

Caracterização dos Domínios de Intensidade de Exercício na Natação Pura Desportiva

Mário Cunha Espada^{1,2}, Aldo Matos da Costa^{3,4,5}, Ana Silveira Conceição^{5,6}, Hugo Duarte Louro^{5,6}, Dalton Müller Pessoa Filho⁷, Francisco Bessone Alves^{2,8}

Introdução

A natação pura desportiva (NPD) apresenta um longo historial e é atualmente uma modalidade desportiva olímpica com dezasseis provas competitivas em cada género. Está a receber muita atenção e interesse por parte da comunidade científica na tentativa de estabelecer melhores processos metodológicos para a melhoria do desempenho dos atletas.

Trata-se de uma modalidade desportiva predominantemente composta por provas com grande participação aeróbia, o que conduz à necessidade de grande precisão ao nível da avaliação e controlo do treino. Neste particular, os domínios de intensidade de exercício afirmam-se como fundamentais na articulação com as zonas de intensidade em que se pretende que os atletas treinem diariamente, assim como, na periódica avaliação com vista à adequação do processo de treino à evolução dos nadadores.

Objetivo deste capítulo é efetuar uma revisão da literatura do tipo qualitativa acerca da caracterização dos domínios de intensidade de exercício com aplicação à NPD.

Desenvolvimento

Os domínios de intensidade moderada, pesada e severa são utilizados na avaliação e prescrição do treino na NPD e encontram-se tradicionalmente descritos por vários autores. No domínio da inten-

1 Instituto Politécnico de Setúbal - Escola Superior de Educação, Portugal

2 Centro Interdisciplinar de Estudo da Performance Humana (CIPER), Portugal

3 Universidade da Beira Interior, Departamento de Ciências do Desporto, Covilhã, Portugal

4 Centro de Investigação em Ciências da Saúde (CICS-UBI), Portugal

5 Centro de Investigação em Desporto, Saúde e Desenvolvimento Humano (CIDESD), Portugal

6 Instituto Politécnico de Santarém - Escola Superior de Desporto de Rio Maior, Portugal

7 Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil

8 Universidade de Lisboa - Faculdade de Motricidade Humana, Portugal

sidade moderada não decorre uma significativa acidose metabólica e torna-se possível manter o desempenho por um longo período de tempo sem o alcance de significativa fadiga (Burnley & Jones 2007). Este domínio de intensidade encontra-se normalmente associado a tarefas com objetivos aeróbios e de recuperação, assim como na melhoria/aperfeiçoamento técnico.

Diversos indicadores fisiológicos têm sido utilizados para avaliação e definição das zonas de intensidade, nomeadamente concentrações de lactato no sangue ($[La^-]$), análise de trocas gasosas – por exemplo determinação do consumo de oxigénio ($\dot{V}O_2$) e consumo máximo de oxigénio ($\dot{V}O_{2max}$) – e mais recentemente, cinética do $\dot{V}O_2$. Estes indicadores permitem determinar parâmetros fisiológicos caracterizadores das intensidades de exercício. Paralelamente, de entre as técnicas não invasivas de determinação do limiar anaeróbio, o método da determinação da velocidade crítica (VC) tem merecido grande atenção (Costa, Costa & Marinho, 2015).

Indicadores fisiológicos relacionados com concentração de lactato no sangue

A utilização periódica de mensurações de lactato tem sido utilizada no processo de avaliação e controlo do treino na NPD. Por outras palavras, o perfil da concentração de lactato no sangue ($[La^-]$) obtida através de protocolos de teste standardizados tem sido utilizado por treinadores e atletas como marcador do progresso efetuado ao longo de um ciclo de treino ou como meio de determinar as intensidades do processo de treino (Pyne et al., 2001).

Determinação de curvas de lactato tem sido um procedimento aplicado em testes e no treino de nadadores (Pyne et al., 2001), contudo, os testes realizados diretamente na piscina no âmbito da NPD são manifestamente reduzidos comparativamente a testes desenvolvidos em outros desportos como o ciclismo ou atletismo. Associado a este facto encontram-se naturalmente os constrangimentos de recolha de dados na piscina, meio diferente de um laboratório, duas realidades completamente distintas. Infelizmente, nem todos os nadadores beneficiam da possibilidade de utilização de instrumentos científicos e os testes mais práticos são geralmente aqueles que podem ser facilmente conduzidos no ambiente de treino.

Durante um exercício realizado a uma intensidade moderada e constante, existe um balanço entre a taxa de produção e remoção de lactato no sangue, o limite fisiológico que caracteriza o domi-

nio da intensidade moderada relaciona-se com o limiar láctico (LL) e limiar ventilatório (LV), momentos a partir do qual a fadiga começa a instalar-se no(a) nadador(a) (Whipp, 1994). Por definição, o domínio da intensidade pesada inclui as intensidades de exercício entre o LL e LV e a assíntota da curva potência/duração, a potência crítica (PC).

Foi anteriormente referido que o limite superior deste domínio corresponde ao estado estacionário máximo de lactato (EEML) e geralmente ocorre a $\sim 50\% \Delta$ (Δ corresponde à diferença entre LL ou LV e $\dot{V}O_{2max}$) (Demarie et al., 2001). Após esta “fronteira”, é atingido o domínio da intensidade severa em que decorre um acumular significativo de fadiga que com a duração do exercício conduz ao $\dot{V}O_{2max}$ e exaustão.

O LL é determinado na maioria das vezes através de três métodos, todos eles assumindo a relação entre aumento da intensidade de exercício através de um teste progressivo, no caso da NPD, velocidade de nado, e evolução da $[La^-]$ durante o teste. O método log-log em que a $[La^-]$ é relacionada com a potência ou velocidade (Beaver et al., 1985), o método D-max proposto por Cheng et al. (1992) em que o LL é definido como o ponto relativo à maior distância entre a reta desenhada através do ponto inicial e final da curva de lactato e o método proposto por (Heck et al., 1985), intensidade de exercício associada a uma $[La^-]$ fixa de $4 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ (V_4). Na NPD, quando a velocidade de nado aumenta e o LL é ultrapassado, alterações são evidentes a nível técnico, sugerindo uma fronteira importante entre o domínio moderado e pesado em termos motores e metabólicos (Fernandes et al., 2010).

O EEML está associado à maior intensidade de exercício ou velocidade que pode ser mantida ao longo do tempo, sem uma acumulação contínua de lactato no sangue, é também definido como a maior intensidade constante de exercício que pode ser suportada, mantendo o equilíbrio entre os processos de acumulação e eliminação de lactato sanguíneo. A grande diferença entre este conceito e o LL reside no nível de fadiga induzido pela $[La^-]$ uma vez que o LL está associado ao primeiro aumento significativo acima dos valores basais, e entre esta fase e o EEML decorre uma relevante amplitude de $[La^-]$ em que os nadadores poderão treinar no domínio das intensidades pesadas visando capacitação aeróbia, que por vezes varia entre os 2 e os 4 ou mais $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$, $[La^-]$ tradicionalmente associada ao EEML.

