

U. PORTO



FACULDADE DE DESPORTO
UNIVERSIDADE DO PORTO

Relação Existente entre a Cinética do VO_2 e diferentes Frequências de Amostragem

Cláudia Tão Ferraz Cardoso Soares

Porto, 2006

Relação Existente entre a cinética do VO_2 e diferentes Frequências de Amostragem

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

Orientador: Prof. Doutor João Paulo Vilas-Boas
Co-orientador: Prof. Doutor Ricardo Fernandes

Cláudia Tão Ferraz Cardoso Soares

Porto, 2006

Soares, C. (2006). Relação Existente entre a Cinética do VO_2 e diferentes Frequências de Amostragem. Dissertação de licenciatura. Faculdade de Desporto da Universidade do Porto. Porto.

Natação Pura Desportiva, Cinética VO_2 , VO_{2max} , *plateau*, frequências de amostragem

AGRADECIMENTOS

No decorrer da realização deste trabalho contamos com a colaboração de várias pessoas, cujos contributos se revelaram como cruciais para, gostaríamos assim de manifestar o nosso agradecimento:

Ao Professor Doutor João Paulo Vilas-Boas.

Ao Professor Doutor Ricardo Fernandes.

Ao Professor Doutor Rui Garganta.

Ao Professor Doutor Leandro Machado.

Ao Doutor Eduardo Oliveira

Aos meus pais e aos meus irmãos.

A todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a conclusão do nosso estudo.

ÍNDICE GERAL

Agradecimentos	I
Índice Geral	II
Índice de Figuras	IV
Índice de Quadros	V
Resumo	VI
Abstract	VII
Résumé	VIII
Lista de Abreviaturas	IX
1. Introdução	1
2. Revisão da Literatura	3
2.1. Avaliação e Controlo do Treino	3
2.1.1. Contextualização	3
2.1.2. Factores Determinantes do Rendimento Desportivo em NPD	4
2.2. Cinética do Consumo de O ₂	9
2.3. Ergómetros para a Avaliação em NPD	12
2.4. Métodos de Medição do VO ₂ em NPD	14
2.5. Importância do VO _{2max} na Avaliação e Controlo de Treino em	16
Natação	
2.6. Frequências de Amostragem e Cinética do VO ₂	19
3. Objectivos e Hipóteses	21
3.1. Objectivos	21
3.1.1. Objectivo geral	21
3.1.2. Objectivos específicos	21
3.2. Hipóteses	21
4. Material e Métodos	22
4.1. Caracterização da Amostra	22
4.2. Procedimentos	23
4.2.1. Procedimento Experimental	23
4.2.2. Procedimento Estatístico	25

5. Apresentação dos Resultados	26
5.1. Manipulação das Frequências de Amostragem e variabilidade do VO_{2max}	26
5.2. Manipulação das Frequências de Amostragem e Incidência do <i>Plateau</i> no VO_{2max}	30
6. Discussão dos Resultados	34
7. Conclusões	37
8. Bibliografia	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Factores Determinantes do Rendimento Desportivo em NPD (adaptado de Fernandes, 1999)	4
Figura 2. Fases do Consumo de O ₂ (adaptado de Machado et al. 2006)	9
Figura 3. K4b ² – <i>Breath by Breath Pulmonary Gas Exchange</i>	23
Figura 4 e 5. Válvula de Toussaint et al. (1987), específica para a NPD, adaptada para o dispositivo do <i>Breath by Breath</i>	24
Figura 6. Pacer luminoso – <i>GBK Pacer products</i>	24
Figura 7. <i>Yellow Spring Instruments 1500 Sport L-lactate analyse</i>	25
Figura 8. Ocorrência do <i>plateau</i> , nas frequências de amostragem <i>breath by breath</i> , para os valores de corte de 150 ml.min ⁻¹ ; 80ml.min ⁻¹ ; 60ml.min ⁻¹	30
Figura 9. Ocorrência do <i>plateau</i> , nas frequências de amostragem 5 em 5s, para os valores de corte de 150 ml.min ⁻¹ ; 80ml.min ⁻¹ ; 60ml.min ⁻¹	30
Figura 10. Ocorrência do <i>plateau</i> , nas frequências de amostragem 10 em 10s, para os valores de corte de 150 ml.min ⁻¹ ; 80ml.min ⁻¹ ; 60ml.min ⁻¹	30
Figura 11. Ocorrência do <i>plateau</i> , nas frequências de amostragem 15 em 15s, para os valores de corte de 150 ml.min ⁻¹ ; 80ml.min ⁻¹ ; 60ml.min ⁻¹	30
Figura 12. Ocorrência do <i>plateau</i> , nas frequências de amostragem 20 em 20s, para os valores de corte de 150 ml.min ⁻¹ ; 80ml.min ⁻¹ ; 60ml.min ⁻¹	31

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1. Valores médios e desvios-padrão de algumas características físicas dos sujeitos da amostra.	22
Quadro 2. Valores médios, desvios – padrão do VO ₂ e resultados do t – teste relativos aos dados brutos e suavizados, quando utilizada uma frequência de amostragem <i>breath by breath</i> e de 5 em 5s.	27
Quadro 3. Valores médios, desvios – padrão do VO ₂ e resultados do t – teste relativos aos dados brutos e suavizados, quando utilizada uma frequência de amostragem de 5 em 5s.	27
Quadro 4. Valores médios, desvios – padrão do VO ₂ e resultados do t – teste relativos aos dados brutos e suavizados, quando utilizada uma frequência de amostragem de 10 em 10s.	27
Quadro 5. Valores médios, desvios – padrão do VO ₂ relativos aos dados brutos e suavizados, quando utilizada uma frequência de amostragem de 15 em 15s e de 20 em 20s.	28
Quadro 6. Valores médios, desvios – padrão do VO ₂ relativos aos dados brutos e suavizados, quando utilizada uma frequência de amostragem de 15 em 15s e de 20 em 20s.	28
Quadro 7. Valores médios, desvios – padrão do VO ₂ e resultados da anova de medidas repetidas, para as frequências de amostragem <i>breath by breath</i> ; 5 em 5s; 10 em 10s; 15 em 15s; 20 em 20s;	29
Quadro 8. Incidência do <i>Plateau</i> para um valor de corte de 150ml.min ⁻¹ , nas distintas frequências de amostragem	31
Quadro 9. Incidência do <i>Plateau</i> , para um valor de 80 ml.min ⁻¹ , nas distintas frequências de amostragem	32
Quadro 10. Incidência do <i>Plateau</i> , para um valor de corte de 60 ml.min ⁻¹ , nas distintas frequências de amostragem	33

RESUMO

O objectivo do presente estudo foi verificar a existência de alterações ao nível da cinética do consumo de oxigénio, quando é manipulada a frequência de amostragem, mais concretamente, foi analisada a variabilidade do consumo máximo de oxigénio, calculado através de uma frequência de amostragem distinta (*breath by breath*; 5 em 5s; 10 em 10s; 15 em 15s; 20 em 20s). Foi também observada a eventual diferenciada incidência do fenómeno de *plateau* na cinética do consumo de oxigénio, quando é manipulada a frequência de amostragem. Participaram neste estudo 13 nadadores (5 do género feminino e 8 do género masculino), subdivididos em quatro técnicas de nado: Mariposa (n=2), Costas (n=3), Bruços (n=4), Crol (n=4). Cada sujeito realizou um protocolo incremental progressivo, composto por patamares de 200 metros (m), com incrementos de 0.05 m.s⁻¹, existindo 30 segundos de intervalo entre cada patamar destinados à recolha de sangue capilar. Como principais resultados verificamos que: (i) não existem diferenças estatisticamente significativas nos valores de consumo máximo de oxigénio, entre as diferentes frequências de amostragem (*breath by breath*; 5 em 5s; 10 em 10s; 15 em 15s; 20 em 20s), sugerindo que a escolha por determinados intervalos de recolha de dados em detrimento de outros não afecta os valores de consumo máximo de oxigénio; (ii) a incidência do fenómeno de *plateau* aumenta à medida que as frequências de amostragem são mais alargadas (15 em 15s e 20 em 20s), independentemente do valor de corte utilizado.

Palavras-chave: Natação Pura Desportiva, Cinética do Consumo de Oxigénio, Consumo Máximo de Oxigénio, *Plateau*, Frequências de Amostragem

ABSTRACT

The purpose of this study consisted on verifying the existence of changes on oxygen uptake kinetics, when we manipulate the sampling intervals, more specific, was analyse the varies of maximal oxygen uptake, when that was obtained using a distinct sample (*breath by breath*; 5 in 5s; 10 in 10s; 15 in 15s; 20 in 20s) and it was also observed an eventual distinguished incidence of the plateau on the kinetics of maximal oxygen uptake when the frequency of the sample is manipulated. Thirteen swimmers participated in this study (5 female and 8 males) duly subdivided in four swimming technics: Backstroke (n=3); Breaststroke (n=4); Butterfly (n=2), and crawl (n=4). Each subject went trough a progressive incremental protocol, composed by 200 meters steps with $0.05 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ increases, and 30 second breaks between. Each step destined capillary blood. The principal results told us: (i) there isn't any significant statistics changes in maximal oxygen uptake, between the frequencies of samples (*breath by breath*; 5 in 5s; 10 in 10s; 15 in 15s; 20 in 20s) (ii) the incidence of the *plateau* phenomenon increases as well as the frequencies of samples were largest (15 in 15s e 20 in 20s), whatever the value cut is used.

Key Words: Swimming, Oxygen Uptake Kinetics, Maximal Oxygen Uptake, *Plateau*, Sampling Intervals.

