

Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física

PRESCRIÇÃO E CONTROLO DE TREINO DE NATAÇÃO PURA DESPORTIVA NA ZONA DE INTENSIDADE DO LIMIAR ANAERÓBIO

Rita Joana Batista Varandas

Tese no âmbito do Mestrado Treino Desportivo para Crianças e Jovens orientada por Professor Doutor Luís Manuel Pinto Lopes Rama e Professor Doutor Hugo Miguel Borges Sarmento e apresentada à Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra.

Março de 2019



UNIVERSIDADE D
COIMBRA



Varandas, R. (2019). *Prescrição e controlo de treino de natação pura desportiva na zona de intensidade do limiar anaeróbio*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal.

Dedicatória

Ao meu avô Víctor que sempre me incentivou a sonhar e a ser melhor.

Agradecimentos

Ao terminar esta etapa não posso deixar de agradecer a todas as pessoas que me apoiaram e contribuíram direta e indiretamente.

Aos orientadores desta dissertação, Prof. Doutor Luís Rama e Prof. Doutor Hugo Sarmento, cujo conhecimento transmitido foi determinante. O meu profundo obrigado pela disponibilidade, paciência, incentivo e desafios lançados que permitiram crescimento pessoal e profissional.

À minha família, especialmente à minha mãe, por todo o apoio e paciência demonstrado durante todo este percurso.

Aos colegas Monica Rezende, João Viola e Illya Yelistraktin que integraram a equipa de investigação, colaborando no processo de recolha de dados. Um obrigado especial à Monica por todos os conselhos e esclarecimento de dúvidas.

À Doutora Fátima Rosado pela disponibilidade e preciosa ajuda na recolha de dados.

Aos treinadores e atletas envolvidos sem os quais este trabalho não seria possível.

Aos colegas de mestrado que partilharam esta experiência, as angústias, as dúvidas, a evolução, o cansaço e o sentimento de realização pessoal.

Por fim, não posso deixar de agradecer aos meus amigos pelo apoio incondicional.

Resumo

A natação pura desportiva, em termos bioenergéticos, deve ser considerada uma modalidade de resistência e, como tal, o desenvolvimento desta capacidade assume elevada importância. Para correta prescrição é necessário avaliação e controlo de treino. Estes processos têm vindo a sofrer constantes evoluções face ao avanço tecnológico e exigências de rendimento desportivo. Neste âmbito e com o objetivo de identificar e sintetizar artigos recentes, surge o estudo I, uma revisão sistemática com base nas linhas orientadoras PRISMA. Para identificação dos artigos recorreu-se às bases de dados *Web of Science™*, *SportDiscus* e *PubMed*. Após aferição tendo por base os critérios de inclusão e exclusão previamente definidos, procedeu-se à análise integral de 36 artigos. As principais conclusões foram: (1) a prescrição de cargas de treino ótimas é uma preocupação dos treinadores e os protocolos de monitorização das adaptações do atleta ao treino são de extrema importância; (2) o desempenho é afeto a vários parâmetros pelo que a avaliação e controlo de treino deve ser multidimensional, englobando análise de indicadores fisiológicos, psicológicos, biomecânicos e energéticos. Com vista a aplicação direta na prescrição do treino, surge o estudo II, de natureza experimental, avaliando a nível multidimensional o rigor de uma tarefa prescrita na zona de intensidade limiar anaeróbio. A amostra do estudo foi constituída por 8 atletas ($16,5 \pm 1,25$ anos) com valia técnica que lhes permite competir a nível nacional. Realizou-se um protocolo incremental de 5x300m crol para determinação e caracterização dos limiares metabólicos e valores máximos, tendo em conta variáveis fisiológicas, RPE, cinemáticas e bioenergéticas. Os valores estimados foram comparados com os obtidos na tarefa de 20x100m crol (intervalo 15'') prescrita pelo treinador. Foram encontradas diferenças significativas entre a velocidade adotada na tarefa e as velocidades prescrita e prevista em situação protocolar. Também foram encontradas diferenças significativas entre os valores de FC, FG e C da tarefa com os encontrados através do protocolo incremental. Comparativamente com o proposto na literatura os resultados parecem enquadrar-se de modo geral na zona de intensidade para limiar anaeróbio proposta por Maglischo (2003). Assim, houve atletas que cumpriram com a zona de intensidade objetivada, pelo que se aconselha cautela aos treinadores na prescrição de velocidades de treino unicamente com base em valores percentuais da melhor marca. A avaliação individualizada e multidimensional é fundamental.

PALAVRAS-CHAVE: natação, lactato, consumo de oxigénio, RPE, custo energético.

Abstract

Swimming is an endurance sport. Therefore, prescribing an effective training is very important. The protocols to evaluate and monitor the training process and performance demands, have improved due to the technological evolution. The purpose of the first study was to systematically review recent methods to assess and monitor swimming training providing theoretical basis for an experimental study. The Web of Science™, SportDiscus and PubMed databases were searched for relevant published studies. A total of 36 articles were fully reviewed. The main conclusions were (1) prescribing accurate intensity training zones is a primary concern of coaches, (2) monitoring tools to evaluate training adaptations are most important and (3) performance is related to several factors so it should be evaluated on that premises, considering physiological, psychological, biomechanics and energetic dimensions.

The second study aim to evaluate the precision of a prescribed typical training bout at anaerobic threshold intensity. 8 national level swimmers (16,5 ± 1,25 years) were included in the study. An incremental swimming test 5x300m crawl was applied to determine and characterize metabolic thresholds and maximal values regarding physiological, RPE, kinematical and energetic parameters. The results where then compared with the training bout prescribed by the coach, 20x100m crawl aiming the anaerobic threshold intensity. Results show significant differences between velocity in the training task and the time estimated through 80% of the personal best time in 400m crawl. In comparison with the parameters derived from the protocol, significant differences were found in velocity, heart rate and stroke frequency. According to the literature, not every swimmer accomplished the intended training zone. Results show some agreement with the proposed by Maglischo (2003) for anaerobic threshold intensity. Prescribing training velocities should not be based only on percentages of the personal best time. Individual evaluation at a multidimensional level is required.

KEYWORDS: *swimming, lactate, oxygen consumption, RPE, energy cost.*

Lista de siglas e abreviaturas

Aer – Aeróbio

AnL – Anaeróbio láctico ou glicolítico

AnAl – Anaeróbio aláctico ou dos fosfagénios

BxB – medição *breath-by-breath* do consumo de oxigénio

C – Custo energético

CR-10 – *Category Ratio* (escala de Borg adaptada)

DC – Distância de ciclo

Ė – Energia despendida

Ė_{tot} – Energia total despendida

et al. – e colaboradores

FC – Frequência cardíaca

FG – Frequência gestual

HIIT – *High intensity interval training*

IdC – Índice de coordenação

IN – Índice de nado

La – Concentração de Lactato

LL – Limiar Láctico

LAn – Limiar Anaeróbio

LAnI – Limiar Anaeróbio Individual

MEEL – Máximo Estado Estável de Lactato

MS – Membros superiores

NPD – Natação Pura Desportiva

PRISMA – *Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-analyses*

POMS – *Profile of Mood States*

PC – Potência crítica

RPE – *Rate of Perceived Exertion*

S-RPE – *Session-Rate of Perceived Exertion*

TRIMP – *Training Impulse*

UT – Unidade de treino

v – Velocidade média de nado

v₄ – Velocidade correspondente à concentração de lactato 4mmol⁻¹

Prescrição e controlo de treino de natação pura desportiva na zona de intensidade do limiar anaeróbio

VC – Velocidade crítica

vel – Velocidade(s) de nado

VFC – Variabilidade da frequência cardíaca

vLAN – Velocidade correspondente ao limiar anaeróbio

vLL – Velocidade correspondente ao limiar láctico

vVO_{2máx} – Velocidade correspondente ao consumo máximo de oxigénio

VO₂ – Consumo de oxigénio

VO_{2máx} – Consumo máximo de Oxigénio

VO_{2peak} – Maior taxa à qual o oxigénio pode ser captado e utilizado pelo corpo durante o exercício físico