A metodologia associada à determinação do EEML separa este conceito fisiológico da maioria de outros, entre os quais o LL (determinado através de testes progressivos). A principal diferença metodológica é que requer várias repetições de longa duração (30 minutos) que terão de ser realizadas em diferentes intensidades constantes de exercício em dias distintos, preferencialmente consecutivos, procedimento que requer bastante tempo e torna-se exigente para todos os indivíduos envolvidos.

O EEML é assumido como a $[La^-]$ mais elevada nos últimos 10 minutos da repetição de 30 minutos em que não existe um aumento superior a 1 mmol.L^{-1} , a velocidade de nado associada representa a vEEML. Tem sido considerado o melhor indicador de capacidade para exercícios aeróbios e a intensidade de exercício associada ao EEML pode representar o “*gold standard*” para manter e melhorar a capacidade aeróbia e técnica de nado (Baron et al., 2003).

A vEEML não indica uma intensidade de esforço mas sim o ponto acima do qual a intensidade de esforço causa alterações qualitativas no metabolismo. Se por um lado a velocidade de nado associada ao LL está associada a uma fronteira de início de acumulação de fadiga (e transição do domínio das intensidades moderadas para pesadas), após a vEEML o atleta aproxima-se do domínio das intensidades severas, do atingir de $\dot{V}O_{2\text{max}}$ e exaustão. A este respeito o estudo de Fernandes et al. (2010) é elucidativo de diferentes velocidades de nado associadas ao LL (no caso definido como limiar anaeróbio individual, $2.29 \pm 0.59 \text{ mmol.L}^{-1}$) velocidade de nado nos 3.5 e 4 mmol.L^{-1} . A vEEML tem sido associada a uma $[La^-]$ de 4 mmol.L^{-1} , mas vários estudos com nadadores verificaram $[La^-]$ acima deste valor (Espada et al., 2015).

Em exercícios realizados abaixo do EEML, uma homeostasia relativa é mantida e a ressíntese de adenosina trifosfato (ATP) tem lugar quase somente através da via aeróbia, aspeto relevante se considerarmos que o glicogénio disponível pode ser modificado pelo treino e poderá afetar a capacidade aeróbia na vEEML. Em intensidades de exercício que excedem o EEML, a $[La^-]$, ventilação pulmonar (V_E) e o $\dot{V}O_2$ nunca atingem um equilíbrio e continuam a aumentar até o exercício terminar devido a fadiga (Poole et al., 1988).

Velocidade Crítica

Com o objetivo de evitar procedimentos metodológicos prolongados, como no caso do EEML, um método que tem merecido bastante atenção é a VC. Monod & Scherrer (1965) foram os primeiros a obser-

var uma relação hiperbólica entre potência e tempo até à exaustão num grupo muscular. Assumindo na natação velocidade e distância percorrida, a assíntota da relação entre a velocidade hiperbólica e o tempo até exaustão, ou por conversão, o declive da relação linear entre a distância e o tempo até à exaustão é usualmente denominado VC e afirma-se como uma ferramenta útil para avaliar o desempenho em várias formas de locomoção (di Prampero et al., 2008).

Wakayoshi et al. (1992) foram os primeiros a prolongar o conceito de PC para a NPD, determinando nesse caso a VC. No estudo realizado num *swimming flume* (tanque de nado com 6 m de comprimento, 2.5 m de largura e 1.5 m de profundidade) os autores não observaram grandes diferenças entre VC e velocidade nos 4 mmol.L⁻¹ (V_4) (1.16 ± 0.05 vs. 1.16 ± 0.04 m.s⁻¹) num grupo de nadadores universitários treinados (18-20 anos de idade). Trata-se de um método de baixo custo, fácil de aplicar em diferentes populações, apresenta muitas vantagens, tais como a fácil aplicação e análise de um grande número de atletas. Para além disso, recolhas de lactato nem sempre se afirmam como um procedimento prático, especialmente em populações como crianças em que a determinação da VC pode ser mais simples para investigadores e treinadores.

Não requer o uso de equipamento dispendioso ou procedimentos invasivos e pode ser realizado durante sessões de treino ou utilizando a análise de resultados em competição (Costa et al., 2009). Estes autores evidenciaram que a VC determinada na NPD com base em registos cronométricos de 100, 200 e 400 m é semelhante à V_4 . Torna-se, contudo, ter presente que durações do exercício inferiores a 1 minuto falharão, com forte probabilidade, dois critérios: o alcance do $\dot{V}O_{2max}$ e do esgotamento da energia anaeróbica disponível. Assim, distâncias de 50 m não devem ser utilizadas na estimativa da VC, e deve decorrer um cuidado relativamente aos 100 m pelas mesmas razões (Espada & Alves, 2010).

Distâncias competitivas entre os 200 e os 1500 m podem ser utilizadas na NPD (Espada & Alves, 2010). De acordo com estes requisitos, e no desejo de tornar a determinação mais rápida e simples para os treinadores, a sugestão de Dekerle et al. (2002) no sentido de se determinar a VC tendo por base o desempenho na NPD nos 200 e 400 m tem sido bastante utilizada na investigação e por treinadores de natação.

A locomoção na água requer mais energia por unidade de distância do que a locomoção em terra, nesse sentido, o nível da força propulsiva e do arrasto ativo pode interferir no dispêndio energético

e eficiência propulsiva (di Prampero et al., 2008). O modelo de dois parâmetros ($d-t$) pode ser útil numa perspetiva de aplicação prática e providenciaria um meio simples de analisar o perfil de potencial fisiológico de nadadores (di Prampero et al., 2008, Alves et al., 2010).

Alguns autores referiram mesmo que a relação $d-t$ não é estritamente linear (Dekerle et al. 2010) e Capelli et al. (1998) demonstraram inclusivamente que o custo energético na NPD não aumenta exponencialmente e de forma concomitante com o aumento da VN o que leva a uma possível distorção da relação $d-t$. Estes factos são indicadores de necessidade de atenção a cuidado quando se utiliza este indicador na NPD.

VC, sensivelmente 92% da VN média dos 400 m em nadadores treinados segundo Dekerle et al. (2005), pode ser representada pelo declive da reta de regressão linear da relação distância-tempo (D_{d-t}). No estudo de Dekerle et al. (2005), a velocidade aeróbia máxima (VAM) foi determinada como a VN média entre os 50 e os 350 m do desempenho nos 400 m de acordo com Lavoie & Montepetit (1986) e revelou-se correlacionada com a VC. Na investigação de Dekerle et al. (2005), a vEEML ($1.24 \pm 0.10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, $88.4 \pm 2.9\%$ da VAM) foi significativamente inferior à VC ($1.31 \pm 0.15 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, $92.7 \pm 2.6\%$ da VAM) embora ambas as VN se evidenciassem correlacionadas ($r = 0.87$, $SEE = 0.033 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, $p < 0.01$).