Résumé

L'objectif de cette étude consiste à vérifier l'existence des altérations au niveau de la cinétique de la consommation maximale d'oxygène, quand la fréquence d'échantillonnage est manipulée, plus concret, a eu analysé la variabilité de la consommation d'oxygène, calculé a partir d'une fréquence d'échantillonnage distinct du consommation d'oxygène (*breath by breath*; 5 an 5s; 10 an 10s; 15 an 15s; 20 an 20s) et il y a eu aussi observé l'éventuel différencié incidence du phénomène du *plateau* dans la cinétique, quand la fréquence d'échantillonnage est manipulée. Dans cette étude, ont participé 13 nageurs (soit 5 du sexe féminin et 8 du sexe masculin), subdivisés en quatre techniques de nage : dos (n=3), à brasse (n=4) et papillon (n=2), à crawl (n=4). Chaque personne a réalisé un protocole de développement progressif, composé d'une limite de 200 mètres (m), avec des développements de 0.05 m.s⁻¹, ayant 30 secondes d'intervalle entre chaque limite destinées à la recueille de sang capillaire. Avec des résultats de cette travaille on peut vérifié :(i) il n'y a pas des différences statistiquement significatives dans les valeurs de la consommation maximale d'oxygène , sur les différentes fréquences d'échantillonnage (*breath by breath*; 5 an 5s; 10 an 10s; 15 an 15s; 20 an 20s), suggéré que la chois pour certains intervalles de remise de donnés en détriment d'autres n'affecte pas les valeurs de la consommation maximale d'oxygène; (ii) l'incidence du phénomène du *plateau* se développe au fur et à mesure que les fréquences d'échantillonnage sont plus élargis (15 an 15s e 20 an 20s), indépendant du valeur du coupe utilisé

Mots-clefs: Natation Purement Sportive, Cinétique de la Consommation d'oxygène, Consommation Maximale d'oxygène, *Plateau*, Fréquences d'échantillonnage

LISTA DE ABREVIATURAS

BB – *breath by breath*

Cf – confrontar

CT – Controlo de Treino

FA – Frequência de Amostragem

La - Lactato

Lan – Limiar anaeróbio

NPD – Natação Pura Desportiva

R – Quociente Respiratório

S - segundos

SC – Componente Lenta do consumo de oxigénio

VO_2 – Consumo de Oxigénio

VO_{2max} – Consumo Máximo de Oxigénio

1. INTRODUÇÃO

A energia aeróbia parece constituir-se como muito importante ao nível da Natação Pura Desportiva (NPD), de acordo com Cardoso et al. (2003), constituindo-se o consumo máximo de oxigénio (VO_{2max}), como um dos parâmetros mais importantes para a avaliação do potencial aeróbio dos nadadores. Por VO_{2max} entende-se a taxa máxima de captação e utilização de oxigénio (O_2) pelo organismo durante o exercício.

Na comunidade científica encontra-se difundido que à medida que a carga de trabalho aumenta, o consumo de oxigénio (VO_2), aumenta também, até atingir um ponto máximo que corresponde ao VO_{2max} . Nesse momento e de acordo com Powers e Howley (2005), um aumento de potência não terá como consequência um aumento do VO_2 , representando um tecto fisiológico, atingindo um *plateau*, sendo este considerado por Brown et al. (1999) como um critério objectivo para a determinação do VO_{2max} . No entanto, de acordo com Astorino et al. (2005), os procedimentos seleccionados pelo investigador podem determinar a presença do fenómeno de *plateau*, assim como o protocolo utilizado, o sistema analisador de gases e a definição operacional de *plateau* (Brown, 2003).

Atendendo à importância da determinação da potência aeróbia, revela-se como essencial a análise do efeito potenciado pela variação da frequência de amostragem ao nível da variabilidade nos dados de VO_2 e da probabilidade de identificar o fenómeno de *plateau* no VO_2 .

Nos últimos anos, vários autores têm vindo a interessar-se por esta temática. Neste sentido, Astorino et al. (2001), verificaram que frequências de amostragem mais alargadas, subestimam o VO_{2max} e induzem uma maior variabilidade. Verificaram ainda que o *plateau* é um fenómeno real, se forem utilizados intervalos de recolha de dados curtos (15 em 15 s). Astorino et al. (2005) referem que a incidência do fenómeno do *plateau* varia de estudo para

estudo, uma vez que o protocolo e a amostra utilizada diferem, assim como o critério definido para definir o *plateau*. Contudo, não existem estudos nesta área no âmbito da NPD.

Através da realização deste trabalho, pretendemos verificar a existência de alterações ao nível da cinética do VO_2 , quando é manipulada a frequência de amostragem. Deste modo, analisamos a variabilidade do VO_{2max} calculado através de uma frequência de amostragem *breath by breath*, 5 em 5s, 10 em 10s, 15 em 15s e 20 em 20s e estudamos a eventual diferenciada incidência de um *plateau* na cinética do VO_2 , quando se recorrem a estas frequências de amostragem.

Iniciámos o nosso estudo com o presente capítulo de forma a contextualizar o problema. O capítulo seguinte corresponde à revisão da literatura que se irá centrar em aspectos directamente relacionados com o tema em questão, procurando clarificar alguns conceitos fundamentais para a compreensão do estudo. De seguida serão definidos os objectivos e as hipóteses do trabalho. Posteriormente, apresentaremos a caracterização da amostra, bem como a metodologia utilizada para a recolha e tratamento dos dados. No capítulo imediato surgem os resultados e, consecutivamente, as respectivas discussões. Finalmente, procedemos à apresentação das conclusões do nosso estudo.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. AVALIAÇÃO E CONTROLO DE TREINO

2.1.1. Contextualização

A evolução dos resultados desportivos em NPD, nos últimos anos verificou-se, particularmente, pelo aumento do volume de treino, tal como Vilas-Boas (1991a) refere. Consequentemente, o número de horas despendidas no processo de preparação desportiva foi aumentando, aproximando-se de uma situação na qual as tarefas relativas ao treino se encontram próximas da ocupação máxima diária. Desta forma, a elevação da capacidade de rendimento do nadador deve ser procurada através do incremento da eficiência do treino e não do seu volume, contrariamente, serão observáveis repercussões negativas, não só ao nível do futuro desportivo do nadador, mas também ao nível da sua saúde.

Corroborando estas ideias, Fernandes et al. (1998) referem o facto da procura de um volume de treino mais elevado se poder encontrar relacionado, não só com um excesso cumulativo das cargas, decorrente de um período de recuperação insuficiente, como também da realização de treinos que desvalorizam a componente da intensidade, utilizando velocidades consideravelmente inferiores aquelas solicitadas em competição.

Nesta linha de pensamento, o futuro do treino e o incremento da capacidade de rendimento dos nadadores, de acordo com Vilas-Boas (1991 b), passa pela integração dos progressos operados e a operar na tecnologia aplicada e no conhecimento científico da modalidade, mais concretamente do treino, e da avaliação do treino e do nadador.

Desta forma e atendendo ao facto do futuro no treino se relacionar também com as questões inerentes ao controlo de treino (CT) e a sua definição se

identificar com o estado de desenvolvimento dos factores influenciadores do rendimento desportivo, importa apresentar esses mesmos factores.

2.1.2. Factores Determinantes do Rendimento Desportivo em NPD

Não existe unanimidade na comunidade científica relativamente à classificação dos pressupostos de rendimento desportivo, no entanto, segundo Vilas-Boas (1989), é evidenciada uma tendência que contribui para uma estruturação complexa que através da sua interacção e interdependência determinam o rendimento do nadador (Fernandes, 1999).

Neste sentido, Fernandes (1999), propõe um modelo que interrelaciona os factores que influenciam o rendimento do nadador, mais concretamente, os factores genéticos, biomecânicos, bioenergéticos, psicológicos e contextuais (figura 1).

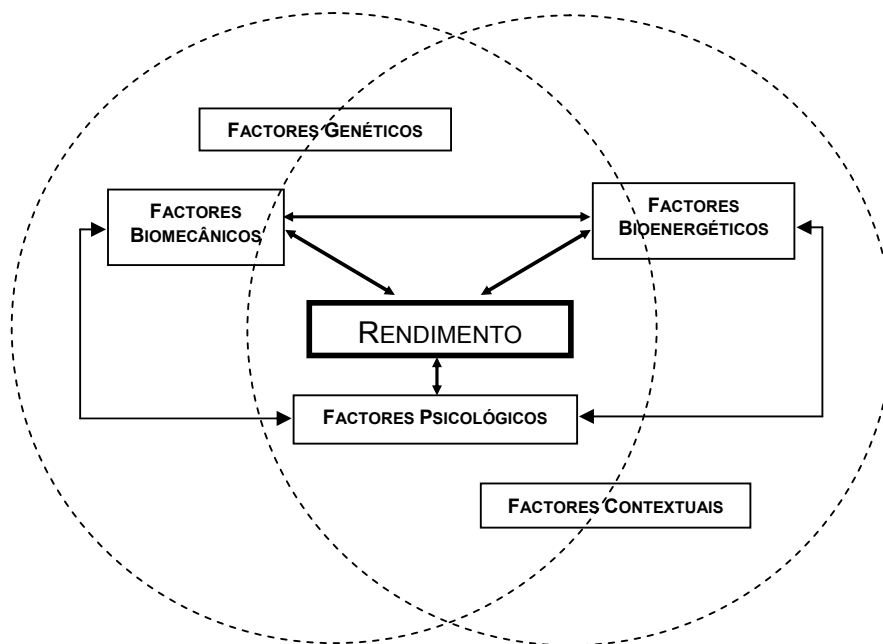


Fig.1 - Factores determinantes do rendimento desportivo em NPD (adaptado de Fernandes, 1999).

Seguidamente, iremos caracterizar, de forma sucinta, cada um dos factores apresentados na figura 1.

Relativamente aos factores genéticos, Klissouras (1978) refere que a hereditariedade é um factor que assume uma importância considerável ao nível do rendimento desportivo, constituindo-se como decisiva na obtenção e predição do mais alto nível de rendimento desportivo. Neste âmbito, verificou-se que o treino poderá não contribuir para o desempenho funcional, para além do fixado geneticamente (Klissouras et al. 1973; Japanese Society of Physical Education, 1977; Klissouras, 1986 e 2000).

Parâmetros como a influência e apoio da família, as pressões sociais, os hábitos de vida, a saúde, o regime alimentar e o treino enquadram-se no âmbito dos factores contextuais, tal como Fernandes e Vilas-Boas (2002), referem destacando-se o treino como aquele que mais influencia o rendimento em NPD. Neste sentido, o processo de treino deverá ser controlado de forma rigorosa, procurando otimizar a prestação do nadador.

No que concerne aos factores biomecânicos, Vilas-Boas (2002) destaca a técnica como uma das variáveis de rendimento mais importantes. Baumann (1995) refere que a análise biomecânica do movimento humano pode ser dividida em diferentes áreas, mais concretamente a cinemetria, a dinamometria, a antropometria e a electromiografia.

Relativamente aos factores psicológicos, segundo a perspectiva de Fernandes e Vilas-Boas (2002), estes revestem-se de grande importância. Os mesmos autores enfatizam a necessidade de se recorrer quer à potenciação de variáveis individuais, quer ao condicionamento da dinâmica do grupo de treino.