η_p – Eficiência propulsiva

Lista de Figuras

Estudo I

- Figura 1. Diagrama PRISMA do processo de pesquisa, seleção e inclusão de publicações. 7
- Figura 2. Fluxograma da organização dos estudos..... 8
- Figura 3. Configuração típica da curva La – carga, delimitando zonas de intensidade de treino (retirado de Faude et al., 2009)..... 32

Estudo II

- Figura 1. Distribuição percentual das zonas de treino limiar láctico (LL), limiar anaeróbio (LAn), potência aeróbia (PA), potência láctica / máxima produção de lactato (PL/MPL), velocidade (vel) e trabalho técnico. 56

Lista de Tabelas

Estudo I

Tabela 1. Síntese de estudos de avaliação e controlo de treino em NPD centrados na análise de parâmetros fisiológicos, concentração de lactato (La), frequência cardíaca (FC) e consumo de oxigénio (VO ₂).	10
Tabela 2. Síntese dos estudos de avaliação e controlo de treino com base em Rate of Perceived Exertion (RPE).	15
Tabela 3. Síntese dos estudos de avaliação e controlo de treino em NPD centrados no custo energético (C) e indicadores associados, parâmetros biomecânicos, metabólicos e fisiológicos.....	17
Tabela 4. Síntese de estudos multidimensionais de avaliação e controlo de treino de NPD.	21
Tabela 5. Contribuição em percentagem (%) das vias energéticas anaeróbia aláctica e láctica e aeróbia em provas de NPD D (retirado de Rodriguez & Mader (2010) sintetizando as propostas de vários autores).	29
Tabela 6. Zonas de treino de resistência em NPD definidas por Maglischo (2003).	41
Tabela 7. Zonas de treino de resistência em NPD de acordo com Sweetenham e Atkinson (2003). 42	
Tabela 8. Caracterização das zonas de treino de resistência de acordo com Raposo (2017).	42

Estudo II

Tabela 1. Caracterização da amostra. Valores médios e desvio padrão (DP) das variáveis biográficas, morfológicas e de composição corporal e de valia técnica (FINA). Valor de significância (p) na comparação entre sexos.....	55
Tabela 2. Estatística descritiva das variáveis fisiológicas, concentração de lactato (La), consumo de oxigénio (VO ₂) e frequência cardíaca (FC), e RPE (Borg CR-10) obtidos no protocolo incremental (5 x 300m Crol/1') relativamente a intensidade de limiar láctico (LL), DMAX e máxima (<i>peak</i> ou <i>máx</i>).....	62
Tabela 3. Estatística descritiva das variáveis cinemáticas, velocidade (vel), frequência gestual (FG), distância de ciclo (DC), índice de nado (IN) e eficiência propulsiva (Π_p), e bioenergética (C) obtidos no protocolo incremental (5 x 300m Crol/1') relativamente à intensidade de limiar láctico (LL), D-MAX e máxima (<i>máx</i>). obtidos no protocolo incremental (5 x 300m Crol/1') relativamente à intensidade de limiar láctico (LL), DMAX e máxima (<i>máx</i>)..	63

Tabela 4. Estatística descritiva das variáveis tempo, cinemáticas, velocidade média de nado (vel), frequência gestual (FG), distância de ciclo (DC), índice de nado (IN) e eficiência propulsiva (Πp), fisiológicas, concentração de lactato (La) e frequência cardíaca (FC), e RPE obtidos na tarefa prescrita (20 x 100m Crol). Valor de significância (p) entre a 10ª repetição, 20ª repetição e valores médios.	65
Tabela 5. Estatística descritiva da velocidade (vel) e tempo estimado para a tarefa de limiar anaeróbio, 80% da melhor marca aos 400m livres (MM400L). Valor de significância (p) com os valores obtidos na tarefa.....	65
Tabela 6. Valores médios e desvio-padrão (DP) das variáveis cinemáticas, velocidade média de nado (vel), frequência gestual (FG), distância de ciclo (DC), índice de nado (IN) e eficiência propulsiva (Πp), fisiológicas, concentração de lactato (La) e frequência cardíaca (FC), e RPE estimados para limiar anaeróbio (LAn) através do protocolo 5x300 e realizados na tarefa 20x100. Valor de significância (p) entre os valores estimados e realizados... ..	66

Lista de Equações

Estudo I

Equação 1. Custo energético	36
Equação 2. Eficiência propulsiva	37
Equação 3. Eficiência propulsiva	37
Equação 4. Custo energético (eq.1 + 2).....	37
Equação 5. Custo energético	37
Equação 6. Distância de ciclo	38
Equação 7. Índice de nado.....	38

Estudo II

Equação 1. Distância de ciclo	59
Equação 2. Índice de nado.....	59
Equação 3. Eficiência propulsiva	59
Equação 4. Energia total despendida.....	59
Equação 5. Custo energético	59

Índice

Dedicatória	
Agradecimentos	i
Resumo	ii
Abstract.....	iii
Lista de siglas e abreviaturas	iv
Lista de Figuras.....	vi
Lista de Tabelas	vii
Lista de Equações	ix
Índice	x
Introdução	1
ESTUDO I – AVALIAÇÃO E CONTROLO DO TREINO EM NATAÇÃO PURA DESPORTIVA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA (2000 – 2018).....	2
Resumo	3
1. Introdução.....	4
2. Metodologia.....	5
2.1. Estratégia de pesquisa: bases de dados, critérios de inclusão e processo de seleção.....	5
2.2. Qualidade dos estudos.....	6
3. Resultados.....	7
3.1. Pesquisa, seleção e inclusão de publicações.....	7
3.2. Qualidade dos estudos.....	8
3.3. Descrição geral dos estudo.....	8
3.3.1. Parâmetros fisiológicos.....	8
3.3.2. Perceção de Esforço.....	14
3.3.3. Custo Energético.....	16
3.3.4. Multidimensional.....	20
4. Discussão.....	28
4.1. Parâmetros fisiológicos.....	28
4.1.1. Consumo de Oxigénio.....	28
4.1.2. Lactatemia.....	30
4.1.3. Frequência Cardíaca	34
4.2. Perceção de Esforço	35
4.3. Custo Energético.....	36
4.4. Multidimensional.....	39
Prescrição e controlo de treino de natação pura desportiva na zona de intensidade do limiar anaeróbio	

5. Conclusão	44
6. Referências bibliográficas	45
ESTUDO II – PRESCRIÇÃO E CONTROLO DE TREINO DE NATAÇÃO PURA DESPORTIVA NA ZONA DE INTENSIDADE LIMIAR ANAERÓBIO	50
Resumo	51
1. Introdução.....	52
1.1. Apresentação do Problema.....	53
2. Metodologia.....	55
2.1. Amostra.....	55
2.2. Procedimentos.....	56
2.2.1. Antropometria.....	57
2.2.2. Protocolo 5x300.....	57
2.2.3 Tarefa 20x100m.....	58
2.2.4. Variáveis cinemáticas e bioenergéticas.....	58
2.3. Tratamento dos dados.....	59
2.4. Análise estatística.....	60
3. Resultados.....	61
4. Discussão.....	67
4.1. Protocolo 5x300.....	67
4.2. Tarefa 20x100.....	69
5. Conclusão	71
6. Limitações	72
7. Referências bibliográficas	73
Considerações Finais	75
Referências bibliográficas.....	76
Anexos	77
Anexo I - Electronic Supplementary Table S1	
Anexo II - Termo de Consentimento	
Anexo III – Escala de Borg CR-10	

Introdução

O treino desportivo moderno apresenta-se como um processo sofisticado de planificação que visa mudanças (otimização, estabilização ou redução) nas várias dimensões que afetam o rendimento desportivo com objetivo de proporcionar adaptações a crescentes exigências, que tem sofrido ao longo do tempo uma evolução estrutural, objetiva e metodológica (Raposo, 2017).