Muito recentemente, Zacca et al. (2015) observaram em 10 nadadores jovens (14-16 anos de idade) que um teste máximo de 400 m permite estimar a VC com precisão, sem necessidade de realização de 6 percursos máximos para sua determinação. Anteriormente, no estudo de Dekerle et al. (2002), desenvolvido com 9 nadadores, a VC calculada com base nos 200 e 400 m foi corrigida em 3.2% e correspondeu a 85.5 e 91.1% da velocidade média nos 200 e 400 m, respetivamente. Paralelamente, a velocidade média evidenciada no teste de 30-min ($1.31 \pm 0.06 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) verificou-se ser altamente correlacionada com a VC ($r = 0.94$).

A comparação indireta entre a vEEML e o D_{d-t} promoveu a primeira pista acerca do mecanismo relacionado com o parâmetro fisiológico com o D_{d-t} a proporcionar valores mais elevados que a vEEML (Dekerle et al., 2005). Descobertas posteriores sugeriram que o D_{d-t} não é uma intensidade de exercício que os nadadores consigam suportar por um período prolongado de tempo com uma estabilidade ao nível da $[\text{La}^-]$ (Dekerle et al., 2010). No estudo de Espada & Alves (2010), VC revelou-se significativamente superior à vEEML, embora correlacionadas.

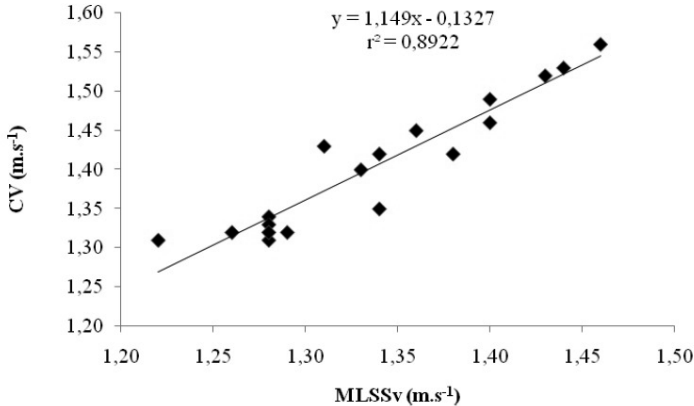


Figura 1. Regressão linear entre velocidade crítica e velocidade no estado estacionário máximo de lactato em 18 nadadores (Espada & Alves, 2010)

Na investigação de Dekerle et al. (2010), a VN correspondente ao D_{d-t} na NPD não foi mantida por um tempo prolongado e afirmou-se como dificilmente tolerável. Os autores transmitiram que nadar à intensidade do D_{d-t} induz um aumento da $[La^-]$ e o alcance do $\dot{V}O_{2max}$. Contudo, no referido estudo, a recuperação passiva entre as 10 repetições de 400 m promoveu a manutenção de um equilíbrio na $[La^-]$.

Análise de trocas gasosas no apoio à caracterização de domínios de intensidade

O $\dot{V}O_2$ tem sido amplamente analisado ao longo dos últimos anos sendo o $\dot{V}O_{2max}$ um parâmetro de avaliação que corresponde à taxa máxima de captação e utilização de O_2 pelo organismo durante um exercício de grande intensidade prolongado no tempo. Este indicador fisiológico está diretamente relacionado com o débito cardíaco, com o conteúdo arterial de O_2 e com a capacidade extrativa de O_2 a nível muscular [diferença artério-venosa em oxigénio - $(a-v)O_2$].

As condições de análise de trocas gasosas em piscina diferem das condições de laboratório e exigem mais dos intervenientes, nomeadamente equipas de investigação. Com o passar dos anos os recursos tecnológicos têm evoluído, contudo torna-se necessário estar atento às vicissitudes na NPD. Por exemplo recentemente, Ribeiro et al. (2015) indicaram que o snorkel AquaTrainer® não conduziu a um aumento no arrasto ativo durante o nado crol realizado numa gran-

de amplitude de velocidades de nado, conseqüentemente, a energia metabólica necessária para “vencer” o arrasto total não será afetada. No entanto, a realização de viragens na piscina com o dispositivo científico relevou-se diferente do nado livre, situação que deve ser considerada em momentos de avaliação.

Gaesser & Poole (1996) definiram o exercício severo como a intensidade de exercício associada ao $\dot{V}O_{2\max}$. Este indicador fisiológico traduz o ponto a partir do qual não ocorre aumento do $\dot{V}O_2$ apesar de aumentar a intensidade do exercício. É considerado um importante indicador cardiorrespiratório, sendo inclusivamente, por muitos, considerado o melhor indicador para avaliar a capacidade aeróbia de diferentes indivíduos.

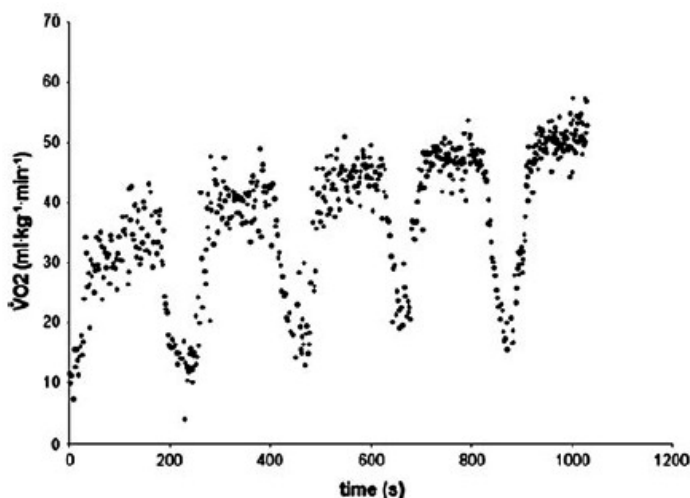


Figura 2. Evolução típica do consumo de oxigênio num teste progressivo com nadadores composto por cinco patamares (Reis et al., 2012b)

Os três domínios de intensidade de exercício atrás referidos apresentam demarcações específicas ao nível do $\dot{V}O_2$ (Jones & Poole, 2005). O domínio da intensidade moderada engloba as intensidades de exercício em que o $\dot{V}O_2$ aumenta até alcançar um equilíbrio dentro de 2-3-min. O domínio da intensidade pesada é definido pela intensidade de exercício que promove um aumento da $[La^-]$ que é estabilizada após os 5-10-min. Poderá igualmente ser necessário 5-15-min para obter uma estabilização no $\dot{V}O_2$ a estas intensidades de exercício como consequência de uma resposta da componente

lenta do $\dot{V}O_2$ ($cl\dot{V}O_2$) emergir após uma fase inicial de transição (Poole et al., 1988), situação que resulta num maior custo de O_2 do que previsível nas intensidades moderadas (Whipp, 1994). Finalmente, no domínio das intensidades severas, ambos $[La^-]$ e $\dot{V}O_2$ aumentam com o tempo até o $\dot{V}O_2$ atingir o seu valor máximo e a fadiga, previsivelmente, instalar-se.