Finalmente apresentamos os factores bioenergéticos, que iremos desenvolver de forma mais aprofundada, uma vez que se relacionam directamente com o objectivo do nosso trabalho.

A energia existe sob várias formas, sendo que o processo bioenergético de conversão de energia química em mecânica requer uma série de reacções químicas muito controladas, tal como Powers e Howley (2000) referem.

A energia disponível para o trabalho muscular é preponderantemente proveniente de duas fontes, uma aeróbia e outra anaeróbia (Vilas-Boas, 2000). A estas acrescem quantidades reduzidas de energia, armazenadas sob a forma de fosfagénios, que na perspectiva de Vilas-Boas e Duarte (1994), não é entendida como um sistema, mas como um meio de transferência de energia dos sistemas metabólicos, onde esta é transformada.

As quantidades de existentes de ATP são bastante limitadas (Maglischo, 1999), desta forma a principal função dos sistemas energéticos é a formação de ATP para a contracção muscular, já que o músculo esquelético não consegue utilizar a energia proveniente dos compostos energéticos provenientes da alimentação (glucose, ácidos gordos e aminoácidos), de forma directa.

As células musculares podem produzir ATP através da concretamente da degradação da fosfocreatina (CP), glicólise anaeróbia e através do metabolismo oxidativo (Powers e Howley, 2005).

A fonte mais rápida para a produção de energia é através da CP. No entanto, as células musculares armazenam quantidades reduzidas de CP, o que limita a quantidade de ATP formado por essa reacção, catalizada pela creatina quinase, proporcionando energia para a contracção muscular apenas no início do exercício, com uma duração de 5 segundos, tal como Powers e Howley (2005) referem.

A glicólise é uma segunda via metabólica capaz de fornecer energia para a reposição de ATP rapidamente, sem utilizar o O_2 , transformando o glicogénio em ácido pirúvico (Maglischo, 1999).

A produção aeróbia de ATP decorre no interior das mitocôndrias, só sendo possível mediante a utilização de O_2 , sendo a produção de energia aeróbia assegurada pela oxidação mitocondrial da glucose e dos lípidos e ainda pelos aminoácidos, embora de uma forma menos significativa

Importa referir que durante o exercício, os dois sistemas energéticos, mais a reserva de fosfagénios interagem entre si, funcionando de uma forma integrada, tal como Maglischo (1999) refere. Mais concretamente, os sistemas energéticos e a reserva de fosfagénios funcionam simultaneamente, ainda que se verifique a preponderância de um, relativamente aos restantes, dependendo de factores como a duração e intensidade do esforço, a quantidade de reserva disponíveis em cada sistema, as proporções entre os vários tipos de fibras e a presença de enzimas específicas. Resumidamente, os dois sistemas energéticos mais a reserva de fosfagénios funcionam sempre de forma integrada e nunca isoladamente.

Quando comparamos a eficiência do metabolismo anaeróbio e aeróbio, Maglischo (1999) refere que este último é mais favorável, uma vez que resulta na produção de uma quantidade superior de ATP e porque a acidose não ocorre durante o metabolismo aeróbio. No entanto, este pode não fornecer toda a energia para a reposição do ATP durante as provas, uma vez que o processo é demasiado lento, complementando assim a energia fornecida pelo metabolismo anaeróbio.

Como principais factores bioenergéticos influenciadores do rendimento desportivo, Vilas-Boas (2000), destaca os dois sistemas de energia para o trabalho muscular, a reserva de fosfagénios, a capacidade de cada sistema e da reserva de fosfagénios e a potência máxima a que em cada circunstância e em cada ambiente celular, cada sistema e a reserva de fosfagénios conseguem operar.

Nesta linha de pensamento a potência e capacidade dos dois sistemas energéticos e da reserva de fosfagénios constituem-se como factores individuais determinantes da performance em Natação, sendo uma grande parte do treino direccionada para a melhoria dos distintos sistemas produtores de energia.

Os conceitos de potência e capacidade dos sistemas energéticos e da reserva de fosfagénios assumem uma importância fundamental, quando analisamos a condição aeróbia dos indivíduos, na medida em que esta é determinada por estes mesmos factores (Santos, 2004). Assim, a potência máxima aeróbia traduz-se pela quantidade máxima de energia que pode ser transformada oxidativamente nas fibras musculares activas, por unidade de tempo, expressa pelo VO_{2max} , enquanto que a capacidade reflecte a energia disponível para o trabalho aeróbio, relacionando-se com a capacidade de manter uma determinada intensidade de exercício durante um período de tempo prolongado, com baixas $[La^-]$, traduzindo-se pelo limiar anaeróbio (Lan).

Neste sentido, Vilas-Boas (1989b), destaca o facto do rendimento aeróbio ser constituído por duas componentes: a potência máxima aeróbia ou VO_{2max} e a capacidade aeróbia ou Lan.

2.2. CINÉTICA DO CONSUMO DE O₂

De acordo com Demarie et al. (2000), durante o exercício de intensidade constante, acima do Lan, ou acima da velocidade crítica, o consumo de oxigénio continua a aumentar através de uma componente lenta (SC), que se segue à fase rápida do VO₂ (cf. figura 2). Desta forma, o VO₂ não irá entrar num *steady-state*, mas irá continuar a aumentar até que se atinja VO_{2max}, ou o exercício tenha terminado (Jones et al. 1999), ou que se entre num *steady-state* atrasado (Demarie et al. 2000). Ainda Jones et al. (1999), referem que o recrutamento de fibras do tipo II parece ser a explicação mais plausível para a ocorrência da SC, na cinética do VO₂.

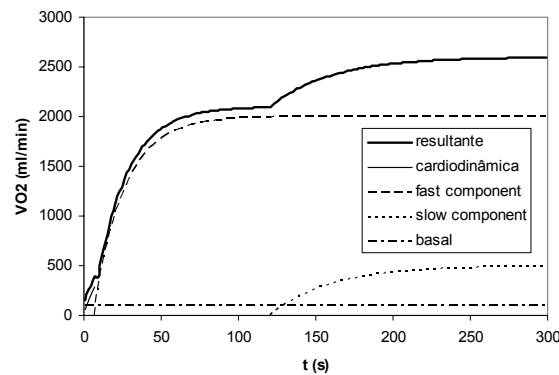


Fig. 2 - Fases do consumo de O₂ (adaptado de Machado et al. 2006)

O reconhecimento da existência da SC na cinética do VO₂ é algo controverso (Gaesser e Poole, 1996), facto que poderá encontrar justificação no confronto com conceitos como *steady-state* e o défice de O₂.

Os mesmos autores referem que como resposta ao exercício com carga permanente, capaz de provocar uma acidose láctica sustentada desenvolve-se uma SC na cinética do VO₂ sobrepondo-se à fase rápida. Desta forma, se o ritmo de trabalho acima do Lan, não for estabilizado, a magnitude da SC conduz o VO₂ ao seu máximo.

As evidências da existência de uma SC remontam a 1961, no decorrer de exercícios de alta intensidade, em cicloergómetro. A partir deste momento, vários autores têm demonstrado a existência desta componente (Astrand e Saltin, 1961; Whipp, 1987, 1994; Whipp e Wasserman, 1972, 1986; Whipp et al., 1980, 1982).

No domínio específico das modalidades desportivas, o estudo desenvolvido por Carter et al. (2000), permitiu verificar que a SC é um fenómeno visível durante a corrida, ainda que a sua magnitude seja consideravelmente menor, comparativamente com o ciclismo, para a mesma intensidade relativa. Este facto poderá estar relacionado com diferenças nos regimes de contracção muscular.

No âmbito da NPD o número de estudos a analisar o VO_2 em condições reais de nado, através da oximetria directa são reduzidos, facto que encontra justificação nas características específicas do meio aquático.

Procurando encontrar justificação para a ocorrência de uma SC, de maior ou menor amplitude, no VO_2 em NPD, Demarie et al. (2001) verificaram que, tal como no ciclismo e corrida, pode também ser observada uma SC na cinética do VO_2 , em NPD. Ainda de acordo com os mesmos autores é possível que por um lado a SC seja de menor amplitude devido à biomecânica específica da NPD e por outro lado dada a limitada frequência respiratória e o alto custo da respiração a SC seja mais elevada.

A SC no VO_2 foi visível em situação real de nado, nos estudos de Fernandes et al. (2003a, b). O estudo realizado por estes autores foi efectuado com nadadores universitários (Fernandes et al. 2003a) e nadadores de alto nível (Fernandes et al. 2003b), tendo-se constituído este último como a primeira investigação com o propósito de determinar a SC em nadadores de alto nível, em situação real de nado, a intensidades correspondentes à potência aeróbia máxima. Neste estudo verificou-se a existência de uma SC de menor

amplitude, comparativamente com os valores encontrados no ciclismo e na corrida, o que poderá estar relacionado, segundo os autores, com a especificidade da modalidade e com o alto nível de treino de resistência. Fernandes et al. (2003b) referem ainda que a intensidades elevadas de exercício, com um acréscimo da ventilação pulmonar, relacionada com a SC do VO_2 , incrementa o consumo de O_2 , o que se deve ao trabalho específico desenvolvido pelos músculos respiratórios, o que sugere estes poderão contribuir, ainda que de forma modesta, para percentagem total da SC.

2.3. ERGÓMETROS PARA A AVALIAÇÃO EM NATAÇÃO PURA DESPORTIVA

A avaliação da capacidade cardiorespiratória e metabólica em NPD implica limitações, impostas quer pelo ambiente, quer pelo equipamento com que pretendemos avaliar (Rodríguez, 1999). Nesta perspectiva, a mensuração das variáveis cardiovasculares, encontra-se limitada pelos aparelhos requeridos para a recolha dos gases expirados e pelas alterações na mecânica de nado em *Swimming flume* ou em nado *amarrado*, o que restringe a performance dos nadadores. No entanto, os sistemas e técnicas de avaliação têm vindo a sofrer evoluções consideráveis.

Inicialmente, os ergómetros utilizados em investigações relativas à avaliação em nadadores foram os simuladores da técnica de nado fora da água. Contudo, existem diferenças mecânicas e ambientais, para além de poucas semelhanças a nível electromiográfico entre os movimentos do nadador em seco e o movimento da técnica de crol em nado livre, tal como Olbrecht e Clarys (1983) referem.

Posteriormente, surgiu o nado *amarrado*, cujas condições hidromecânicas, segundo Hólmer (1974), diferem comparativamente ao nado livre.