O treinador tem, atualmente, todo um leque de opções para proceder à estruturação/periodização da época desportiva, selecionando um modelo que considere mais adequado para corresponder às necessidades do atleta (Raposo, 2017).

Dada a grande variação de volume e intensidade observada durante a época desportiva, é necessário avaliar as adaptações induzidas nos diferentes períodos de treino, isto é, a carga interna de treino (Maglischo, 2003; Raposo, 2017).

Em termos bioenergéticos a natação pura desportiva (NPD) deve ser reconhecida como uma modalidade de resistência com contributo preponderante das vias energéticas aeróbia e anaeróbia, pelo que o treino da resistência assume um papel essencial para o rendimento (Maglischo, 2003; Navarro & Arsenio, 1999).

O treino de resistência na zona de intensidade limiar anaeróbio promove adaptações fisiológicas importantes, nomeadamente no que concerne à utilização bioenergética e à remoção do lactato. O aumento da velocidade no limiar anaeróbio promove sequencialmente a melhoria do rendimento, especialmente em provas de média e longa distância (Maglischo, 2003).

Vários autores como Maglischo (2003) e Sweetenham e Atkinson (2003) apresentam tarefas específicas para esta zona de treino. O enfoque deste trabalho foi, assim, a avaliação do rigor na prescrição de uma dessas tarefas. Para o efeito, realizaram-se dois estudos. O primeiro, uma revisão sistemática de estudos recentes de avaliação e controlo de treino de NPD, permitindo uma base teórica para fundamentar o segundo estudo de natureza experimental, que pretendeu, de modo geral, providenciar ao treinador informação pertinente e precisa para a prescrição das tarefas de treino na zona de intensidade limiar anaeróbio.

ESTUDO I – AVALIAÇÃO E CONTROLO DO TREINO
EM NATAÇÃO PURA DESPORTIVA: UMA REVISÃO
SISTEMÁTICA (2000 – 2018)

Resumo

Enquadramento:

Os protocolos de avaliação e controlo do treino tendo em conta as novas tecnologias e metodologias disponíveis, são objeto de atenção dos treinadores de NPD, seja através do comportamento de parâmetros subjetivos ou objetivos e estruturais, procurando a otimização e rigor na prescrição do treino. Os indicadores comumente analisados são fisiológicos, nomeadamente: concentração de lactato, consumo de oxigénio e frequência cardíaca. Por outro lado, a *Rate of Perceived Exertion (RPE)* tem vindo a ganhar terreno neste âmbito. Na avaliação do desempenho, a determinação do custo energético associado também parece assumir uma relevância fundamental.

Objetivos:

O objetivo desta revisão foi identificar e sintetizar, de forma sistemática, a literatura relevante no âmbito da avaliação e controlo do treino na NPD, de 2000 a 2018, de acordo com as linhas orientadoras PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analyses).

Métodos:

Efetou-se uma pesquisa, no dia 21 de Abril de 2018, nas bases de dados *SportDiscus*, *Web of Science™* e *PubMed* de artigos publicados desde o dia 1 de Janeiro de 2000 utilizando para o efeito a palavra-chave “swim*” associada a: “VO2”, “lactate”, “heart rate”, “perceived exertion” e “energy cost”.

Resultados:

A pesquisa inicial resultou em 3510 artigos. Após eliminação dos artigos duplicados, constatou-se a existência de 1912 referências. Através da análise do título e resumo, foram selecionados 44 artigos. No final, 36 artigos cumpriram os critérios, sendo excluídos os artigos que não continham informação pertinente.

Conclusão:

A prescrição de cargas de treino ótimas é uma preocupação dos treinadores. Neste sentido, os protocolos de avaliação para controlo das adaptações do atleta ao treino são de extrema importância. O desempenho é afetado por vários parâmetros pelo que a avaliação e controlo de treino deve ser multidimensional, englobando análise de indicadores fisiológicos, percetivos, biomecânicos e energéticos. A análise da lactatemia e consumo de oxigénio, ainda que associada a instrumentos que envolvem investimento financeiro e temporal elevados, é uma estratégia fundamental para avaliação metabólica e na prescrição de zonas de intensidade de treino individualizadas.

Palavras-chave:

Lactato, VO2, FC, RPE, custo energético.

Prescrição e controlo de treino de natação pura desportiva na zona de intensidade do limiar anaeróbio / Estudo I

I. Introdução

O sucesso desportivo pressupõe um processo de treino objetivamente planificado e estruturado, importando uma constante análise e avaliação das várias dimensões afetas ao desempenho (Psycharakis, 2011; Raposo, 2017; Smith, Norris, & Hogg, 2002). Neste sentido, têm surgido protocolos de avaliação para monitorizar as alterações do organismo dos atletas face às constantes adaptações, avaliar a qualidade da prontidão para as provas e prever o desempenho, oferecendo assim linhas orientadoras precisas para a prescrição do treino (Raposo, 2017; Smith et al., 2002).

Um dos conceitos fundamentais presentes na prescrição do treino é o de carga de treino (Raposo, 2017; Valdielso & Feal, 2001). A carga de treino pode ser: (1) externa, correspondente ao treino prescrito e realizado (frequência, volume, duração e intensidade), ou; (2) interna, resposta do atleta ao treino (Valdielso & Feal, 2001; Wallace et al., 2008). Se a carga de treino externa não provocar a resposta interna desejada, o resultado é negativo face aos objetivos pretendidos (Valdielso & Feal, 2001). Consequentemente, os instrumentos de quantificação da carga interna têm sido fortemente sugeridos para monitorização do treino (Wallace et al., 2008). Para o efeito, os métodos mais comuns estão relacionados com parâmetros fisiológicos, nomeadamente concentração de lactato (La), consumo de oxigénio (VO_2) e frequência cardíaca (FC) (Psycharakis, 2011). Contudo, a avaliação de parâmetros fisiológicos durante o treino é limitada por falta de equipamento apropriado ou por causa de interrupções subjacentes (Psycharakis, 2011). Surgem como alternativa, a nível psicológico, a perceção de esforço ou *rate of perceived exertion* (RPE) (Psycharakis, 2011). Por outro lado, o rendimento desportivo está, intrinsecamente, ligado à eficiência energética, pelo que a determinação e análise do custo energético tem sido alvo de estudo ao longo dos anos (Rodríguez & Mader, 2011; Zamparo, Capelli, & Pendergast, 2011). Assim sendo, a presente revisão da literatura sustentou-se em estudos recentes de avaliação e controlo de treino de NPD, fora do contexto laboratorial, focando a análise dos supracitados parâmetros, objetivando seleção e síntese sistemática dos mesmos de acordo com as linhas orientadoras PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-analyses*).

2. Metodologia

2.1 Estratégia de pesquisa: bases de dados, critérios de inclusão e processo de seleção

A presente revisão sistemática foi realizada de acordo com as linhas orientadoras do PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analyses). Foi realizada uma pesquisa a 21 de Abril de 2018 nas bases de dados *SportDiscus*, *Web of Science™* e *PubMed* de artigos publicados após 1 de Janeiro de 2000 e tendo como limite o dia 31 de Janeiro de 2018, utilizando para o efeito a palavra-chave “swim*”, associada a: “VO2”, “lactate”, “heart rate”, “perceived exertion” e “energy cost”. Os critérios de inclusão definidos foram: (1) artigos que contivessem dados relevantes no que concerne à avaliação e controlo de treino tendo por base a análise de consumo de oxigénio, concentração de lactato sanguíneo, frequência cardíaca, perceção de esforço e custo energético no contexto da NPD; (2) realizados em outros contextos que não o laboratorial; (3) todos os participantes serem atletas de NPD; (4) publicados em inglês. Foram excluídos os estudos: (1) que envolvessem animais; (2) cujos participantes fossem crianças, masters ou populações especiais; (3) incluíssem atletas de outras modalidades; (4) exclusivamente de validação de metodologias e instrumentos de avaliação; (5) artigos de conferência; (6) artigos de revisão.