Em muitos eventos desportivos é necessário gerar uma grande quantidade de energia que é alcançada através da utilização do O_2 , o que justifica a sua avaliação. Em eventos com duração entre os 100 e os 120 segundos cerca de 50% da energia deriva do O_2 e em eventos com duração entre 3 e 4-min cerca de 65% da energia provém igualmente do O_2 . Na maioria das pessoas, a relação entre a intensidade do exercício e o $\dot{V}O_2$ é linear. Desta forma, a intensidades de exercício superiores correspondem valores de $\dot{V}O_2$ mais elevados. A capacidade de utilização de O_2 não difere, em repouso, entre sujeitos treinados e sedentários. Contudo, em esforço, o $\dot{V}O_{2max}$ de um indivíduo treinado pode atingir o dobro de um indivíduo sedentário.

Baron et al. (2003) referiram que a maior descoberta do seu estudo (30-min de esforço no cicloergómetro em EEML) foi o facto de o EEML não corresponder a um completo equilíbrio fisiológico. Embora entre outros, a $[La^-]$, $\dot{V}O_2$ e volume de dióxido de carbono expirado (VCO_2) se tenham mantido constantes, a frequência cardíaca (FC) e pH aumentaram entre o minuto 10 e 30 do teste.

Parece existir um ponto de inflexão inicial na V_E quando expressa como uma função do consumo de O_2 (por exemplo no primeiro limiar ventilatório - LV_1). Foi descoberto que este parâmetro delimita o limite superior do exercício moderado (Whipp, 1994). O treino nestas intensidades de exercício não é de forma comum relacionado com um *stress* fisiológico considerável que é responsável pelo aumento do aporte de O_2 aos músculos em atividade. Tem ainda sido demonstrado que as intensidades de exercício abaixo da LV_1 não estão associadas a um aumento sustentável dos níveis de $[La^-]$.

Também importante, um segundo limiar ventilatório (LV_2) foi encontrado na transição de uma intensidade pesada para outra não sustentável situada no domínio da intensidade severa: LV_2 é definido como associado a um ponto de compensação respiratória (PCR) para a acidose metabólica em curso, representa o ponto em que a V_E aumenta desproporcionalmente relativamente às necessidades metabólicas numa tentativa de eliminar o excesso de dióxido de

carbono (CO_2) (Pessoa Filho et al., 2012). O exercício em equilíbrio diminui drasticamente acima do LV_2 , provavelmente devido a uma combinação sistêmica (níveis de lactato, temperatura corporal, sistema cardiovascular) e relacionada com fadiga local muscular e fatores centrais, embora seja atualmente pouco claro que exista uma relação causa-efeito entre $[\text{La}^-]$ e fadiga.

LV_1 ou limiar da adaptação ventilatório à produção de dióxido de carbono, corresponde aos primeiros aumentos não-lineares no VCO_2 e V_E , devido ao efeito tampão do bicarbonato no hidrogênio (H^+) em resposta ao aumento sistemática da $[\text{La}^-]$ acima dos valores de repouso. O LV_2 , também definido como PCR, limiar de compensação respiratória ou limiar de desacoplamento da V_E a partir do VCO_2 , pode ser identificado como o segundo ponto de interrupção na resposta da V_E principalmente explicado por uma acidose (diminuição do pH) uma vez que o bicarbonato é sobrecarregado pela crescente produção de lactato. Portanto, a intensidade entre o LV_1 e LV_2 é propícia a provocar um nível de considerável *stress* cardiovascular e metabólico, suficientemente intenso para estimular a via aeróbia, mas não excessivamente elevada no sentido de encurtar a duração do exercício, o que reduziria o trabalho total realizado numa sessão de treino.

Os dados de Peinado et al. (2006) encontram-se em sintonia com os de outros estudos, embora tenha de ser assumido que estes autores não determinaram o EEML mas o equilíbrio fisiológico entre o LV_1 e o LV_2 o que reduz de forma significativa o número de repetições a serem concretizadas. No estudo de Peinado et al. (2006), a intensidade de exercício foi $82.2 \pm 1.7\%$ do $\dot{\text{V}}\text{O}_{2\text{max}}$, os autores transmitiram que a $[\text{La}^-]$ manteve-se constante ao longo do teste de 30-min acima dos $4 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$, contudo, outros parâmetros fisiológicos evidenciaram alterações. A este respeito, é pertinente referir a importância de uma abordagem individualizada nos momentos de avaliação.

Peinado et al. (2006) na conclusão do seu estudo, referiram que o LV como aproximação do EEML poderá ser útil na redução do número de testes necessários à sua determinação. Mais recentemente, Pessoa Filho et al. (2012) descobriram que o LV_2 representado sob forma de % da $\dot{\text{V}}\text{O}_{2\text{max}}$ (94%) era similar à VC reportada por Demarie et al. (2001) (91.4% da $\dot{\text{V}}\text{O}_{2\text{max}}$) e Espada et al. (2015) não verificaram diferenças significativas entre vEEML e LV_2 .

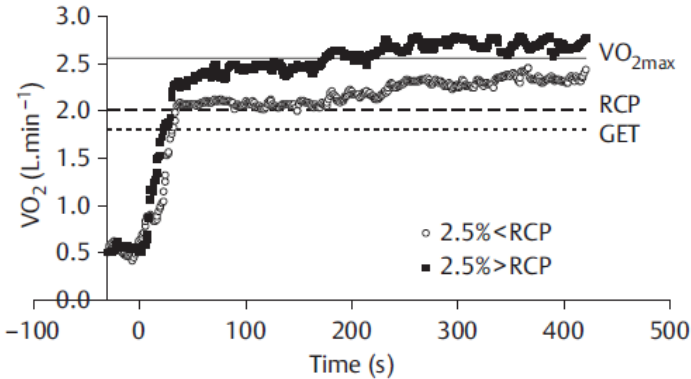


Figura 3. Análise de trocas gasosas em redor do ponto de compensação respiratório (RCP – *respiratory compensation point*) (Pessoa Filho et al., 2012)

A cinética do consumo de oxigênio

Uma vez que a ressíntese aeróbia de ATP é a principal fonte de energia para o corpo humano, o estudo da cinética do $\dot{V}O_2$ pode fornecer uma visão esclarecedora do metabolismo muscular e dos mecanismos fisiológicos envolvidos na transição entre o repouso e o exercício. Além disso, a resposta do $\dot{V}O_2$ no momento supra referido determina a contribuição relativa do metabolismo oxidativo e não oxidativo relativamente às necessidades energéticas do exercício (Jones & Burnley, 2009).