Mais tarde foi desenvolvido o tanque de nado, ou *swimming flume*, que é caracterizada por Vilas-Boas (1991), como um tapete rolante de água, possibilitando que o nadador nade a determinadas velocidades definidas pelo investigador, sem que se desloque relativamente a este. No entanto, embora permita o controlo da velocidade de escoamento, a resistência da água que envolve o nadador não é igual àquela que flui em torno do nadador em nado livre. (Hólmer e Haglund, 1978).

Por fim, surge o nado livre, que possibilita ao nadador realizar os testes em condições mais aproximadas das condições reais de nado, ainda que apresente como desvantagem a impossibilidade de realizar as viragens

utilizadas quer em treino, quer em situação de competição, facto que encontra explicação nos constrangimentos causados pelos aparelhos requeridos para a análise dos gases expirados.

2.4. MÉTODOS DE MEDIÇÃO DO VO₂ EM NATAÇÃO PURA DESPORTIVA

Ao longo do tempo os métodos para determinar o VO₂ têm sido desenvolvidos, procurando superar as condições adversas que o meio aquático proporciona, comparativamente com o meio seco. Desta forma, a evolução tecnológica apresenta como principal objectivo a mensuração do consumo de oxigénio em condições próximas da realidade do nadador.

O instrumento mais antigo para a recolha dos gases e análise dos parâmetros ventilatórios é o da recolha dos gases através do saco de Douglas, no qual após recolha do ar expirado é analisado o conteúdo de O₂ e de dióxido de carbono (CO₂). Alves (1995), apresenta como principal desvantagem deste instrumento o facto de o momento da recolha dos gases, implicar o manuseamento do gás expirado, elevando assim a probabilidade de ocorrência de erros de medição.

A oximetria directa em *swimming flume* possibilita a análise dos gases expirados, através de uma frequência de amostragem de 10 em 10 segundos, de 20 em 20 segundos e mais recentemente, recorrendo a aparelhos mais sofisticados é possível uma frequência de amostragem *breath by breath*. Frequentemente, estes equipamentos, devido às suas dimensões, implicam limitações na análise dos gases expirados. Tal como Costill et al. (1992), indicam a válvula utilizada apresenta como consequência um aumento do arrasto e alterações ao nível da posição do corpo durante a prova.

A oximetria em nado livre reveste-se de grande importância na avaliação do VO₂, uma vez que aproxima o nadador das condições reais de nado.

Neste âmbito, o trabalho desenvolvido por Vilas-Boas (1993), destacou-se como um contributo muito significativo na área da NPD, uma vez que proporcionou a determinação directa do VO₂ específico em nadadores, além de

se constituir como um dos primeiros contributos para a implementação de meios e métodos para a avaliação biomecânica e fisiológica em NPD.

Para determinar o VO_2 através da oximetria directa em Natação houve necessidade de desenvolver um conjunto de procedimentos, entre os quais se destaca a importância da utilização de uma válvula, anexada ao oxímetro, especialmente concebida para a utilização em Natação e o aumento do tubo para a captação do ar, procurando minimizar a força de arrasto hidrodinâmico e diminuir o constrangimento imposto pelos oxímetros tradicionais, tal como Léger et al. (1980) referem.

Keskinen et al. (2002), desenvolveram um “*snorkel*” e sistema de válvula (K4 b²), adaptado do “*snorkel*” desenvolvido por Toussaint et al. (1987), para sistema *breath by breath*, validado em laboratório, sendo utilizado em nado livre por Rodríguez et al. (2001). Este último salienta que este desenvolvimento possibilitou a investigação da cinética das trocas gasosas durante o nado, através da tecnologia *breath by breath*. Neste sentido, Demarie et al. (2001), menciona que foram superadas algumas das limitações técnicas anteriores.

Importa ainda referir as frequências de amostragem que têm vindo a ser utilizadas, em NPD. Demarie et al. (2000), utilizaram uma frequência de amostragem de 15 em 15 s para estudar a ocorrência da componente lenta na *swimming flume*. Rodríguez et al. (2002), utilizaram uma frequência de amostragem *breath by breath*, realizando uma média de 5 em 5 segundos, no seu estudo, no qual procuraram estimar os parâmetros cinéticos do VO_2 . Fernandes (2003), estudou o tempo limite e a componente lenta nas intensidades correspondentes ao VO_{2max} em nadadores, em nado livre. Neste estudo o ar expirado foi analisado continuamente, ao longo do teste, sendo efectuada uma média de 20 em 20s.

2.5. IMPORTÂNCIA DO VO_{2MAX} NA AVALIAÇÃO E CONTROLO DE TREINO EM NATAÇÃO

A energia aeróbia parece constituir-se como muito importante ao nível da NPD, de acordo com Cardoso et al. (2003), sendo que um dos parâmetros mais importantes para a avaliação do potencial aeróbio dos nadadores é o VO_{2max} e a velocidade ao VO_{2max} (vVO_{2max}), para além do limiar anaeróbio, o que vai de encontro à perspectiva de Lavoie e Montpetit (1986), na qual o VO_{2max} é provavelmente o critério mais usual, quer para avaliar a componente aeróbia, quer para prescrever as intensidades de treino.

O VO_{2max} é um parâmetro de avaliação da potência aeróbia, correspondendo à taxa máxima de captação e utilização de O_2 pelo organismo, durante o exercício, sendo considerado o melhor indicador da capacidade do sistema cardiovascular.

O VO_{2max} identifica-se com um conceito fundamental da fisiologia do exercício e conjuntamente com o *plateau* no VO_2 destacam-se como os conceitos mais influentes na fisiologia do exercício, tal como Astorino et al. (2000) mencionam.

A quantidade máxima de O_2 que se pode consumir durante o exercício é intitulado de VO_{2max} (Maglischo, 1999), sendo este definido por Brown et al. (2002), como a taxa de VO_2 mais elevada que um indivíduo consegue atingir no decorrer de um teste, revelando-se como essencial revestir de uma maior exactidão o processo de avaliação da potência aeróbia.

À medida que a carga de trabalho aumenta, o consumo de oxigénio aumenta também, até atingir um ponto máximo que corresponde ao VO_{2max} . Nesse momento e de acordo com Powers e Howley (2005), um aumento de potência não terá como consequência um aumento do consumo de O_2 , representando um “tecto fisiológico”. Neste sentido, Maglischo (1999), refere a existência de um *plateau* no consumo de oxigénio, quando um aumento da velocidade não se traduz num aumento do consumo de O_2 , reflectindo assim a capacidade

máxima de consumo de O_2 . Este mesmo fenómeno é entendido por Brown et al. (2002), como uma estabilização do VO_2 , no consumo de oxigénio, em resposta ao incremento da intensidade.

De acordo com Brown et al. (2002), o fenómeno do *plateau* no consumo de oxigénio é considerado como um critério objectivo para a determinação do VO_{2max} durante um protocolo incremental, sendo na perspectiva de Howley e Basset (1995), o primeiro critério para determinar o VO_{2max} o fenómeno do *plateau*.

Também Astorino (2005) reitera a ideia do *plateau* ser o critério mais aceite para a consecução VO_{2max} . No entanto, tal como Howley e Basset (1995), afirmam não é invulgar que determinados indivíduos terminem o protocolo sem alcançar um *plateau* no VO_2 . De facto, aproximadamente 50% dos indivíduos não revelam um plateau num teste maximal, o que não significa que não tenham atingido o VO_{2max} (Basset e Howley, 1999).

No estudo desenvolvido por Doherty et al. (2003), com atletas britânicos de elite foi observada uma baixa frequência do fenómeno do *plateau*. Neste sentido, verificaram que os atletas com maior capacidade aeróbia demonstraram uma menor frequência do *plateau*, contrariando as ideias difundidas, nas quais a ausência do *plateau* revela ou falta de motivação, ou incapacidade por parte do atleta em atingir o esforço máximo. Desta forma, observa-se a necessidade de se recorrer a critérios secundários que incluem as concentrações de lactato sanguíneo, o quociente respiratório (R) e uma percentagem elevada da frequência cardíaca máxima ajustada à idade.

Assim, na ausência do fenómeno do *plateau*, foram estabelecidos critérios secundários, no sentido de determinar o VO_{2max} . Powers e Howley (2005) referem a existência de um conjunto de critérios usualmente utilizados para determinar se o VO_{2max} foi atingido, incluindo a estabilização do VO_2 (variação

do VO₂ <150 ml. Kg⁻¹. min⁻¹), [La-] > 8 mmol/l e R > 1,15. Importa referir o facto de não se constituir como imprescindível a satisfação dos três critérios.

No entanto, de acordo com Astorino et al. (2005), os procedimentos seleccionados pelo investigador podem determinar a presença, ou ausência do fenómeno de *plateau*. Na mesma linha de pensamento, Brown et al. (2002) refere a existência de factores que influenciam a ocorrência deste fenómeno, mais concretamente o protocolo utilizado, o sistema analisador de gases e a definição operacional de *plateau*.

Relativamente ao conceito de *plateau* existe alguma variabilidade na sua definição, que se relaciona com a magnitude do valor de corte. Tradicionalmente, o valor de corte mais aceite identificava-se com uma variação do VO₂ ≤ 150 ml.min⁻¹, estudos posteriores revelam uma alteração no valor de corte, sendo admitida uma variação no VO_{2max} ≤ 80 ml.min⁻¹, sendo que Astorino (2005) utilizou um valor de corte de 50 ml.min⁻¹. Ainda no que concerne às questões inerentes à variabilidade do valor de corte para a determinação da ocorrência do *plateau*, Howley et al. (1995) referem que alguns valores são muito elevados (Δ VO₂ ≤ 150 ml.min⁻¹) e que por isso permitem que a maioria dos sujeitos alcancem o *plateau*. Por outro lado determinados valores apresentam-se muito pequenos (Δ VO₂ ≤ 50/60 ml.min⁻¹), pelo que, podem estar para além da nossa capacidade de medir uma diferença real no VO_{2max}.

2.6. FREQUÊNCIAS DE AMOSTRAGEM E CINÉTICA DO VO₂

Considerando a importância da determinação da potência aeróbia, Dwyer (2004), assume como essencial a análise do efeito potenciado pela variação da frequência de amostragem ao nível da variabilidade nos dados de VO₂ e da probabilidade de identificar o fenómeno de *plateau* no VO₂.