2.2. Qualidade dos estudos

A qualidade dos estudos foi determinada através dos 16 itens propostos na escala de avaliação adaptada por Sarmento, Anguera, Pereira, e Araujo (2018) para o contexto desportivo (*Electronic Supplementary Table S1* em anexo I). Os artigos foram assim avaliados tendo em conta objetivos claramente enunciados (item 1), relevância da revisão de literatura (item 2), desenho de estudo (item 3), amostra (itens 4 e 5), consentimento informado por escrito (item 6), verificação da fiabilidade e viabilidade dos resultados (itens 7 e 8), descrição metodológica (item 9), significância estatística dos resultados (item 10), métodos de análise (item 11), descrição da relevância para a prática (item 12), descrição de desistências (item 13), conclusões (item 14), implicações práticas (item 15) e limitações (item 16). Os 16 critérios de qualidade foram pontuados através de uma escala binária (0 e 1), sendo que dois desses critérios (itens 6 e 13) apresentavam ainda a opção de “não aplicável”. Esta opção foi incluída uma vez que há estudos que não necessitam de

consentimento informado por escrito ou de reportar desistências e, como tal, reduz o efeito negativo do “0” na pontuação total, permitindo assim uma correta avaliação. Para comparar os diferentes estudos (desenhos), foi decidido calcular a percentagem da pontuação final como medida de qualidade. Os artigos foram assim classificados como (1) baixa qualidade metodológica se apresentassem uma pontuação inferior a 50%, (2) boa qualidade metodológica caso a pontuação se situasse entre os 51% e os 75% e (3) excelente qualidade metodológica com pontuação superior a 75%.

3. Resultados

3.1. Pesquisa, seleção e inclusão de publicações

A pesquisa inicial nas bases de dados *SportDiscus*, *Web of Science™* e *PubMed* revelou a existência de um total de 3510 artigos, cujas referências foram exportadas para o *software* de gestão de referências bibliográficas *EndNote X8*. Foram removidos os artigos em duplicado, num total de 1598. Os 1912 artigos restantes foram então analisados de acordo com título e relevância do resumo, resultando num total de 44 artigos. Após leitura do texto integral, verificou-se que 36 cumpriam os critérios de inclusão estabelecidos para a presente revisão sistemática, como exposto na figura 1.

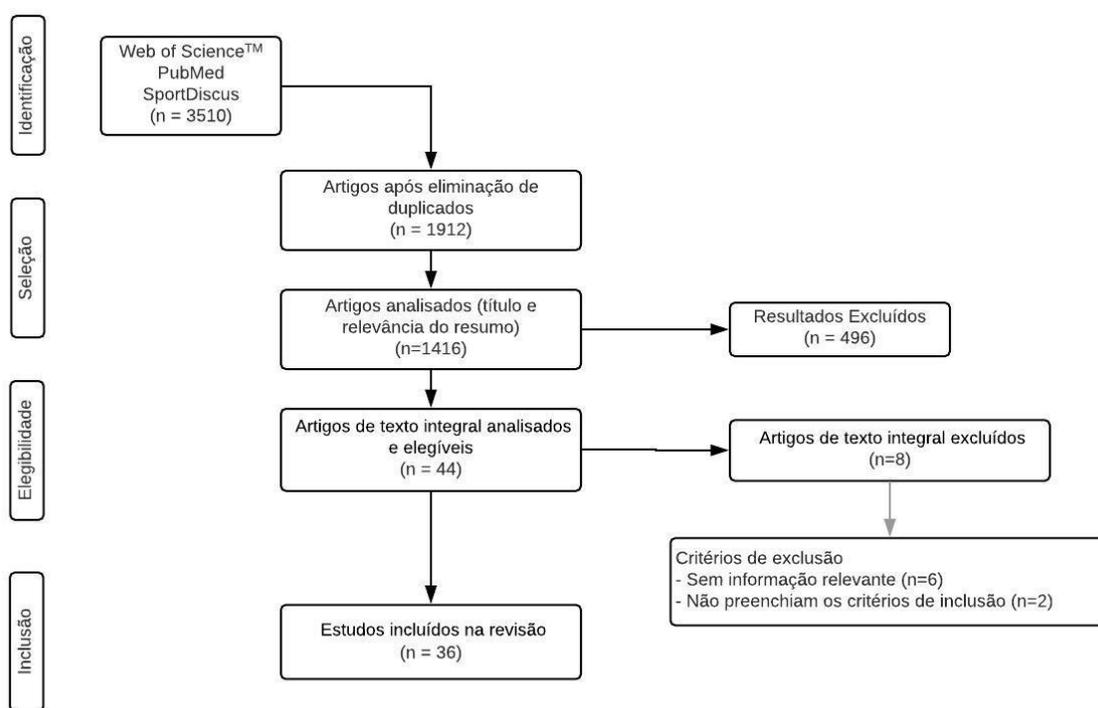


Figura 1 – Diagrama PRISMA do processo de pesquisa, seleção e inclusão de publicações.

3.2. Qualidade dos estudos

Os estudos selecionados apresentaram, de modo geral, boa qualidade metodológica, cifrando-se a pontuação média em 75,4%. Verificou-se que: (1) nenhum dos artigos obteve a pontuação máxima de 100% nem pontuação inferior a 50%; (2) 21 artigos obtiveram pontuação entre 51% e 75%, indicativa de boa qualidade metodológica; (3) 15 artigos obtiveram pontuação superior a 75%, excelente qualidade metodológica. De forma geral, as falhas identificadas nos 36 estudos estavam associadas à justificação do tamanho da amostra (item 5, ver *Electronic Supplementary Table S1* em anexo I), verificação da fiabilidade e viabilidade dos resultados (itens 7 e 8) e identificação de limitações do estudo (item 16).

3.3. Descrição geral dos estudos

Os estudos incluídos nesta revisão e que foram alvo de análise centram-se nos parâmetros fisiológicos (FC, La e VO_2), psicológicos (RPE) e no custo energético (C). São vários os estudos que analisam e relacionam estas variáveis numa perspetiva multidimensional. Por conseguinte, a organização dos resultados foi realizada de acordo com a figura 2, sendo elaboradas tabelas resumo para analisar e sintetizar os resultados dos estudos selecionados, de acordo com as temáticas predominantes representadas de seguida.

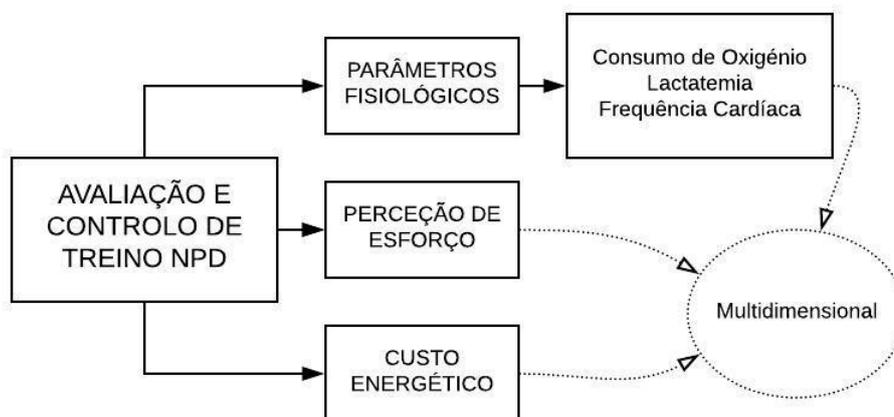


Figura 2 – Fluxograma da organização dos estudos.