Em resumo, o estudo da cinética do $\dot{V}O_2$ proporciona uma janela única na compreensão do controlo metabólico. Uma única repetição de 500 m a uma velocidade de nado constante parece ser suficiente para alcançar o $\dot{V}O_{2max}$ e duas transições de exercício separados por 1h de descanso são apropriados para a determinação da cinética $\dot{V}O_2$, posteriormente, como é natural, a um teste progressivo para determinação do $\dot{V}O_{2max}$ e intensidades de exercício. A cinética do $\dot{V}O_2$ e seus valores máximos são fundamentais para a compreensão do comportamento dos nadadores em competição e desenvolvimento de programas de treino eficientes (Sousa et al., 2014).

No domínio das intensidades moderadas podem ser identificadas 3 fases da cinética do $\dot{V}O_2$ (Gaesser & Poole, 1996), uma primeira fase, imediatamente após o aumento da intensidade de exercício, com uma duração de 15 a 25-s, em que o $\dot{V}O_2$ aumenta rapidamente. Nesta fase, uma vez que ainda não decorreu tempo suficiente para que o sangue venoso proveniente dos músculos ativos tenha chegado aos pulmões, o aumento do $\dot{V}O_2$ deve-se principalmente ao aumento do débito sanguíneo pulmonar.

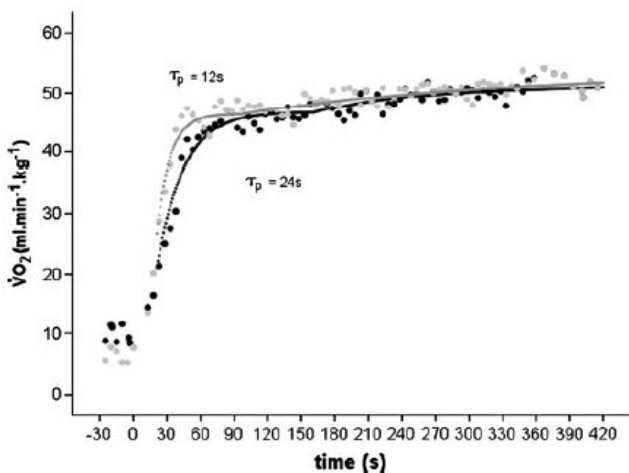


Figura 4. Perfil de resposta do consumo de oxigênio em dois nadadores com consumo máximo de oxigênio semelhante mas constantes temporais primárias distintas (Reis et al., 2012b)

A fase 2 reflete já a chegada aos pulmões de sangue proveniente dos músculos ativos e, portanto, com menor conteúdo em O_2 . O $\dot{V}O_2$ começa a refletir, também, o O_2 do metabolismo muscular, pelo que o seu aumento resulta do produto de um maior débito sanguíneo pulmonar por um aumento progressivo da $(a-v)O_2$. Nesta fase, o aumento do $\dot{V}O_2$ é progressivamente mais lento e a cinética assume um comportamento aproximadamente monoexponencial, tendendo assintoticamente para um valor de estabilidade.

A fase 3 corresponde à fase de equilíbrio em que o $\dot{V}O_2$ se mantém aproximadamente constante ao longo do tempo. O equilíbrio é atingido após cerca 3-min (Gaesser & Poole, 1996) e as reservas locais de O_2 encontram-se estáveis, embora reduzidas em relação aos valores de repouso.

No domínio das intensidades pesadas o aumento é também exponencial mas a fase de estabilização não é atingida até aos 3-min. Após a fase 2 verifica-se o aparecimento de um aumento muito paulatino do $\dot{V}O_2$ que se vai desenvolvendo ao longo do tempo ($a\ c\dot{V}O_2$) e atrasa o atingir do equilíbrio.

Durante um exercício a intensidade constante acima do LL ou LV a resposta fisiológica ao exercício torna-se mais complexa a nível de $[La^-]$ e $\dot{V}O_2$. O aumento exponencial na fase primária não é suficiente para atingir um estado estacionário e o $\dot{V}O_2$ tende a ser maior do

que seria previsível com base na relação submáxima entre o $\dot{V}O_2$ e a intensidade do exercício (Whipp & Wasserman, 1972).

Após 90 a 150-s de exercício tem origem o aumento mais pronunciado do $\dot{V}O_2$ mas a uma velocidade mais lenta (Barstow & Molé, 1991). Nesta intensidade de exercício a resposta no $\dot{V}O_2$ pode ser caracterizada através da seguinte equação biexponencial:

$$\dot{V}O_2(t) = \begin{cases} \dot{V}O_{2\text{base}} & \text{for } t < t_{d_p} \\ \dot{V}O_{2\text{base}} + A_p \left(1 - e^{-(t-t_{d_p})/\tau_p}\right) & \text{for } t_{d_p} \leq t < t_{d_{sc}} \quad (\text{primary component}) \\ \dot{V}O_{2\text{base}} + A_p \left(1 - e^{-(t_{d_{sc}}-t_{d_p})/\tau_p}\right) + A_{sc} \left(1 - e^{-(t-t_{d_{sc}})/\tau_{sc}}\right) & \text{for } t \geq t_{d_{sc}} \quad (\text{slow component}) \end{cases}$$

O limite superior para o exercício na intensidade pesada corresponde ao EEML e geralmente ocorre a $\sim 50\% \Delta$ [Δ correspondente à diferença entre a vLL ou velocidade no limiar ventilatório (vLV) e $v\dot{V}O_{2\text{max}}$] (Poole et al., 1988).

A maior descoberta no estudo de Pessôa Filho et al. (2010) foi que a cinética do $\dot{V}O_2$ na NPD em redor do LV_2 promove respostas ao nível do $\dot{V}O_2$ que refletem o domínio das intensidades pesadas e severas. Nesse sentido, os autores sugeriram a aplicação da cinética do $\dot{V}O_2$ em detrimento da PC com o objetivo de diminuir o número de testes para acesso ao limite do domínio de intensidades.

Em intensidades de exercício elevadas a velocidade de produção de lactato excede a de remoção, logo, a $[La^-]$ aumenta. Após um primeiro aumento monoexponencial do $\dot{V}O_2$, decorre um segundo aumento após sensivelmente 3-min que é definido como $cl\dot{V}O_2$. Os autores acrescentaram que a $cl\dot{V}O_2$ pode chegar aos 500 ml.min⁻¹ e é geralmente considerada significativa quando os valores atingem patamares acima dos 200 ml.min⁻¹.

A existência da $cl\dot{V}O_2$ tem sido associada à elevação da $[La^-]$ em relação aos valores de repouso (Whipp & Wasserman, 1972; Poole et al., 1988). A amplitude significativa da $cl\dot{V}O_2$ reflete uma ineficiência crescente, que é confirmada pelos valores atingidos nas intensidades de exercício onde esta fase decorre (Whipp et al., 2002).