De facto, Myers et al. (1990), investigaram o fenómeno do *plateau* e a variabilidade no consumo de oxigénio, utilizando diferentes frequências de amostragem. Os resultados obtidos no estudo anterior verificaram que 20% das diferenças no VO₂ concernem aos intervalos em que se recolhem os dados, ainda que, na comunidade científica, não se atribua a devida importância a este facto. Os autores referem também o facto do *plateau* se encontrar dependente da sua definição, população, protocolo utilizado, assim como das frequências de amostragem, que raramente são mencionadas.

Astorino et al. (2001) verificaram que frequências de amostragem mais alargadas subestimam o VO_{2max} e induzem uma maior variabilidade. Verificaram ainda que o *plateau* é um fenómeno real, se forem utilizados intervalos de recolha de dados curtos (15 em 15 s). Astorino et al. (2005), referem que a incidência do fenómeno do *plateau* varia de estudo para estudo, uma vez que o protocolo e a amostra utilizada diferem, assim como o critério definido para definir o *plateau*. Os mesmos autores, no estudo que desenvolveram, em exercício maximal no cicloergómetro observaram que o primeiro factor que determina a incidência do *plateau* no VO₂ é a frequência de amostragem, logo deverá ser seleccionada cuidadosamente, um outro aspecto importante é o declive do gráfico do VO₂ *versus* tempo, este deve ser considerado como um critério objectivo para se determinar a consecução do *plateau*. Corroborando o estudo de Astorino et al. (2001), Astorino et al. (2005), mencionam que intervalos mais curtos (*breath by breath* e 15 em 15s) aumentam a incidência do *plateau* comparativamente com intervalos mais alargados (60s).

No entanto, na área da Natação não existem ainda estudos que abordem, especificamente, a questão das frequências de amostragem e das suas repercussões na consecução do *plateau* e da variabilidade do VO_{2max} , pelo que é importante desenvolver um trabalho neste âmbito.

3. OBJECTIVOS E HIPÓTESES

3.1. OBJECTIVOS

3.1.1. Objectivo Geral

O objectivo geral do nosso estudo consiste em verificar a existência de alterações ao nível da cinética do VO_2 , quando é manipulada a frequência de amostragem.

3.1.2. Objectivos Especificos

Mediante o objectivo referido anteriormente, definimos os seguintes objectivos específicos:

- a) Analisar a variabilidade do VO_{2max} calculado através de uma frequência de amostragem *breath by breath*; 5 em 5s; 10 em 10s; 15 em 15s; 20 em 20s.
- b) Analisar a eventual diferenciada incidência de um *plateau* na cinética do VO_2 quando se recorrem a frequências de amostragem diversas: *breath by breath*; 5 em 5s; 10 em 10s; 15 em 15s; 20 em 20s.

3.2. HIPÓTESES

H1 – Intervalos de amostragem mais longos aumentam a variabilidade do VO_{2max} .

H2 – Intervalos de amostragem mais curtos aumentam a incidência do fenómeno de *plateau*.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

A amostra foi constituída por 13 indivíduos pertencentes à Selecção Nacional Portuguesa de NPD, sendo 8 do género masculino e 5 do género feminino, subdivididos em quatro técnicas de nado: mariposa (1 nadador do género masculino e 1 nadadora do género feminino), costas (3 nadadores do género masculino), bruços (3 nadadores do género masculino e 1 nadadora do género feminino), crol (1 nadador do género masculino e 3 nadadoras do género feminino). As médias e respectivos desvios-padrão de algumas características físicas encontram-se apresentadas no quadro 1.

Quadro 1 - Valores médios e desvios-padrão de algumas características físicas dos sujeitos da amostra.

Estilo de nado	N _{técnica}	N _{sexo}	Idade	Peso (kg)	Altura (cm)
Mariposa	2	1 ♂	17	67,0	1,80
		1 ♀	17	54,2	1,65
Costas	3	3 ♂	17,7±1,2	64,5±2,7	1,78±0,02
Bruços	4	3 ♂	17,3±0,6	69±3,3	1,74±0,03
		1 ♀	19	67,2	1,72
Crol	4	1 ♂	16	71	1,76
		3 ♀	15,7±1,5	59,7±2,8	1,68±0,03
Total	13	8 ♂	17,3±0,89	67,3±3,4	1,80±0,03
		5 ♀	16,6±1,8	60,1±5,04	1,68±0,03

4.2. PROCEDIMENTOS

4.2.1. Procedimento Experimental

Os testes do presente estudo foram realizados numa piscina interior aquecida (25x10m), com 2m de profundidade, 6 pistas, apresentando uma variação da temperatura compreendida entre os 27 e os 27.5°C. Cada indivíduo realizou um protocolo progressivo intermitente para determinação da velocidade mínima correspondente ao VO_{2max} (vVO_{2max}), na técnica de nado correspondente à especialidade de cada nadador. O protocolo apresenta incrementos de velocidade de 0.05 m.s⁻¹, por cada patamar de 200 m, com intervalos de 30 segundos entre cada patamar, até à exaustão. A velocidade inicial dos nadadores foi determinada tendo em conta a condição, considerando o melhor tempo realizado pelo nadador em causa na aos 400 m Livres, subtraída de sete incrementos de velocidade. Nas restantes técnicas de nado a velocidade inicial foi determinada através da condição dos nadadores, aos 200 m subtraída de sete incrementos de velocidade (Fernandes et al., 2003).

Os nadadores utilizaram a técnica de viragem aberta, realizada sempre para o lado da piscina, sem deslize subaquático. Foram ainda encorajados, de forma verbal, no sentido de nadarem ao ritmo pretendido.

O VO₂ foi determinado por oximetria ventilatória directa, tendo sido utilizado o oxímetro K4b² – *Breath by Breath Pulmonary Gas Exchange System* – COSMED, Itália.



Fig.3 - K4b² – *Breath by Breath Pulmonary Gas Exchange*

O oxímetro encontrava-se ligado ao nadador através de uma válvula respiratória (Toussaint et al., 1987), adaptada para o analisador *Breath by Breath* em NPD (Keskinen et al., 2003), sendo transportado à mão ao lado do nadador.



Fig. 4 e 5 - Válvula de Toussaint et al. (1987), específica para a NPD, adaptada para o dispositivo do *Breath by Breath* (Keskinen et al., 2003).

A velocidade de nado foi controlada por um estímulo visual, através de um *pacemaker* luminoso (*GBK Pacer products*), constituído por uma buzina de alerta e por um conjunto de luzes intermitentes no fundo da piscina, que acendiam sucessivamente em intervalos de tempo pré-programados num ordenador.



Fig. 6 – Pacer luminoso – *GBK Pacer products*

A recolha de sangue, para análise da $[La^-]$, foi realizada através do analisador de lactemia *Yellow Spring Instruments 1500 Sport L-lactate analyser*, no lóbulo auricular antes, durante (3, 5 e 7 minutos) e imediatamente após o término do exercício e quando necessário durante o período de recuperação, recolhendo 25 μ l de sangue capilar.



Fig. 7 - Yellow Spring Instruments 1500 Sport L-lactate analyse

4.2.2. Procedimento Estatístico

Foi utilizado o programa *Microsoft Excel*, de modo a construir os gráficos relativos à ocorrência do fenómeno de *plateau*, para cada uma das frequências de amostragem, assim como para calcular as médias e respectivos desvios-padrão.

Com o intuito de efectuar uma análise exploratória dos valores de VO_2 foi realizada uma suavização dos dados, de modo a eliminar eventuais *outliers*. Deste modo, foram excluídos os valores que não se enquadraram no intervalo média \pm 2desvios-padrão.

Para testar as diferenças entre os dados brutos e suavizados utilizou-se o teste paramétrico t-student para medidas emparelhadas realizado no programa *SPSS 14.0* para *Windows*. As diferenças entre os valores foram consideradas significativas para um $p < 0,05$.

No sentido de analisar as diferenças entre os valores de VO_{2max} , para as diferentes frequências de amostragem utilizou-se a ANOVA para medidas repetidas realizado no programa *SPSS14.0* para *Windows*. As diferenças entre os valores foram consideradas significativas para um $p < 0,05$.

5. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

O presente capítulo encontra-se organizado de acordo com os objectivos específicos do estudo. Desta forma, inicialmente são apresentados os resultados relativos à variabilidade do VO_{2max}, quando calculado através de uma frequência de amostragem distinta, mais concretamente *breath by breath*; 5 em 5s; 10 em 10s; 15 em 15s; 20 em 20s. No segundo ponto é analisada a incidência de um plateau na cinética do VO₂ quando se recorrem a frequências de amostragem diversas: *breath by breath*; 5 em 5s; 10 em 10s; 15 em 15s; 20 em 20s.

5.1. MANIPULAÇÃO DAS FREQUÊNCIAS DE AMOSTRAGEM E VARIABILIDADE DO VO_{2MAX}

Os resultados expressos nos quadros 2,3,4,5 e 6 representam os valores médios e respectivos desvios – padrão do VO_{2max}, quando se recorre aos dados brutos, ou aos dados suavizados, utilizando frequências de amostragem distintas. São também apresentados os resultados do t – teste de medidas repetidas

Quadro 2 e 3 - Valores médios, desvios-padrão do VO₂ e resultados do t – teste relativos aos dados brutos e suavizados, quando utilizada uma frequência de amostragem *breath by breath* e de 5 em 5s.

Patamar	Med±DP	T	p	Patamar	Med±DP	t	P
1ºPat. B	45,8±10,8	-0,582	0,561	1ºPat. B	44,9±9,1	1,545	0,124
1ºPat. F	45,9±10,0			1ºPat. F	44,7±8,9		
2ºPat. B	49,3±9,8	0,196	0,845	2ºPat. B	47,9±8,8	-0,670	0,503
2ºPat. F	49,3±9,2			2ºPat. F	48,1±8,7		
3ºPat. B	50,8±10,8	-0,860	0,390	3ºPat. B	50,3±7,7	1,790	0,075
3ºPat. F	50,9±8,3			3ºPat. F	50,0±7,3		
4ºPat. B	54,1±12,6	-1,203	0,230	4ºPat. B	53,4±12,1	-1,610	0,109
4ºPat. F	54,3±12,1			4ºPat. F	53,5±12,1		
5ºPat. B	57,5±10,8	-1,569	0,117	5ºPat. B	57,3±7,9	-1,000	0,319
5ºPat. F	57,7±9,0			5ºPat. F	57,3±7,9		
6ºPat. B	58,6±11,1	-3,086	0,002	6ºPat. B	57,9±9,3	-1,436	0,153
6ºPat. F	59,5±9,4			6ºPat. F	58,5±8,2		
7ºPat. B	56,4±8,9	-0,956	0,340	7ºPat. B	54,2±10,7	-1,567	0,121
7ºPat. F	56,5±8,7			7ºPat. F	54,6±10,5		
8ºPat. B	58,1±2,1	0,571	0,570	8ºPat. B	58,6±1,4		
8ºPat. F	58,0±1,7			8ºPat. F	58,6±1,4		

Quadro 4 - Valores médios, desvios-padrão do VO₂ e resultados do t – teste relativos aos dados brutos e suavizados, quando utilizada uma frequência de amostragem de 10 em 10s.