3.3.1. Parâmetros Fisiológicos

O rendimento desportivo em NPD está fortemente relacionado com as adaptações fisiológicas e metabólicas induzidas pelo treino (Anderson et al., 2006). Neste sentido, são vários os estudos centrados na análise de parâmetros fisiológicos, nomeadamente Atlaoui et al. (2007); Agaoglu,

Prescrição e controlo de treino de natação pura desportiva na zona de intensidade do limiar anaeróbio / Estudo I

Tasmektepligil, Atan, Tutkun, e Hazar (2010); Fernandes, Sousa, Machado, e Vilas-Boas (2011); Machado et al. (2011); Di Michele et al. (2012); Greco, Oliveira, Caputo, Denadai, e Dekerle (2013); Peyrebrune, Toubekis, Lakomy, e Nevill (2014); Kalva et al. (2015); Ribeiro et al. (2015); e Campos et al. (2017), sucintamente descritos na tabela 1.

Tabela 1. Síntese de estudos de avaliação e controlo de treino em NPD centrados na análise de parâmetros fisiológicos, concentração de lactato (La), frequência cardíaca (FC) e consumo de oxigénio (VO₂).

Autor (Ano)	Amostra	Metodologia	Principais Resultados/Conclusões	Qualidade (%)
Atlaoui et al. (2007)	13 nadadores franceses de elite (nacional e internacional), 9 do sexo masculino (23±4 anos) e 4 do sexo feminino (21±2 anos).	Registo da FC em repouso em 3 momentos: antes, após 4 semanas de treino intenso e após 3 semanas de recuperação. No final das 4 semanas de treino intenso e das 3 semanas de recuperação os nadadores tiveram provas competitivas. As melhores marcas em prova foram comparadas com o respetivo recorde pessoal. Variáveis: velocidade (vel), FC, variabilidade da frequência cardíaca (VFC).	Não se verificam diferenças significativas na FC e na VFC nos 3 momentos, mesmo com a variação da carga.	80,0
Agaoğlu, Tasmektepligil, Atan, Tutkun, e Hazar (2010)	17 nadadores velocistas (15.2±0.8 anos)	<i>Sprint</i> de 100m crol para determinação da velocidade máxima ($v_{máx}$). Teste 8x100m realizado no início e no final de dois meses de treino, intervalos distintos entre cada patamar. 3 primeiros patamares a intensidade correspondente a 75% da $V_{máx}$; 4º e 5º patamar a intensidade correspondente a 85% da $V_{máx}$; 6º, 7º e 8º com intensidades correspondentes a 90%, 95% e 100% da $V_{máx}$. Variáveis: FC, La, vel.	Os valores de La nas intensidades mais baixas, mesmo com o aumento significativo da vel, não sofreram alterações significativas. Nas intensidades mais elevadas, quer o La quer a vel, sofreram um aumento significativo como espectável. Um atleta com boa capacidade de resistência aeróbia apresenta FC de repouso baixas. A FC não pode ser utilizada para determinar o limiar anaeróbio. Contudo, conhecendo a relação entre os mesmos, a FC permite adaptar a intensidade do treino.	66,7

Tabela 1. Continuação

Autor (Ano)	Amostra	Metodologia	Principais Resultados/Conclusões	Qualidade (%)
Fernandes, Sousa, Machado, e Vilas-Boas (2011)	17 nadadores fundistas (28.9±10.8 anos).	5 testes intervalados por 24h. 3 testes progressivos 7x200m, 7x300m e 7x400m crol, pausa 30seg. vel do último patamar determinada a partir da melhor marca aos 400m, retirando-se sucessivamente 0,05m.sec ⁻¹ para determinar as restantes vel. 2 testes contínuos para determinar o máximo estado estável de lactato (MEEL) de 30min a intensidade constante, a diferentes vel. A vel do 1º teste foi estabelecida com base na média das vel associadas ao limiar anaeróbio (vLAn) determinadas a partir dos testes progressivos. Variáveis: vel, La, FC. Determinação do limiar anaeróbio e do MEEL (vel e FC correspondentes), vel correspondentes a concentrações de lactato 4 e 8 mmol.l ⁻¹ .	Os valores de La e FC foram semelhantes nos 3 testes progressivos, à exceção do valor de La no limiar anaeróbio que foi superior no 7x200m e 7x300m quando comparado com o 7x400m. Da amostra n=17, 3 nadadores não conseguiram concluir o teste 7x400m devido à fadiga. Quando comparando os testes progressivos com o contínuo, as vLAn determinadas nos protocolos 7x200m e 7x300m é semelhante à vel do MEEL. Já os valores de La e FC para limiar anaeróbio foram superiores aos encontrados nos testes contínuos. Os valores de La registados correspondentes ao limiar anaeróbio foram inferiores ao valor fixo de referência 4 mmol.l ⁻¹ .	73,3
Machado et al. (2011)	10 nadadores brasileiros (16.3± 2.4 anos).	2 momentos de recolha num período de 12 semanas, antes e depois. 3 repetições intervaladas por 48h do teste 4x400m crol a máxima intensidade, intervalo 45 a 60 seg para determinação do MEEL. Variáveis: La, vel.	Não houve diferenças significativas nos valores de MEEL nem na velocidade correspondente antes e após as 12 semanas de treino. Contudo, verificou-se uma diminuição nos valores de La médios o que sugere mais eficiência do sistema aeróbio, promovendo menos desgaste durante os testes.	73,3
Di Michele et al. (2012)	14 nadadores de alto nível, 6 do sexo masculino e 8 do sexo feminino (19.6±3.0 anos).	Teste progressivo 7x200m crol com incremento de 5 seg. vel inicial retirando 30 seg à melhor marca aos 200m. Variáveis: FC, La, vel.	O limiar anaeróbio foi determinado a uma concentração de La 3.9 ± 1.3 mmol.l ⁻¹ .	73,3

Tabela 1. Continuação

Autor (Ano)	Amostra	Metodologia	Principais Resultados/Conclusões	Qualidade (%)
Greco, Oliveira, Caputo, Denadai, e Dekerle (2013)	12 nadadores do sexo masculino (24.5 ± 9.6 anos) cujo resultado aos 400m livres seja $70\% \pm 5.0\%$ do record mundial	Num período de 14 dias realizaram 3 testes intervalados por 24h. (1) Prova de 400m crol em intensidade máxima, (2) teste progressivo 7x200m crol p/ determinar o limiar láctico, (3) várias repetições de 30 min a intensidades entre os 85% e 95% da vel máxima aos 400m para determinar o MEEL. Variáveis: La, vel.	O espectro das zonas de intensidade entre limiar láctico e MEEL (intensidade alta) e entre o MEEL e a vel máxima (intensidade severa/máxima) é muito reduzido. Tem de haver cuidado aquando a prescrição de treino aeróbio em NPD, sendo necessário a correta determinação do limiar láctico e do MEEL.	73,3
Peyrebrune, Toubekis, Lakomy, e Nevill (2014)	8 nadadores de elite (20.3 ± 2.5 anos).	2 Testes 4x <i>sprints</i> de 30seg nado resistido, intervalo de 40seg. Variáveis: vel, FC, VO_2 , La, força de resistência.	A via energética aeróbia contribui consideravelmente durante um <i>sprint</i> de 30 seg e aumenta progressivamente durante sprints repetidos.	80,0
Kalva et al. (2015)	22 nadadores, 15 masculinos e 7 femininos (19.1 ± 1.5 anos).	Teste máximo de 400m crol. Variáveis: VO_2 , La. Determinação do VO_{2peak} , contribuição anaeróbia (láctica e aláctica), limiar anaeróbio e velocidade correspondente (vLAN).	O VO_{2peak} e vLAN são ótimos indicadores do desempenho aos 400m. Existe uma correlação entre o desempenho nos 400m e a contribuição aeróbia, realçando a importância desta via metabólica em eventos de longa distância.	73,3