A $cl\dot{V}O_2$ é considerada um custo adicional de O_2 que reduz a energia disponível do corpo, estando associada a uma diminuição na eficiência mecânica (Gaesser & Poole, 1996), em teoria, deve ser considerada como um fator determinante do desempenho, especialmente durante eventos de longa duração (Jones & Burnley, 2009).

Como a $\dot{V}O_2$ é evidente apenas em intensidades de exercício que promovem uma acidose significativa (Whipp et al., 2002), a $[La^-]$ induzida pelo exercício é geralmente considerada como estando intimamente ligada com a $\dot{V}O_2$, além disso, verificou-se ser correlacionada com o tempo e magnitude da $\dot{V}O_2$ (Poole et al., 1988). Outro fator que tem sido relacionado com a $\dot{V}O_2$ é o recrutamento progressivo de fibras musculares do tipo II.

O aspeto distintivo do domínio de intensidades severas é a impossibilidade de alcançar o equilíbrio no $\dot{V}O_2$. Este nunca estabiliza, pelo que a $\dot{V}O_2$ mantém-se crescente até que, caso o aumento da acidez não provoque fadiga lática precoce, seja atingido o $\dot{V}O_{2max}$ (Poole et al., 1988; Gaesser & Poole, 1996). Anteriormente, Fernandes et al. (2003) analisaram transições na $\dot{V}O_{2max}$ na NPD confirmando os resultados de Demarie et al. (2001), o desenvolvimento de uma $\dot{V}O_2$.

Os resultados parecem indicar que o desempenho em provas de NPD de meio fundo é influenciado pelo $\dot{V}O_{2max}$ dos nadadores, em linha com o que foi previamente reportado (Alves et al., 1996, Reis et al., 2012a). A $\dot{V}O_2$ não parece estar relacionada com o tempo limite em exercício (T_{lim}), uma vez que vários estudos não encontraram correlações significativas entre o aumento do tempo até à exaustão e a diminuição da $\dot{V}O_2$ (Bailey et al., 2009). No entanto estes autores verificaram que em indivíduos não treinados, a magnitude da $\dot{V}O_2$ estava inversamente correlacionada com o T_{lim} num exercício em intensidade severa realizado no ciclismo.

Um estudo recente apresenta valores significativos em todos os nadadores de $\dot{V}O_2$ nos domínios de intensidade pesado e severo ($>255 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$), tendo os autores concluído que a cinética do $\dot{V}O_2$ diferentes intensidades de exercício na NPD, proporciona informações relevantes sobre stress cardiorrespiratório e metabólico que pode ser útil para o apropriado diagnóstico de desempenho e prescrição de treino (de Jesus et al., 2015).

A capacidade de desenvolver rapidamente níveis elevados de energia através do metabolismo aeróbio tem sido associada ao sucesso na maioria das atividades desportivas. Durante a transição para o exercício, o consumo de O_2 por parte dos músculos é elevado e até que um novo estado de equilíbrio seja atingido, os músculos dependem das fontes anaeróbias disponíveis (Jones & Burnley, 2009). Este défice é chamado défice de O_2 e até que o estado de equilíbrio seja alcançado, os requisitos energéticos são obtidos através das reservas de O_2 do sangue venoso, dos músculos e da rea-

ção acelerada da creatina quinase (CK) e taxa glicolítica que resulta, respetivamente, na diminuição da fosfocreatina, aumento de hidrogénio (H^+) e produção de lactato.

No exercício realizado a intensidade moderada, a magnitude do défice de O_2 é uma função da amplitude da resposta e da constante temporal (Whipp et al., 2002; Jones & Burnley, 2009). Parece lógico que uma rápida adaptação a um aumento da necessidade metabólica minimiza o défice de O_2 e, conseqüentemente, a contribuição do sistema anaeróbio, que é um dos principais contribuintes para o processo de fadiga. Assim, uma menor constante temporal primária (τ_p) e, conseqüentemente, mais rápida cinética do $\dot{V}O_2$ permite uma maior preservação temporal da homeostasia e, conseqüentemente, a capacidade de manter um exercício no domínio da intensidade pesada.

Portanto, para o mesmo aumento na intensidade de exercício (e, conseqüentemente, para uma taxa metabólica similar), os indivíduos com uma cinética lenta vão depender numa maior medida das vias metabólicas não-oxidativas para alcançar as necessidades energéticas associadas à intensidade do exercício, atingindo a fadiga precoce, como demonstrado em estudos anteriores (Bailey et al., 2009). Estes autores demonstraram que uma menor τ_p está associada a maiores valores de $\dot{V}O_{2max}$ e indicaram que a cinética do $\dot{V}O_2$ parece ser mais sensível, e refletir de forma mais adequada, a adaptação ao treino aeróbio do que o $\dot{V}O_{2max}$.

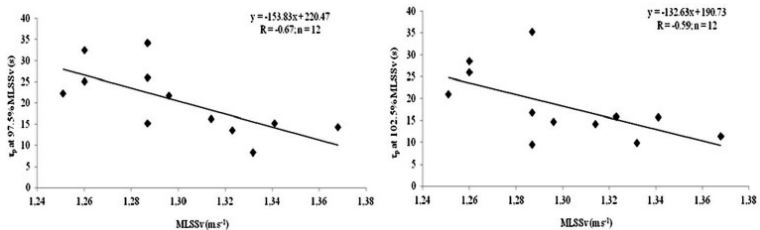


Figura 5. Relação entre valor da constante temporal primária a 97.5% e 102.5% da velocidade no estado estacionário máximo de lactato e esta intensidade de exercício na natação (Espada et al., 2015)

Sousa et al. (2011) encontraram no seu estudo uma relação direta entre a τ_p do período de cinética final (*off-transient*) e a velocidade média nos 200 m crol ($r = 0.77, p < 0.02$), τ_p do período de cinética final e $\dot{V}O_2$ ($r = 0.76, p < 0.03$) e τ_p do período de cinética final e am-

plitude da primeira fase da cinética do consumo de oxigénio (A_p) ($r = 0.72$, $p < 0.04$). Espada et al. (2015) observaram que a τ_p a 102.5% da $v\dot{V}O_{2max}$ se revelou significativamente correlacionada com a $v\dot{V}O_{2max}$ em sintonia com os resultados de Reis et al. (2012b).

O impacto potencial no desempenho da cinética do $\dot{V}O_2$ é de particular importância em eventos com duração entre 1 e 15 (a maioria na NPD) uma vez que solicitam significativamente tanto a via anaeróbia como a aeróbia, como se sabe, a grande maioria dos eventos competitivos na NPD situa-se neste balizamento temporal.

Alves et al. (2009) determinaram a relação entre os parâmetros da cinética do $\dot{V}O_2$ na NPD no domínio da intensidade pesada e o desempenho nos 400 m. Apenas a componente rápida mostrou-se correlacionada com o desempenho nos 400 m. Reis et al. (2009) estudaram a relação entre os parâmetros da cinética do $\dot{V}O_2$ numa intensidade constante no domínio da intensidade severa e o desempenho nos 400 m. A componente rápida da resposta do $\dot{V}O_2$ mostrou-se significativamente correlacionada com o desempenho, com o $\dot{V}O_{2max}$ absoluto e com a $v\dot{V}O_{2max}$. Estes estudos evidenciaram que a resposta da τ_p na NPD está associada a uma maior capacidade e desempenho aeróbio.