Patamar	Med±DP	T	P
1ºPat. B	44,9±8,7	1,000	0,320
1ºPat. F	44,9±8,7		
2ºPat. B	48,2±8,6	-	-
2ºPat. F	48,2±8,6		
3ºPat. B	50,2±7,4	-1,000	0,320
3ºPat. F	50,3±7,3		
4ºPat. B	53,5±11,9	1,000	0,320
4ºPat. F	53,3±12,4		
5ºPat. B	57,1±7,4	-1,315	0,193
5ºPat. F	57,2±7,5		
6ºPat. B	57,6±8,3	-1,000	0,321
6ºPat. F	57,7±8,3		
7ºPat. B	53,2±11,6	-1,000	0,323
7ºPat. F	53,4±11,7		
8ºPat. B	58,5±1,2	-	-
8ºPat. F	58,5±1,2		

Quadro 5 e 6 - Valores médios, desvios-padrão do VO₂ relativos aos dados brutos e suavizados, quando utilizada uma frequência de amostragem de 15 em 15s e de 20 em 20s.

Patamar	Med±DP	Patamar	Med±DP
1°Pat. B	44,8±8,3	1°Pat. B	44,7±8,3
1°Pat. F	44,8±8,3	1°Pat. F	44,7±8,3
2°Pat. B	48,3±8,5	2°Pat. B	48,3±8,6
2°Pat. F	48,3±8,5	2°Pat. F	48,3±8,6
3°Pat. B	50,1±7,2	3°Pat. B	49,9±7,2
3°Pat. F	50,1±7,2	3°Pat. F	49,9±7,2
4°Pat. B	52,8±12,0	4°Pat. B	53,2±11,7
4°Pat. F	52,8±12,0	4°Pat. F	53,2±11,7
5°Pat. B	56,8±6,9	5°Pat. B	56,7±6,9
5°Pat. F	56,8±6,9	5°Pat. F	56,7±6,9
6°Pat. B	57,2±8,6	6°Pat. B	55,8±8,1
6°Pat. F	57,2±8,6	6°Pat. F	55,8±8,1
7°Pat. B	53,6±8,9	7°Pat. B	51,7±12,4
7°Pat. F	53,6±8,9	7°Pat. F	51,7±12,4
8°Pat. B	58,4±0,7	8°Pat. B	58,3±0,6
8°Pat. F	58,4±0,7	8°Pat. F	58,3±0,6

Como podemos verificar, nos quadros anteriores não se verificaram diferenças estatisticamente significativas entre os dados brutos e os dados suavizados, independentemente da frequência de amostragem utilizada.

No quadro 7 estão representados as possíveis diferenças estatisticamente significativas entre os valores de VO_{2max}, para as distintas frequências de amostragem, resultantes da aplicação da Anova de medidas repetidas.

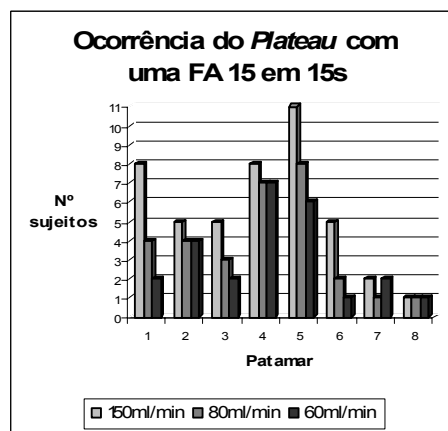
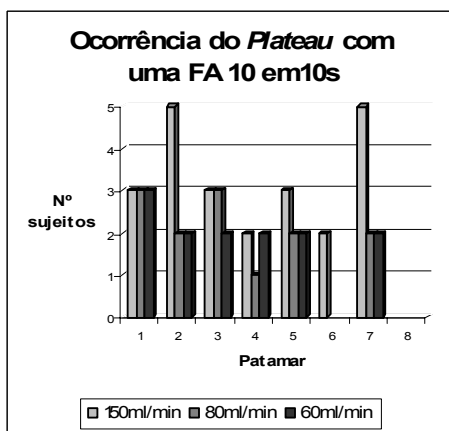
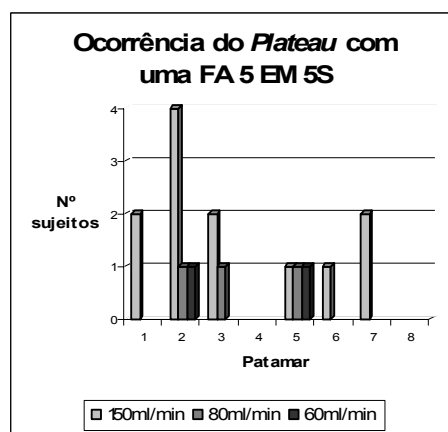
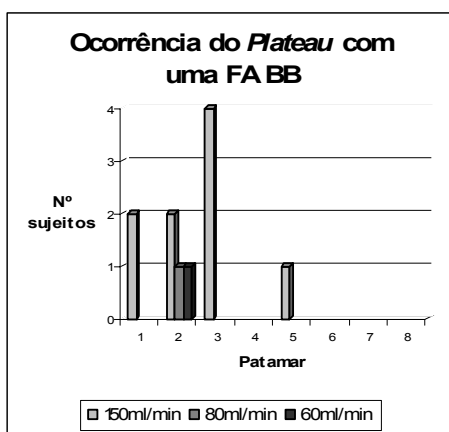
Quadro 7 - Valores médios, desvios-padrão do VO₂ e resultados da anova de medidas repetidas, para as frequências de amostragem *breath by breath*; 5 em 5s; 10 em 10s; 15 em 15s; 20 em 20s;

Patamar	Med±DP	F	p
1ºPat. B	45,8±10,8	,435	,783
2ºPat. B	49,3±9,8	0,8000	0,525
3ºPat. B	50,8±10,8	0,335	0,854
4ºPat. B	54,1±12,6	0,296	0,881
5ºPat. B	57,5±10,8	0,280	0,949
6ºPat. B	58,6±11,1	0,884	0,473
7ºPat. B	56,4±8,9	2,711	0,070
8ºPat. B	58,1±2,1	0,226	0,923

De acordo com o quadro 7 não existem diferenças estatisticamente significativas nos valores de VO_{2max}, entre as diferentes frequências de amostragem, o que sugere que a escolha por intervalos de recolha dos dados mais curtos, ou mais alargados não irá afectar os valores de VO_{2max} e assim as conclusões do estudo.

5.2. MANIPULAÇÃO DAS FREQUÊNCIAS DE AMOSTRAGEM E INCIDÊNCIA DO *PLATEAU* NO VO₂MAX

Os resultados expressos nos gráficos 8,9,10,11 e 12 pretendem ilustrar a ocorrência do fenómeno de *plateau* em cada um dos patamares do protocolo, nas frequências de amostragem: *breath by breath*; 5 em 5s; 10 em 10s; 15 em 15s; 20 em 20s, utilizando um valor de corte distinto (150ml.min⁻¹/80ml.min⁻¹/60ml.min⁻¹).



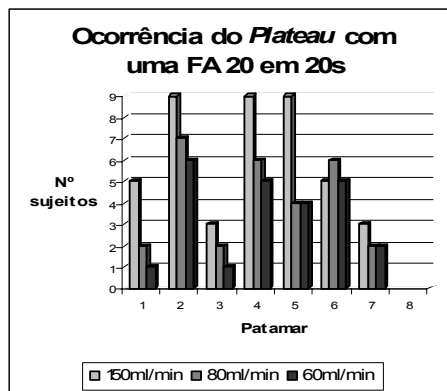


Fig. 8,9,10,11 e 12 - Ocorrência do *plateau*, nas frequências de amostragem *breath by breath*; 5 em 5s; 10 em 10s; 15 em 15s; 20 em 20s, para os valores de corte de 150 ml.min⁻¹;80ml.min⁻¹;60ml.min⁻¹. Legenda: FA – frequência de amostragem; BB – *breath by breath*.

Através da análise dos gráficos podemos verificar que, de uma forma geral, valores de corte mais elevados (150ml.min⁻¹) permitem uma maior ocorrência do fenómeno de *plateau*, em cada um dos patamares, nas diferentes frequências de amostragem. É também possível observar que frequências de amostragem mais alargadas (15 em 15s e 20 em 20s) aumentam a ocorrência do *plateau*.

No quadro 8 apresentamos a incidência do fenómeno de *plateau*, para um valor de corte de 150ml.min⁻¹, nas distintas frequências de amostragem.

Quadro 8 – Incidência do *Plateau* para um valor de corte de 150ml.min⁻¹, nas distintas frequências de amostragem

Valor de Corte – 150ml.min ⁻¹					
	BB	5 em 5s	10 em 10s	15 em 15s	20 em 20s
1	15,4%	15,4%	23,1%	61,5%	<u>38,5%</u>
2	15,4%	30,8%	38,5%	38,5%	69,2%
3	30,8%	<u>15,4%</u>	23,1%	38,5%	<u>23,1%</u>
4	-	-	15,4%	61,5%	69,2%
5	7,7%	7,7%	23,1%	84,7%	<u>69,2%</u>
6	-	7,7%	15,4%	38,5%	38,5%
7	-	15,4%	38,5%	<u>15,4%</u>	23,1%
8	-	-	-	7,7%	-

Legenda: As incidências sublinhadas correspondem a valores menores, comparativamente com aqueles apresentados na frequência de amostragem anterior.

De acordo com o quadro 8, verificamos que a incidência do fenómeno de plateau aumenta, com frequências de amostragem mais alargadas, à excepção de cinco situações: no terceiro patamar, da frequência de amostragem *breath by breath*, para 5 em 5s; no sétimo patamar, da frequência de amostragem de 10 em 10s, para 15 em 15s; no primeiro, terceiro e quinto patamar, da frequência de amostragem de 15 em 15s, para 20 em 20s. Contudo, importa salientar que apesar da incidência diminuir, nestes casos particulares, a incidência revela tendência a aumentar, à medida que as frequências de amostragem são mais alargadas.