Tabela 1. Continuação

Autor (Ano)	Amostra	Metodologia	Principais Resultados/Conclusões	Qualidade (%)
Ribeiro et al. (2015)	28 nadadores de nível nacional (idades compreendidas entre os 15 e os 24 anos).	Teste progressivo nx200m crol com incremento de 0,05m.seg ⁻¹ (n≤8), intervalo 30seg. Variáveis: VO ₂ , La, vel, FC. Determinação do limiar anaeróbio e limiar ventilatório por modelos matemáticos.	O 2º limiar ventilatório e o limiar anaeróbio ocorrem em vel e valores de FC semelhantes. O limiar ventilatório foi determinado a 88% do VO ₂ máximo. Os valores de La encontrados correspondentes aos limiares ventilatório e anaeróbio foram inferiores a 4 mmol.l ⁻¹ . O limiar anaeróbio pode ser corretamente determinado a partir de parâmetros ventilatórios, uma vez que se verificou uma proporcionalidade.	80,0
Campos et al. (2017)	14 nadadores, 7 do sexo masculino e 7 do sexo feminino (18.85±3.18 anos).	5 testes máximos, 50m, 100m, 200m, 400m e 800m na técnica de crol, intervalados entre si por 24h no mínimo. Variáveis: VO ₂ , La e FC. Determinação da contribuição anaeróbia.	A contribuição anaeróbia é superior para as distâncias de 200m e 400m, não estando correlacionada com o desempenho nos 800m. A contribuição anaeróbia é importante em distâncias inferiores a 400m e como tal deve ser objetivada no treino.	80,0

3.3.2. Percepção de Esforço

A RPE associada ao exercício/tarefa e à sessão de treino - *session-RPE* (S-RPE), surgem como métodos práticos e de baixo custo para determinar carga interna de treino (Nogueira et al., 2016). Como são indicadores perceptivos, avaliar a sua utilização, como são influenciados e se relacionam com intensidades de treino, mereceu atenção especial em três estudos, Wallace, Slattery, e Coutts (2009), Barroso, Salgueiro, do Carmo, e Nakamura (2015) e Nogueira et al. (2016), apresentados resumidamente na tabela 2.

Tabela 2. Síntese dos estudos de avaliação e controlo de treino com base em Rate of Perceived Exertion (RPE).

Autor (Ano)	Amostra	Metodologia	Principais Resultados/Conclusões	Qualidade (%)
Wallace, Slattery, e Coutts (2009)	12 nadadores, 6 do sexo masculino e 6 do sexo feminino (22.3±3.1 anos).	Monitorização de 20 UT. Teste progressivo 7x200m crol. Variáveis: La, RPE (Borg CR-10), volume de UT, FC. Determinação da S-RPE, limiares metabólicos. Quantificação da intensidade de treino através do <i>Training Impulse</i> (TRIMP).	Verificou-se uma grande correlação entre os valores de S-RPE com os de TRIMP e das zonas de intensidade definidas pelos limiares. O volume é um fraco indicador para avaliação da carga de treino. A RPE intencionada pelos 3 treinadores quando comparada com a dos atletas foi inferior em UT de intensidades mais baixas e superior em UT com alta intensidade.	80,0
Barroso, Salgueiro, do Carmo, e Nakamura (2015)	13 nadadores (21.1±1.1 anos).	Em 6 dias realizaram-se dois testes máximos de 200m e 400m para determinar velocidade crítica e 4 tarefas 10x100m, 20x100m, 20x200m, 5x400m à velocidade determinada. Variável: RPE (Borg CR-10). Determinação da vel crítica e S-RPE.	O volume e a distância afetam a S-RPE e, conseqüentemente, a carga interna. Verificaram-se diferentes respostas de S-RPE em intensidades semelhantes.	73,3
Nogueira et al. (2016)	17 nadadores brasileiros de nível nacional, 7 do sexo feminino (15.1±0.46 anos) e 10 do sexo masculino (15.8±0.87 anos).	Durante 4 semanas, monitorização da carga externa e interna de 18 UT. Variáveis: volume de UT, RPE (Borg CR-10). Determinação da S-RPE.	O volume de treino influencia a RPE e a S-RPE e, conseqüentemente, a carga interna. O volume elevado em zonas de treino de baixas intensidades é o que mais afeta o RPE e a S-RPE. Os atletas masculinos apresentaram maior RPE na transição de mesociclos em comparação com as atletas femininas.	80,0

3.3.3. Custo Energético

A avaliação bioenergética é fundamental para verificar a eficácia da periodização do treino e, conseqüentemente, ajustar metodologias de treino para melhorar o rendimento (Costa et al., 2012a). Neste âmbito, surge o conceito de custo energético (C) que pode ser definido como a quantidade de energia metabólica despendida para percorrer uma determinada distância (Zamparo et al., 2005). O cálculo e análise do custo energético na NPD estão assim associados a parâmetros biomecânicos, nomeadamente frequência gestual (FG), distância de ciclo (DC), índice de nado (IN), eficiência propulsiva (η_p) e metabólicos (La e VO_2) como é possível verificar nos estudos centrados nesta temática, nomeadamente Zamparo et al. (2005); Barbosa, Fernandes, Keskinen, e Vilas-Boas (2008); Komar et al. (2012); Morris, Osborne, Shephard, Skinner, e Jenkins (2016); Clemente-Suárez et al. (2017); e Kristin, Osborne, Shephard, Jenkins, e Skinner (2017), apresentados sucintamente na tabela 3.

Tabela 3. Síntese dos estudos de avaliação e controlo de treino em NPD centrados no custo energético (C) e indicadores associados, parâmetros biomecânicos, metabólicos e fisiológicos.

Autor (Ano)	Amostra	Metodologia	Principais Resultados/Conclusões	Qualidade (%)
Zamparo et al. (2005)	10 nadadores fundistas de elite, 5 do sexo masculino (27.8 ± 4.0 anos) e 5 do sexo feminino (24.2 ± 5.9 anos)	Teste progressivo 3x 400m crol. vel 1.35, 1.40 e 1.45 m.seg ⁻¹ para o sexo masculino e 1.30, 1.35 e 1.40 m.seg ⁻¹ para o sexo feminino. Teste 2km (simulação de provas de 10km) seguido do teste progressivo 3x400m. Variáveis: vel, VO ₂ , La, C, FC, DC.	Em comparação com velocistas, fundistas apresentam valores superiores de VO ₂ . A contribuição anaeróbia para o C em vel mais lentas é muito baixa. O aumento do C e da FG a par da diminuição da DC verificados nos testes progressivos podem ser resultado da fadiga. A redução da vel no estado de fadiga é uma estratégia eficaz para diminuir o C e restaurar os valores de FG e DC correspondentes a situações de ausência de fadiga.	73,3
Barbosa, Fernandes, Keskinen, e Vilas-Boas (2008)	18 nadadores de elite, 5 do sexo feminino e 13 do sexo masculino, divididos de acordo com a melhor técnica n=4 livres (17.5 ± 1.3 anos, n=5 costas (19.0 ± 1.4 anos), n=5 bruços (19.0 ± 1.4 anos) e n=4 mariposa (19.5 ± 3.3 anos).	Teste progressivo nx200m na melhor técnica com incremento de 0,05m.seg ⁻¹ (n≤8), intervalo 30seg. Variáveis: VO ₂ , La, vel, FG, DC, C. Determinação da energia total despendida (Ė _{tot}). Foram calculadas e comparadas regressões lineares e polinomiais de 2º e 3º entre C e variáveis biomecânicas.	O aumento da vel tem uma associação significativa com o aumento da FG e DC. O aumento da FG resulta num maior C. Observou-se uma tendência de diminuição do C com o aumento da DC, sem diferenças significativas. O aumento da vel provoca maior C. Aprendendo a manipular a FG e a DC, os nadadores poderão atingir uma determinada vel com um C inferior.	66,7