Conclusões

A avaliação e controlo do treino na NPD tem melhorado significativamente nos últimos anos, sendo um dos fatores que contribui para o evoluir da modalidade desportiva e constante melhoria de desempenhos competitivos. Torna-se fundamental compreender e aprofundar o conhecimento acerca de indicadores e parâmetros fisiológicos, assim como metodologias e procedimentos associados à recolha de dados, no sentido da melhoria da planificação, avaliação e controlo do treino na NPD, onde se inclui a caracterização dos domínios de intensidade de exercício.

Referências

- Alves, F., Gomes-Pereira, J., Pereira, F. (1996). Determinants of energetic cost of front crawl and backstroke swimming and competitive performance. In: Troup, J.P., Hollander, A.P., Strasse, D., Trappe, S.W. Cappaert, J.M., Trappe, T.A. (eds.). *Biomechanics and Medicine in Swimming VII* (pp. 127-134). London: E & F. N. Spon.
- Alves, F., Reis, J., Vleck, V., Bruno, P., Millet, G. (2009). Oxygen uptake kinetics in heavy intensity exercise and endurance performance in swimmers. ACSM 56th Annual Meeting, Seattle, Washington. Presentation Number 978.

- Alves, F., Reis, J., Vleck, V., Bruno P., Millet, G.P. (2010). Distance-time modeling and oxygen uptake kinetics in swimming. *Medicine and Science in Sports and Exercise*; 42(5 Suppl): S5431.
- Bailey, S.J., Wilkerson, D.P., DiMenna, F.J., Jones, A.M. (2009). Influence of repeated sprint training on pulmonary O₂ uptake and muscle deoxygenation kinetics in humans. *Journal of Applied Physiology*; 106: 1875-1887.
- Baron, B., Dekerle, J., Robin, S., Neviere, R., Dupont, L., Matran R., Vanvelcena-her, J., Robin, H., Pelayo, P. (2003). Maximal lactate steady state does not correspond to a complete physiological steady state. *International Journal of Sports Medicine*; 24: 582-587.
- Barstow, T.J. & Molé, P.A. (1991). Linear and nonlinear characteristics of oxygen uptake kinetics during heavy exercise. *Journal of Applied Physiology*; 71(6): 2099-2106.
- Beaver, W.L., Wasserman, K., Whipp, B.J. (1985). Improved detection of lactate threshold during exercise using a log-log transformation. *Journal of Applied Physiology*; 59: 1936-1940.
- 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.
- Cheng, B., Kuipers, H., Snyder, A.C., Keizer, H.A., Jeukendrup, A., Hesselink, M. (1992). A new approach for the determination of ventilatory and lactate thresholds. *International Journal of Sports Medicine*; 13(7): 518-522.
- Costa, A.M., Silva A, Louro, H., Reis, V., Garrido, N., Marques, M., Marinho D. (2009). Can the curriculum be used to estimate critical velocity in young competitive swimmers? *Journal of Sports Science and Medicine*; 8: 17-23.
- Costa, A.M., Costa, M.J, Marinho, D.A. (2015). Velocidade crítica em natação: uma revisão da literatura. *Motricidade*; 11(3): 158-170.
- De Jesus, K., Sousa, A., de Jesus, K., Ribeiro, J., Machado, L., Rodríguez, F., Keskinen, K., Vilas-Boas, J.P., Fernandes, R.J. (2015). The effects of intensity on $\dot{V}O_2$ kinetics during incremental free swimming. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*; 40(9): 918-23. doi: 10.1139/apnm-2015-0029.
- Dekerle, J., Sidney, M., Hespel, M.J., Pelayo, P. (2002). Validity and reliability of critical speed, critical stroke rate and anaerobic capacity in relation to front crawl Swimming Performance. *International Journal of Sports Medicine*; 23: 93-98.
- Dekerle, J., Pelayo, P., Clipet, B., Depretz, S., Lefevre, T., Sidney, M. (2005). Critical swimming speed does not represent the speed at maximal lactate steady state. *International Journal of Sports Medicine*; 26(7): 524-530.
- Dekerle, J., Brickley, G., Alberty, M., Pelayo, P. (2010). Characterizing the slope of the distance-time relationship in swimming. *Journal of Science and Medicine in Sport*; 13(3): 365-370.
- Demarie, S., Sardella, F., Billat, V., Magini, W., Faina, M. (2001). The $\dot{V}O_2$ slow component in swimming. *European Journal of Applied Physiology*; 84: 95-99.
- di Prampero, P.E., Dekerle, J., Capelli, C., Zamparo, P. (2008). The critical velocity in swimming. *European Journal of Applied Physiology*; 102(2): 165-171.
- Espada, M.A. & Alves, F.B. (2010). Critical velocity and the velocity at maximal lactate steady state in swimming. In: Per-Ludvik Kjendlie, Robert Keig