O quadro 9 apresenta a incidência do *plateau*, para um valor de corte de 80ml.min⁻¹, nas distintas frequências de amostragem utilizadas neste estudo.

Quadro 9 – Incidência do *Plateau*, para um valor de 80 ml.min⁻¹, nas distintas frequências de amostragem

Valor de Corte – 80 ml.min ⁻¹					
	BB	5 em 5s	10 em 10s	15 em 15s	20 em 20s
1	-	-	23,1%	30,8%	<u>15,4%</u>
2	7,7%	7,7%	15,4%	30,8%	53,8%
3	-	7,7%	23,1%	23,1%	<u>15,4%</u>
4	-	-	7,7%	53,8%	<u>46,1%</u>
5	-	7,7%	15,4%	61,5%	<u>30,8%</u>
6	-	-	-	15,4%	46,1%
7	-	-	15,4%	<u>7,7%</u>	15,4%
8	-	-	-	7,7%	-

Legenda: As incidências sublinhadas correspondem a valores menores, comparativamente com aqueles apresentados na frequência de amostragem anterior.

Tal como na análise do quadro anterior, para um valor de corte mais baixo (80ml.min⁻¹) podemos observar que, de uma forma geral a incidência aumenta, à medida que a frequência de amostragem é mais alargada. No entanto, surgem determinadas situações, particularmente na passagem da frequência de amostragem de 15 em 15s, para 20 em 20s, nos quais existe uma pequena redução da incidência, deste mesmo fenómeno. Contudo, ao observarmos a

evolução da incidência, ao longo de todos os intervalos de recolha de dados, verificamos que esta aumenta.

Os resultados apresentados no quadro 10, ilustram a incidência do *plateau*, para um valor de corte de 60 ml.min⁻¹, para as diferentes frequências de amostragem.

Quadro 10 – Incidência do *Plateau*, para um valor de corte de 60 ml.min⁻¹, nas distintas frequências de amostragem

Valor de Corte – 60 ml.min ⁻¹					
	BB	5 em 5s	10 em 10s	15 em 15s	20 em 20s
1	-	-	23,1%	<u>15,4%</u>	<u>7,7%</u>
2	7,7%	7,7%	15,4%	30,8%	46,1%
3	-	-	15,4%	15,4%	<u>7,7%</u>
4	-	-	15,4%	53,8%	<u>38,5%</u>
5	-	7,7%	15,4%	46,1%	<u>30,8%</u>
6	-	-	-	7,7%	38,5%
7	-	-	15,4%	15,4%	15,4%
8	-	-	-	7,7%	-

Legenda: As incidências sublinhadas correspondem a valores menores, comparativamente com aqueles apresentados na frequência de amostragem anterior.

Através da análise do quadro 10, podemos verificar a mesma tendência, dos quadros anteriores, nos quais a incidência do fenómeno de *plateau* aumenta, à medida que as frequências de amostragem são mais alargadas, acentuando-se as diferenças, na passagem para uma frequência de amostragem de 10 em 10s. Tal como anteriormente, verificamos que existe uma pequena redução da incidência deste fenómeno, em determinados casos, especialmente na passagem de um intervalo de recolha de dados de 15 em 15s, para 20 em 20s.

6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

No âmbito da fisiologia, vários estudos têm vindo a verificar que os factores metodológicos podem alterar a incidência do *plateau* no VO_{2max} , mais concretamente que a sua ocorrência é antes de mais função de uma questão metodológica, assim como a variabilidade nos valores de VO_{2max} (Myers et al., 1990; Astorino 2001, 2005; Dwyer, 2004). Deste modo, a manipulação da frequência de amostragem pode aumentar, ou diminuir a incidência da ocorrência de um *plateau* e a variabilidade nos valores de VO_{2max} . Sendo a ocorrência deste fenómeno um critério objectivo para determinar o VO_{2max} , o seu conceito necessita de ser reavaliado e de ser definido de uma forma mais operacional. Logo, torna-se fundamental analisar estas questões, no caso concreto da NPD, uma vez que existem instrumentos que permitem recolher os dados segundo uma frequência de amostragem *breath by breath*, procurando estabelecer critérios mais uniformes e objectivos para a determinação do VO_{2max} , com o intuito de comparar resultados e fundamentalmente aplicar ao processo de treino, procurando um maior rigor na determinação do VO_{2max} e assim otimizar este processo.

No que concerne aos resultados relativos à variabilidade do VO_{2max} , importa salientar a opção da utilização dos dados brutos, em detrimento dos dados suavizados. Neste sentido, verificamos a inexistência de diferenças estatisticamente significativas entre eles, independentemente da frequência de amostragem utilizada, o que justifica a decisão encetada no decorrer do estudo.

De seguida, analisamos a variabilidade inerente aos valores de VO_{2max} , no caso concreto da NPD, aquando da manipulação da frequência de amostragem, através da qual se verificou não existirem diferenças estatisticamente significativas, sugerindo que a opção por intervalos de recolha de dados mais curtos, ou mais alargados não irá afectar os valores de VO_{2max} significativamente. Os resultados encontrados no decorrer do estudo,

contrariam a tendência verificada na literatura, no âmbito da fisiologia, mais concretamente nos resultados encontrados por Myers et al. (1990), nos quais 20% das diferenças relativas ao VO₂ estão relacionadas com a frequência de amostragem. Também Astorino et al. (2001) se interessaram por esta temática, destacando, que frequências de amostragem mais alargadas subestimam o valor de VO_{2max}.

Relativamente aos resultados encontrados, no que concerne à ocorrência do fenómeno de *plateau*, verificamos que valores de corte mais elevados (150ml.min⁻¹) possibilitam uma maior ocorrência deste fenómeno, comparativamente com valores de corte mais reduzidos (80ml.min⁻¹ e 60 ml.min⁻¹). A tendência encontrada ao longo do estudo mostra uma concordância aproximada com os resultados encontrados por Howley et al. (1995), onde é destacado que valores de corte de 150ml.min⁻¹, possibilitam que a maioria dos sujeitos alcance um *plateau* no VO₂ e valores de corte de 50/60ml.min⁻¹ podem estar para além da nossa capacidade de aferir uma diferença real no VO_{2max}. Astorino (2005), salienta também que o valor de corte tem vindo a sofrer alterações, tendo sido alterado de 150ml.min⁻¹, para 80ml.min⁻¹, pela razão apresentada por Myers (1990), apesar de ter utilizado um valor de corte de 50ml.min⁻¹. Desta forma, e uma vez que a definição operacional de *plateau* se revela como fundamental, para determinar a sua ocorrência, partilhamos a opinião de Astorino (2005), na medida em que a opção por um valor de corte de 80ml.min⁻¹ será a mais indicada, precisamente pelo facto do valor de corte tradicional (150ml.min⁻¹) permitir que a maioria dos sujeitos atinjam um *plateau* e baseando-nos no que Howley et al. (1995), refere o valor de 60ml.min⁻¹ pode não permitir observar diferenças reais no VO_{2max}.

Analisando os resultados obtidos relativos à incidência do VO_{2max}, verificamos que, independentemente do valor de corte utilizado, à medida que a frequência de amostragem é mais alargada a incidência do fenómeno de *plateau* aumenta. Os resultados apresentados, contrariam a tendência observada por autores como Astorino et al. (2001,2005), que traduzem uma maior incidência do

plateau com frequências de amostragem mais curtas. Neste sentido, pensamos que a justificação se encontrará relacionada com o facto dos intervalos de recolha mais alargados a que Astorino (2001,2005) se refere sejam de 60s, que não foram contemplados no estudo em causa, considerando a especificidade da NPD, contrastando com a frequência de amostragem mais alargada do nosso estudo, que foi de 20s, para além da dimensão da nossa amostra, que pode não ser representativa da população.

7. CONCLUSÕES

Em função das análises efectuadas no decorrer do presente estudo, os resultados permitem-nos retirar as conclusões, que de seguida passamos a apresentar:

- 1) Não se verificaram diferenças estatisticamente significativas nos valores de VO_{2max} , entre as diferentes frequências de amostragem (*breath by breath*; 5 em 5s; 10 em 10s; 15 em 15s; 20 em 20s), o que sugere que a escolha por determinados intervalos de recolha de dados, em detrimento de outros não afecta os valores de VO_{2max} .
- 2) A incidência do fenómeno de *plateau* aumenta à medida que as frequências de amostragem são mais alargadas (15 em 15s; 20 em 20s), independentemente do valor de corte utilizado.

8. BIBLIOGRAFIA

Alves, F. (1995). Economia de nado e prestação competitiva: determinantes mecânicas e metodológicas nas técnicas alternadas. Dissertação de Doutoramento. FMH-UTL, Lisboa.

Astorino, A. e Robergs, R. (2001). Influence of time-averaging on the change in VO₂ at VO_{2max}. [abstract] Med. Sci. Sports Exerc. 33:S45.

Astorino, TA.; Willey, J.; Larsson, .; Welsch, H.; Dalleck, L. (2005). Elucidating determinants of the plateau in oxygen consumption at VO_{2max} Brit. J. Sports Med.

Astrand, P. e Saltin, B. (1961). Maximal oxygen uptake and heart rate in various types of muscular activity. J. Appl. Physiol., 16: 977-981.*

Barbosa, T. (2005). Energy cost and intracyclic variation of the velocity of the center of mass in butterfly stroke. Eur. J. Appl. Physiol. 93, 519 – 523.

Basset, D.; Howley, E. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. Med. Sci. Sports Exerc. 32:70-84.

Baumann, W. (1995). Métodos de medição e campos de aplicação da Biomecânica: estado da arte e perspectivas. In: A. David e J. Fonseca (eds), VI Congresso Brasileiro de Biomecânica, Brasília.*

Brown, J.; Mahon, A.; Plank, D. (2002). Attainment of maximal exercise criteria in boys and men. J. Sports M. and Physical Fitness. 42: 135 – 40.

Cardoso, C.; Fernandes, R.; Magalhães, J.; Santos, P.; Colaço, P.; Soares, S.; Carmo, C.; Barbosa, T.; Vilas-Boas, J. P. (2003). Comparison of continuous and intermittent incremental protocols for direct VO_{2max} assessment. In: J. C.

Chatard (ed.), Proceedings of the IXth Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming: 313-318. Saint-Etienne.