Tabela 3. Continuação

Autor (Ano)	Amostra	Metodologia	Principais Resultados/Conclusões	Qualidade (%)
Komar et al. (2012)	7 nadadores de elite (21.6 ± 4.3 anos).	Teste progressivo 6x300m crol com incremento de 5seg, intervalo 30seg (velocidade inicial determinada a partir da melhor marca aos 400m, retirando 30seg). Variáveis: VO ₂ , La, vel, FG, DC, IN, $\dot{V}p$, C, IdC.	O aumento do C está relacionado com o aumento do IN, FG e diminuição da DC. Os indicadores de eficiência propulsiva e IN não sofreram alterações significativas com o aumento da vel, pelo que os nadadores não perderam $\dot{V}p$ mesmo com o aumento do C. Perante a fadiga imposta nos 300m existem adaptações/alterações na técnica.	73,3
Morris, Osborne, Shephard, Skinner, e Jenkins (2016)	20 nadadores, 10 do sexo masculino (19.5±1.7 anos) e 10 do sexo feminino (20.6±1.9 anos).	Teste 6x200m crol. A 1ª técnica completa e 2ª só realizando braçada, FG 22-26 c·min ⁻¹ . 3ª em técnica completa e 4ª só braçada, FG 30-34 c·min ⁻¹ . A 5ª repetição em técnica completa e a 6ª só braçada, FG 38-42 c·min ⁻¹ . Variáveis: vel, La, VO ₂ , FG, DC, índice de pernada, C e RPE (Borg 6-20).	A vel apenas realizando braçada foi consistentemente inferior ≈11% comparativamente com a vel em técnica completa. Nos nadadores masculinos, o C quando analisado em função da vel é ligeiramente inferior na técnica completa do que a nadar só realizando braçada. Nas nadadoras não houve diferenças.	71,3
Clemente-Suárez et al. (2017)	17 nadadores de ambos os sexos, de dois clubes competitivos divididos em dois grupos expostos a diferente periodizações de treino. Periodização tradicional – n=7, 4 sexo feminino (18.5 ± 1.9 anos) e 3 do sexo masculino (17.3 ± 0.6 anos). Periodização Inversa – n=10, 5 do sexo feminino (15.8 ± 2.6 anos) e 5 do sexo masculino (19.3 ± 3.0 anos).	Teste progressivo 5x200m crol incremento de 0,05m·seg ⁻¹ , intervalo 30seg, verificando as várias zonas de intensidade de treino, aplicado no início e no final de 10 semanas de treino, diferentes modelos de periodização. Zonas de treino: 1 (aeróbia) La <3 mmol ⁻¹ , 2 (limiar anaeróbio) La entre 3 e 4 mmol ⁻¹ , 3 (alta intensidade) La >4 mmol ⁻¹ . Variáveis: La, VO ₂ , vel, C, dispêndio energético, percentagem de contribuição aeróbia e anaeróbia.	10 semanas de treino, independentemente do modelo de periodização, causam alterações significativas na percentagem de contribuição anaeróbia e na diminuição do C para intensidades relacionadas com as zonas de treino 1 e 2. As melhorias foram superiores no grupo de periodização tradicional. Nenhum dos modelos de periodização evidenciou alterações significativas na percentagem de contribuição aeróbia e anaeróbia, C e dispêndio energético para intensidades da zona 3.	80,0

Tabela 3. Continuação

Autor (Ano)	Autor (Ano)	Autor (Ano)	Autor (Ano)	Autor (Ano)
Kristin, Osborne, Shephard, Jenkins, e Skinner (2017)	20 nadadores de elite australianos, 11 do sexo masculino e 9 do sexo feminino	<p>Teste 6x200m crol.</p> <p>A 1ª e 2ª repetição em técnica completa, a 3ª e 4ª repetição só realizam a braçada, 5ª e 6ª só realizam pernada.</p> <p>A 1ª, 3ª e 5ª repetições a uma velocidade correspondente a 60% da melhor marca aos 200m.</p> <p>A 2ª, 4ª e 6ª a uma intensidade de 70%.</p> <p>Variáveis: VO_2, La, FC, vel, FG, C, \dot{E}_{tot}.</p>	<p>A ação dos MS contribui com $\approx 62\%$ para a vel, utilizando $\approx 53\%$ do VO_2 e é responsável por $\approx 45\%$ do C.</p> <p>A prescrição de tarefas com o objetivo de diminuir o custo metabólico da pernada resulta numa maior disponibilidade de energia para os MS produzirem mais força propulsiva.</p>	66,7

3.3.4. Multidimensionais

Para avaliação e controlo de treino é importante analisar as várias dimensões afetas ao rendimento desportivo (Anderson, Hopkins, Roberts, & Pyne, 2008). Foram vários os estudos encontrados que focam simultaneamente parâmetros fisiológicos, biomecânicos e psicológicos, numa análise multidimensional, sintetizados na tabela 4. Maioritariamente estão associados à avaliação das adaptações induzidas pelo treino e de tarefas prescritas, nomeadamente os estudos de Pyne, Lee, e Swanwick (2001); Bentley et al. (2005); Anderson, Hopkins, Roberts, e Pyne (2006); Anderson et al. (2008); Faude, Meyer, Scharhag, Weins, Urhausen, e Kindermann (2008); Santhiago, Silva, Papoti, e Gobatto (2011); Skorski, Faude, Urhausen, Kindermann, e Meyer (2012); Costa et al. (2013a); Costa et al. (2013b); Kilen et al. (2014); Schnitzler, Seifert, Chollet, e Toussaint (2014); e Clemente-Suárez e Arroyo-Toledo (2017). Outros estudos encontrados, Dekerle et al. (2005), Psycharakis, Cooke, Paradisis, O'Hara, e Phillips (2008), Schnitzler, Seifert, e Chollet (2009), e Scruton et al. (2015), analisam a relação entre diferentes parâmetros.

Tabela 4. Síntese de estudos multidimensionais de avaliação e controlo de treino de NPD.

Autor (Ano)	Amostra	Metodologia	Principais Resultados/Conclusões	Qualidade (%)
Pyne, Lee, e Swanwick (2001)	12 nadadores da seleção nacional australiana (idades compreendidas entre os 15 e os 24 anos).	4 momentos de recolha: Janeiro, Maio, Julho e Agosto. Teste progressivo 7x200m crol. Diferença entre a velocidade inicial e final 30 seg., sendo que a final corresponde à melhor marca. Variáveis: Velocidade (vel), FC, La, frequência gestual (FG), RPE (Borg 6 -20). Determinação da velocidade no limiar anaeróbio (vLAn).	Durante as 20 semanas, verificaram-se melhorias significativas na vLAn e de valores de La em intensidades submáximas e máximas. Protocolos aplicados regularmente no treino podem permitir detetar e monitorizar alterações de indicadores da resistência. Contudo, estes indicadores estão moderadamente associados às marcas registadas em competição.	80,0
Bentley et al. (2005)	8 nadadores, 5 masculinos e 3 femininos (18.4 ± 1.8 anos).	Teste progressivo 5x200m crol com incremento de 5seg, intervalo 15seg. vel inicial a partir da melhor marca aos 400m, retirando-se 30seg. Variáveis: VO ₂ , La e FC. Realização de 2 tarefas de treino intervalado a intensidade perto do VO ₂ máximo 4x400 e 16x100, com ordem aleatória em dias diferentes. Variáveis: VO ₂ , La, FC, FG, DC e RPE.	Não foram registadas diferenças significativas nos valores de VO ₂ , La, FC, FG e DC entre as tarefas 4x400 e 16x100. O treino aeróbio intervalado com mesma intensidade mas com diferentes durações levam a resultados semelhantes de VO ₂ e FC.	73,3
Dekerle et al. (2005)	11 nadadores de nível nacional do sexo masculino (19.7±1.8 anos).	Realização de 1 <i>sprint</i> de 400m crol para determinar vel máxima aeróbia, correspondente à vel média registada entre os 50 e os 350m. Teste 4x30 min a intensidades 70%, 80%, 90% e 95% da vel máxima aeróbia para determinação do MEEL. Variáveis: La, VO ₂ , vel, FG, DC.	As diferenças entre as vel correspondentes ao início da diminuição da DC e a correspondente ao MEEL apresentam elevada correlação. Em exercícios acima da vel correspondente ao MEEL, a DC tende a diminuir progressivamente e a FG a aumentar.	73,3