- Stallman and Jan Cabri (Eds.). *Biomechanics and Medicine in Swimming XI* (pp. 194-196). Oslo: Norwegian School of Sport Science.
- Espada, M.C., Reis, J.F., Almeida, T.F., Bruno, P.M., Vleck, V.E., Alves, F.B. (2015b). Ventilatory and Physiological Responses in Swimmers Below and Above Their Maximal Lactate Steady State. *Journal of Strength and Conditioning Research*; 29(10): 2836-43.
- Fernandes, R.J., Cardoso, C.S., Soares, S.M., Ascensão, A., Colaço, P.J., Vilas-Boas, J.P. (2003). Time limit and $\dot{V}O_2$ slow component at intensities corresponding to $\dot{V}O_{2max}$ in swimmers. *International Journal of Sports Medicine*; 24(8): 576-581.
- Fernandes, R.J., Sousa, M., Pinheiro, A., Vilar, S., Colaço, P., Vilas-Boas, J.P. (2010). Assessment of individual anaerobic threshold and stroking parameters in swimmers aged 10-11 years. *European Journal of Sport Science*; 10(5): 311-317.
- Gaesser, G.A. & Poole, D.C. (1996). The slow component of oxygen uptake kinetics on human. *Exercise Sport Science Review*; 24: 35-71.
- Heck, H., Mader, A., Hess, G., Mucke, S., Muller, R., Hollmann, W. (1985). Justification of the 4mmol/l lactate threshold. *International Journal of Sports Medicine*; 6: 117-130.
- Jones, A.M. & Poole, D.C. (2005). Introduction to oxygen uptake kinetics and historical development of the discipline. In: *Oxygen Uptake Kinetics in Sport, Exercise and Medicine* (eds.) Jones, A.M. & Poole, D.C. (pp. 3-35). Routledge, London.
- Jones, A.M. & Burnley, M. (2009). Oxygen uptake kinetics: an underappreciated determinant of exercise performance. *International Journal of Sports and Physiology Performance*; 4(4): 524-532.
- Lavoie, J.M. & Montpetit, R.R. (1986). Applied physiology of swimming. *Sports Medicine*; 3: 165-189.
- Monod, H. & Scherrer, J. (1965). The work capacity of synergic muscle group, *Ergonomics*; 9: 329-338.
- Peinado, P.J., Di Salvo, V., Pigozzi, F., Bermúdez, A.I., Peinado Lozano, A.B., Calderón Montero, F.J., Maffulli, N. (2006). Steady-state acid-base response at exercise levels close to maximum lactate steady state. *Clinical Journal of Sport Medicine*; 16(3): 244-246.
- Pêsoa Filho, D.M., Reis, J.F., Albes, F.B., Denadai, B.S. (2010). Oxygen uptake kinetics around the respiratory compensation point. In: Kjendlie, P.L., Stallman, R.K., Cabri, J. (eds.). *Biomechanics and Medicine in Swimming XI* (pp. 215-217), Oslo: Norwegian Scholl of Sport Science.
- Pessôa Filho, D.M., Alves, F.B., Reis, J.F., Greco, C.C., Denadai, B.S. (2012). VO_2 Kinetics During Heavy and Severe Exercise in Swimming. *International Journal of Sports Medicine*; 33(9): 744-8.
- Poole, D.C., Ward, S.A., Gardner, G.W., Whipp, B.J. (1988). A metabolic and respiratory profile of the upper limit to prolonged exercise in man. *Ergonomics*; 31: 1265-1279.
- Poole, D.C., Kindig, C.A., Behnke, B.J., Jones, A.M. (2005). Oxygen uptake (VO_2) kinetics in different species: a brief review. *Equine and Comparative Exercise Physiology*; 2(1): 1-15.

- Pyne, B.D., Lee, H.E., Swanwick, K.M. (2001). Monitoring the lactate threshold in world ranked swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*; 33: 291-297.
- Reis, J., Alves, F., Vleck, V., Bruno, P., Millet, G. P. (2009). Correlation between oxygen uptake kinetics in severe intensity swimming and endurance performance. A paper presented at the 14th Annual Congress of the European College of Sport Science, Oslo, Norway, June 24-27.
- Reis, J.F., Alves, F.B., Bruno, P.M., Vleck, V., Millet, G.P. (2012a). Oxygen uptake kinetics and middle distance swimming performance. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 15(1): 58-63.
- Reis, J.F., Alves, F.B., Bruno, P.M., Vleck, V., Millet, G.P. (2012b). Effects of aerobic fitness on oxygen uptake kinetics in heavy intensity swimming. *European Journal of Applied Physiology*; 112(5): 1689-97.
- Ribeiro, J., Figueiredo, P., Guidetti, L., Alves, F., Toussaint, H., Vilas-Boas, J.P., Baldari, C., Fernandes, R.J. (2015). AquaTrainer® Snorkel does not Increase Hydrodynamic Drag but Influences Turning Time. *International Journal of Sports Medicine*. Dec 14. [Epub ahead of print].
- Sousa, A., Figueiredo, P., Keskinen, K.L., Rodriguez, F.A., Machado, L., Vilas-Boas, J.P., Fernandes, R.J. (2011). VO_2 off transient kinetics in extreme intensity swimming. *Journal of Sports Science and Medicine*; 10: 546-552.
- Sousa, A., Figueiredo, P., Pendergast, D., Kjendlie, P-L., Vilas-Boas, J.P., Fernandes, R.J. (2014). Critical evaluation of oxygen-uptake assessment in swimming. *International Journal of Sports Physiology and Performance*; 9(2): 190-202.
- Wakayoshi, K., Ikuta, K., Yoshiba, T., Udo, M., Moritani, T., Mutoh, Y., Miyashita, M. (1992a). Determination and validity of critical velocity as an index of swimming performance in the competitive swimmer. *European Journal of Applied Physiology*; 64: 153-157.
- Whipp, B.J. & Wasserman, K. (1972). Oxygen uptake kinetics for various intensities of constant load work. *Journal of Applied Physiology*; 33: 351-356.
- Whipp, B.J. (1994). The slow component of O_2 uptake kinetics during heavy exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*; 25: 1319-1326.
- Whipp, B.J., Rossiter, H.B., Ward, S.A. (2002). Exertional oxygen uptake kinetics: a stamen of stamina? *Biochemical Society Transactions*; 30(2): 237-247.
- Zacca, R., Fernandes, R.J., Pyne, D.B., de S Castro, F.A. (2015). Swimming training assessment: the critical velocity and the 400 m test for age-group swimmers. *Journal of Strength and Conditioning Research*. Oct 13. [Epub ahead of print].

Conceptualização e operacionalização do treino de nadadores juvenis no Clube Desportivo de Estarreja

Vitor Mano^{1,2}, Ana Mano¹, Jorge Crespo³, Ricardo J. Fernandes²

Introdução

O treino desportivo procura melhorar o rendimento dos praticantes, implicando uma preparação sistemática e organizada, constituindo um processo pedagogicamente estruturado. A planificação e periodização são recentes na história da metodologia do treino desportivo, embora se saiba que na Grécia Antiga já existia preocupação com a organização anual do treino. Programar o treino implica ordenar os seus conteúdos, dispondo racionalmente as cargas, num determinado período de tempo bem definido (Verkhoshanski, 1985). Entretanto, este conceito foi expandido, sendo hoje em dia praticamente transversal a todos os utilizadores, apresentando um aumentado grau de complexidade devido à sua relação estreita com as novas tecnologias.

A Natação Pura Desportiva (NPD) caracteriza-se por ser uma modalidade individual, cíclica e fechada, na qual as ações sequenciadas dos membros superiores (MS) e inferiores (MI) tendem a assegurar uma propulsão contínua (Fernandes e Vilas-Boas, 2006). A velocidade de nado é determinada pela relação entre as forças que atuam sobre o nadador, nomeadamente a propulsiva (originada pelas ações dos MS, MI e do tronco) e a de arrasto hidrodinâmico (com a mesma direção mas sentido oposto ao deslocamento do nadador). Sendo este desporto um dos mais antigos dos jogos olímpicos, possui um número significativo de estudos que o suporta. Todavia, num passado relativamente recente, a planificação do treino baseava-se sobretudo na experiência do treinador, o qual, por tentativa e erro, preparava os seus nadadores baseado no treino que tinha efetuado

1 Clube Desportivo de Estarreja

2 Centro de Investigação, Formação, Inovação e Intervenção em Desporto da Faculdade de Desporto e Laboratório de Biomecânica do Porto, Universidade do Porto

3 Associação de Natação Centro Norte de Portugal