Carter, H.; Jones, A.; Barstow, T.; Burnley, M.; Williams, C. e Doust, J. (2000). Oxygen uptake kinetics in treadmill running and cycle ergometry: a comparison. J. Appl. Physiol., 89: 1744-1752.

Costill, D.; Maglischo, E. e Richardson, A. (1992). Handbook of Sports Medicine and Science in Swimming. Blackwell Scientific Publications, Oxford.

Dal Monte, A.; Sardella, F.; Allipi, B.; Faina, M; Manetta, A. (1994). A new respiratory valve system for measuring oxygen uptake during swimming. J. Appl. Physiol. 69: 159-162.

Demarie, S.; Sardella, F.; Billat, V.; Magini, W. e Faina, M. (2001). The VO_2 slow component in swimming. Eur. J. Appl. Physiol., 84: 95-99.

Doherty, M., Nobbs, L. e Noakes, D (2003). Low frequency of the “plateau phenomenon” during maximal exercise in elite British athletes. Eur. J. Appl. Physiol. 89, 619-623.

Duncan, G.; Howley, E.; Johnson, N.(1996). Applicability of VO_{2max} criteria: discontinuous versus continuous protocols. Med. Sci. Sports Exerc. 29 (2), 273 – 278.

Dwyer, D. (2004). A standard method for the determination of maximal aerobic power from breath – by – breath VO_2 data obtained during a continuous ramp test on a bicycle ergometer. J. of Exercise Physiol.(online) vol 7 n°5 outubro.

Fernandes, R.; Silva, J.V.S.; Vilas-Boas, J.P. (1998). A importância da avaliação e controlo de treino em natação. In: G. Valeiro, A. Gayo, M Acero, Alonso (eds), CD de Actas do VI Congreso de Educación Física e Ciências do

Deporte dos Países de Língua Portuguesa – VII Congreso Galego de Educación Física. A Coruna.

Fernandes, R. (1999). Perfil Cineantropométrico, Fisiológico, Técnico e Psicológico do Nadador Pré-júnior. Dissertação apresentada com vista à obtenção do grau de Mestre no âmbito do 3º Mestrado em Ciências do Desporto, área de especialização de Treino de Alto Rendimento da Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física da Universidade do Porto. Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física da Universidade do Porto, Porto.

Fernandes, R. e Vilas-Boas, J. (2002). Factores influenciadores do rendimento em Natação Pura Desportiva – Breve Revisão. Documento de apoio à disciplina Metodologia I – Natação. Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física da Universidade do Porto, Porto.

Fernandes, R.; Cardoso, C.; Barbosa, T.; Soares, S.; Ascensão, A.; Colaço, P.; Demarle, A.; Vilas-Boas, J. P. (2003a). Time Limit at vVO_{2max} and VO_{2max} slow component in swimming. a pilot study of university students. In: J. C. Chatard (ed.), Proceedings of the IXth Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming: 331-336. Saint-Etienne.

Fernandes, R.; Cardoso, C.; Soares, S.; Ascensão, A.; Colaço, P. e Vilas-Boas, J. P. (2003b). Time limit and VO_2 slow component at intensities corresponding to VO_{2max} in swimmers. Int. J. Sports Med., 24: 576-581.

Gaesser, G. e Poole, D. (1996). The slow component of oxygen uptake kinetics in humans. Exerc. Sport Sci. Rev., 24: 35-71.

Holmér, I e Astrand, P. (1972). Swimming training and maximal oxygen uptake. J. Appl. Physiol., 23(4): 510-513.

Hólmer, I. (1974). Physiology of swimming. Acta Physiol Scand Suppl, 407.

Holmér, I. e Haglund, S. (1978). The swimming flume: experiences and applications. In: B. Erikson e B. Furberg (eds.), Swimming Medicine IV: 379-386. University Park Press, Baltimore.

Howley, E.; Bassett, D. e Welch, H. (1995). Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. Med. Sci. Sports Exerc., 27(9): 1292-1201.

Jones, A. e McConnell, A. (1999). Effect of exercise modality on oxygen uptake kinetics during heavy exercise. Eur. J. Appl. Physiol., 80: 213-219.

Jones, A. (2000). Letters to the editor. VO₂ slow component and performance in endurance sports. Brit. J. Sports Med., 34: 473-475.

Keskinen, K.; Rodríguez, F.; Keskinen, O. (2000). Comparative validity of a modified respiratory valve system for breath-by-breath gas analysis during swimming (abstract). In: J. Avela, P. Komi e J. Komulainen (eds.), Proceedings of the 5th Annual Congress of the European College of Sport Science, 392. Jyväskylä: ECSS, University of Jiväskylä.

Keskinen, K.; Rodríguez, F.; Kusch, M. e Hoffmann, U. (2002). Validity of breath-by-breath spirometric measurements with two swimming snorkels assessed by a gas exchange simulation system (abstract). In: *Proceedings of the IX World Symposium Biomechanics and Medicine in swimming*. Saint-Etienne, France (in press).

Keskinen, K. L.; Rodriguez, F. A.; Keskinen, O. P. (2003). Respiratory snorkel and valve system for breath-by-breath gas analysis in swimming. Scand J Med Sci Sports, 13: 322-329.

Klissouras, V. ; Pirnay, F. & Petit, J. (1973). Adaptation to maximal training effort: genetics and age. J Appl Physiol, 35(2): 288-293.*

Klissouras,V. (1978). Prediction of athletic performance: genetic considerations. In: F. Landry, W. A. Orban (eds), Biomechanics of Sport and Kinanthropometry. Symposia Specialists Inc., Miami.*

Klissouras, V. (1986). Factores genéticos y rendimiento deportivo. Stadium, 20 (116). *

Lavoie, J. et Montpetit, R. (1986). Applied Physiology of Swimming. J. Sports Med. 3, 165 – 189

Leger, L.; Seliger, V. e Brassard, L. (1980). Backward extrapolation of VO_{2max} from the O₂ recovery curve. Med. Sci. Sports Exerc., 12: 24-27.*

Machado, L.; Querido, A.; Keskinen, K.; Fernandes, R. e Vilas-Boas, J.P. (2006). Mathematical modelling of the slow component of oxygen uptake kinetics in front crawl swimming. In: J.P. Vilas-Boas, F. Alves e A. Marques (eds.), Book of Abstracts of the Xth International Symposium Biomechanics and Medicine in Swimming. Portuguese Journal of Sports Sciences, S1, 44.

Maglischo, E. (1999). Nadando ainda mais rápido. Manole. São Paulo, Brasil

Myers, J.; Walsh, D.; Sullivan, M.; Froelicher, V. (1990). Effect of sampling on variability and plateau in oxygen uptake. J. of Appl. Physiol. 68(1), 404 – 410.

Olbrecht, J. e Clarys, J. (1983). EMG of specific strength training exercises for the front crawl. In: A. Hollander, P. Huijing e G. de Groot (eds.), Biomechanics and Medicine in Swimming: 136-141. Human Kinetics Publishers.

Powers, S. e Howley, E. (2000). Fisiologia do Exercício: Teoria e Aplicação do Condicionamento ao Desempenho. Manole. Brasil.

Rodríguez, F. A. (1999). Cardiorespiratory and metabolic field testing in swimming and water polo: from physiological concepts to practical methods. In: Keskinan, K.L.; P.V. Komi; A.P. Hollander (eds). Biomechanics and Medicine in Swimming VIII, 219-226. Jyvaskyla, Finland: University of Jyvaskyla, Gummerus Printing.

Rodríguez, F.; Keskinen, K. e Keskinen, O. (2001). Aerobic cost of crawl swimming during an incremental pool test measured by breath-by-breath gas analysis (abstract). In: J. Mester, G. King, H. Strüder, E. Tsolakidis e A. Osterburg (eds), Livro de Resumos do 6th Annual Congresso f the European College of Sport Science and 15th Congress of the German Society of Sport Science: 532. Cologne: ECSS, Sport und Buch Strauss..

Santos, P. (2004). Fisiologia do Exercício – Fisiologia e bioenergética do músculo esquelético Vol I. Manz Produções, Cacém.

Toussaint, H.; Meulemans, A.; de Groot, G.; Hollander, A.; Schreurs, A. e Vervoorn, K. (1987). Respiratory valve for oxygen uptake measurements during swimming. Eur. J. Appl. Physiol., 56: 363-366.

Vilas-Boas, J. P. (1989a). Bases do controlo do treino em natação I. Not. F. P. Natação, 4 (1): 29-35.

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

Vilas-Boas, J. P. (1991a). Utilização da frequência cardíaca na avaliação da intensidade do esforço e no controlo do treino em natação. In: J. Bento & A.

Marques (eds), As Ciências do Desporto e a Prática Desportiva – Actas (Vol. I), Desporto. Saúde. Bem-Estar, pp. 247-274. Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física da Universidade do Porto, Porto.

Vilas-Boas, J. P. (1991b). O desenvolvimento científico e tecnológico e a prática desportiva em natação. In: J. Bento & A. Marques (eds), As Ciências do Desporto e a Prática Desportiva – Actas (Vol. II), Desporto de Rendimento/Desporto de Recreação e Tempos Livres, pp. 301-325. Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física da Universidade do Porto, Porto.

Vilas-Boas, J. P. (1993). Caracterização biofísica de três variantes da técnica de bruços. Tese de Doutoramento. FCDEF-UP, Porto.

Vilas-Boas, J. P. (1997). Estado actual da investigação científica sobre técnica desportiva em natação. 17º Congresso da Association Española de Técnicos de Natación e 4º Congreso Ibérico, Camargo, Cantábria.

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

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

Vilas-Boas, J. P. e Duarte, J. A. (1994). Factores de eficiência no treino de nadadores. Comunicações do XVII Congresso Técnico da Associação Portuguesa de Técnicos de Natação, pp. 1-19.

Whipp, B. (1987). Dynamics of pulmonary gas exchange. Circulation, 76(6 Pt 2): V118-28.*

Whipp, B. e Wasserman, K. (1972). Oxygen uptake kinetics for various intensities of constant-load work. J Appl. Physiol., 33: 351-356.

Whipp, B. e Mahler, M. (1980). Dynamics of pulmonary gas exchange during exercise. In: J. West (ed.), Pulmonary gas exchange, Vol II: 33-96. New York: Academic Press.*

Whipp, B. e Wasserman, K. (1986). Effect of anaerobiosis on the kinetics of O_2 uptake during exercise. Fed. Proc., 45(13): 2942-2947.*

* Referência indirecta.