Olbrecht, J.; Madsen, O.; Mader, A.; Liesen, H.; Hollmann, W. (1985) Relationship between swimming velocity and lactic concentration during continuous and intermittent training exercises. *International Journal of Sports Medicine*, 6 (2), 74-77.

Olbrecht, J.; Mader, A.; Madsen, O.; Liesen, H.; Hollman, W. (1988). The relationship of lactic acid to long-distance swimming and the 2 x 400-m “2-speed test” and the implications for adjusting training intensities. In: B. E. Ungerechts,

K. Wilke e K. Reischle (eds.), *Swimming Science V*, pp. 261-267. Human Kinetics Books. Champaign, Illinois.

Papoti, M.; Zagatto, A.; Mendes, O.; Gobatto, C. (2005). Utilização de métodos invasivo e não invasivo na predição das performances aeróbia e anaeróbia em nadadores de nível nacional. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, 5 (1), 7-14.

Pelayo, P.; Dekerle, J.; Delaporte, B.; Gosse, N.; 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: Sanders R. e Hong Y. (eds.). *Proceedings of XVIII symposium international on Biomechanics in sports*, pp. 83-87. The chinese University of Hong Kong.

Pepper, M.L.; Housh, T.J.; Jonhson, G.O. (1992). The accuracy of the critical velocity test for predicting time to exhaustion during treadmill running. *Journal of Sports Medicine*, 13 (2), 121-124.*

Peronnet, F. e Thibault, G. (1989). Mathematical analisys of running performance and world running records. *Journal of Applied Physiology*, 67 (1), 453-465.*

Pyne, D. e Telford, R. (2004) classification of swimming training sessions by blood lactate & heart rate responses. *Swimming in Australia*, 20 (6), 4-6.

Reis, J. e Alves, F. (2007). *Efeitos do Treino na Velocidade Crítica e V4 em nadadores jovens*. Artigos Técnicos online – Federação Portuguesa de Natação, Cruz Quebrada. Disponível em http://www.fpnatacao.pt/formacao_pedagogica.php.

Rodriguez, F.A.; Moreno, D.; Keskinen, K.L. (2003). Validity of a two-distance simplified testing method for determining critical swimming velocity. In: Chatard, J.C. (eds.). *Biomechanics and Medicine in Swimming IX*, pp.385-390. Saint-Étienne, Publications de L'Université de Saint-Étienne.

Sjödin, B. (1979). The relationships among running economy, aerobic power, muscle power, and onset of blood lactate accumulation in young boys (11-15) years. In: P. V. Komi (ed.), *Exercise and Sport Biology*, p.57-60. Human Kinetics. Champaign.*

Sjödin, B. e Jacobs, I. (1981). Onset of blood lactate accumulation and marathon running performance. *International Journal of Sports Medicine*, 2 (1), 23-26.*

Smith, J. C. e Hill, D.W.(1992). Mathematical models of the powertime relationship in high intensity cycling (Abstract). *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 24 (5), S74.

Soares, S.; Fernandes, R.; Vilas-Boas, J.P. (2003). Analysis of critical velocity regression line informations for different ages: from infant to junior swimmers. In: Chatard, J.C. (ed.). *Biomechanics and Medicine in Swimming IX*, pp.397-402. Saint-Étienne, Publications de L'Université de Saint-Étienne.

Stegmann, H. e Kindermann, W. (1982). Comparison of prolonged exercises tests at the individual anaerobic threshold and the fixed anaerobic threshold of 4 mmol.l⁻¹. *International Journal of Sports Medicine*, 3 (2), 105-110.

Sweetenham, B. e Atkinson, J. (2003). *Championship Swim Training*. Champaign : Human Kinetics.

Toubekis, A.; Tsami, A.; Tokmakidis, S. (2006). Critical velocity and lactate threshold in young swimmers. *International Journal Sports Medicine*, 27 (2),117-123.

Toussaint, H.M.; Wakayoshi, K.; Hollander, P.A.; Ogita, F. (1998). Simulated front crawl swimming performance related to critical speed and critical power. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30 (1), 144 - 151.

Vandewalle, H.; Kapitaniak, B.; Kachouri, M.; Lechevalier, J.M.; Monod, H. (1997), Work-exhaustion time relationship and the critical power concept. A critical review. *Journal Sports Medicine Physical Fitness*, 37 (2), 89-102.*

Vautier, J.F.; Vandewalle, H.; Arabi, H.; Monod, H. (1995). Critical power as an endurance index. *Applied Ergonomics*, 26 (2), 117-121.*

Vilas-Boas, J.P. e Lmares, J.P. (1997). Velocidade crítica: critério para a avaliação do nadador e para a definição de objectivos. 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. (1997a). Relationship between anaerobic threshold and swimming critical speed determined with competition times. In: *Abstracts book of the FIMS 9th European Congress of Sports Medicine*, Porto, 88-91.

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.

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

Vilas-Boas, J.P.; Lmares, J.P.; Fernandes, R.; Duarte, J.A. (2001). Avaliação do nadador e definição de objectivos através de critérios invasivos de simples implementação. *II Seminário de NPD "Novos horizontes"*. Viseu.

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 competitive swimmer. *European Journal Applied Physiology*, 64 (2), 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 (5), 367-371.

Wakayoshi, K; Yoshida, T; Ikuta, K.;Mutoh, y.; Miyashita, M. (1993a) Adaptations to six months of anaerobic swim training. Changes in velocity, stroke rate, stroke length and blood lactate. *International Journal Sports Medicine*, 14 (7), 368-72.

Wakayoshi, K.; Yoshida,T.; Udo, M.; Harada, T.; Moritani, T.; Mutoh, Y.; Miyashita, M. (1993b). Does critical swimming velocity represent exercise intensity at maximal lactate steady state? *European Journal Applied Physiology* ,66 (1), 90-95.

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

* citação indirecta