Tabela 4. Continuação

Autor (Ano)	Amostra	Metodologia	Principais Resultados/Conclusões	Qualidade (%)
Anderson, Hopkins, Roberts, e Pyne (2006)	40 nadadores de meio-fundo, de nível nacional e internacional. 24 do sexo masculino (22±2 anos) e 16 do sexo feminino (20±3 anos).	Estudo longitudinal com duração de 5 anos. Durante as épocas desportivas realizavam várias vezes um teste de 7x200m crol no melhor estilo, tendo 5 minutos para realizar cada patamar de 200m, variando o tempo de repouso (10±5 testes realizados por cada nadador). Variáveis: FC, FG, La, vel. Foram também realizadas medições antropométricas. Determinação da vel correspondente à concentração de lactato 4mmol ⁻¹ (v ₄).	A vel aumenta em função do aumento da FG. Contudo, para a v ₄ esta tendência só verificou no sexo feminino. A FC máxima foi decrescendo ao longo do estudo nas atletas femininas. Nos atletas masculinos, por sua vez, manteve-se estável nos 3 primeiros anos e decresce ligeiramente nos 2 seguintes. A FC correspondente à V ₄ manteve-se estável ao longo do estudo de forma geral, o que não acontece quando falamos a nível individual, havendo grandes contrastes.	75,0
Anderson et al. (2008)	40 nadadores de meio-fundo, de nível nacional e internacional. 24 do sexo masculino (22±2 anos) e 16 do sexo feminino (20±3 anos).	Estudo longitudinal com duração de 5 anos. Durante as épocas desportivas realizavam várias vezes um teste de 7x200m no melhor estilo (exceto mariposa e estilos que realizavam em crol), tendo 5 minutos para realizar cada patamar de 200m, variando o tempo de repouso (10±5 testes realizados por cada nadador). Variáveis: FC, FG, La, vel. Foram também realizadas medições antropométricas. Determinação da v ₄ e La _{peak} .	Os nadadores tiveram uma melhoria substancial no rendimento desportivo, superior nas atletas femininas onde foram registadas melhorias substanciais na vel máxima e na v ₄ . Houve um aumento na FG correspondente à v ₄ , superior nos atletas masculinos. Os resultados de testes realizados em períodos de <i>taper</i> (etapa que precede a competição) foram melhores preditores de desempenho. Para as atletas femininas os melhores indicadores foram a FG, v ₄ e a vel máxima aos 200m. Para os atletas masculinos o La _{peak} e a FG correspondente a v ₄ .	68,8

Tabela 4. Continuação

Autor (Ano)	Amostra	Metodologia	Principais Resultados/Conclusões	Qualidade (%)
Faude, Meyer, Scharhag, Weins, Urhausen, e Kindermann (2008)	10 nadadores, 6 do sexo masculino (17.2±1.5 anos) e 4 do sexo feminino (15.8±1.0 anos).	2 períodos de 4 semanas de treino seguidos de uma semana de <i>taper</i> . Um período correspondente a treinos de volume elevado e baixa intensidade e outro <i>high intensity interval training</i> (HIIT). Foram realizados para cada período: 4 testes progressivos n=200 na melhor técnica com incremento de 10seg, intervalo 45seg, antes, na segunda semana, no final das 4 semanas e no final do <i>taper</i> ; 3 testes máximos 2x100m e 400m na melhor técnica, antes, no final das 4 semanas e no final do <i>taper</i> . Variáveis: vel, La, FC, questionário <i>Profile of Mood States</i> (POMS). Determinação do limiar anaeróbio individual.	Os 2 tipos de treino resultam em efeitos semelhantes nos parâmetros sob análise. O limiar anaeróbio individual foi superior no 4º teste, o desempenho nos 100m e nos 400m não sofreu melhorias significativas, a pontuação do POMS não apresentou diferenças significativas. Como tal, sugere-se recorrer a HIIT para otimizar a gestão do tempo de treino.	81,3
Psycharakis, Cooke, Paradisis, O'Hara, e Phillips (2008)	21 nadadores de elite, 11 do sexo masculino (23.0±2.5 anos) e 10 do sexo feminino (21.3±2.5 anos), divididos consoante a melhor técnica.	Teste progressivo 7x200m na melhor técnica com incremento de 5seg. vel inicial a partir da melhor marca aos 200m, retirando-se 30seg. Variáveis: FG, DC, vel, La.	Há um aumento da vel, acompanhado de um aumento da FG e de uma diminuição da DC. A DC parece ser o parâmetro mais determinante da vel. Existe uma forte correlação entre FG e DC em relação à La nas primeiras fases do teste em intensidades inferiores ao limiar anaeróbio. Uma das limitações do teste é que os últimos 200m podem não corresponder a um esforço máximo devido à fadiga acumulada.	86,7

Tabela 4. Continuação

Autor (Ano)	Amostra	Metodologia	Principais Resultados/Conclusões	Qualidade (%)
Schnitzler, Seifert, e Chollet (2009)	12 nadadores franceses de nível nacional, 6 do sexo masculino e 6 do sexo feminino (18.2±2.2 anos).	3 momentos de recolha separados por 24h. 400m crol a máxima velocidade. 100m e 200m crol a máxima velocidade, intervalo 20 min de recuperação ativa. 300m L a máxima velocidade. Variáveis: La, FC, FG, DC, índice de coordenação (IC), questionário de percepção de carga.	A FC, a La e a carga percebida sofreram um aumento estaticamente significativo com o aumento da distância. Os resultados mostram que os parâmetros cinemáticos mantiveram-se estáveis nos vários testes, mesmo com o aumento da fadiga. A DC e o IC são indicadores do nível técnico. A combinação de parâmetros fisiológicos com perceptivos na avaliação de atletas é indicativa do stresse do nadador.	73,3
Santhiago, Silva, Papoti, e Gobatto (2011)	10 nadadoras de elite (20±1.1anos).	4 avaliações durante 14 semanas de treino. Variáveis: POMS, La. Determinação do limiar anaeróbio. Avaliação hormonal.	A diminuição do volume de treino e o aumento da intensidade promovem a redução da pontuação positiva no POMS. A capacidade aeróbia não melhorou significativamente ao longo das 14 semanas.	68,8
Skorski, Faude, Urhausen, Kindermann, e Meyer (2012)	18 nadadores, 5 do sexo feminino (16.0 ±1.3 anos) e 13 do sexo masculino (17.1±1.8 anos).	Num período de 3 semanas, foram avaliadas 4 tarefas de treino de resistência. (1) 20x100m baixa intensidade. (2) 5x400m alta intensidade. (3) 5x200m e (4) 10x100m de treino intervalado. Variáveis: La, FC, RPE (Borg 6-20), FG. Determinação do Limiar Anaeróbio Individual.	Os valores encontrados de concentração de La vão de encontro aos estipulados para as diferentes zonas de treino por Maglisco (2003). Contudo, as colheitas de amostras sanguíneas foram retiradas da orelha o que usualmente implica valores de La ligeiramente inferiores do que os valores de recolhas no dedos. Em cerca de 85% das unidades de treino, a prescrição de intensidade do treino através do limiar anaeróbio induziu a adaptações/respostas metabólicas desejadas.	81,3

Tabela 4. Continuação

Autor (Ano)	Amostra	Metodologia	Principais Resultados/Conclusões	Qualidade (%)
Costa et al. (2013a)	9 nadadores de nível nacional e internacional (21.0 ± 3.30 anos).	Durante uma época desportiva, realizaram 3 testes progressivos 7x200m crol, intervalo 30seg, em cada patamar incremento de $0,05\text{m}\cdot\text{seg}^{-1}$ de forma a atingir a vel máxima no último. Variáveis: vel, La, VO_2 , \dot{E}_{tot} . Determinação da vel correspondente à concentração de lactato 4mmol^{-1} (V_4), no La_{peak} ($v\text{La}_{\text{peak}}$) e no $\text{VO}_{2\text{peak}}$ ($v\text{VO}_{2\text{peak}}$).	O aumento não significativo das $v\text{La}_{\text{peak}}$ e $v\text{VO}_{2\text{peak}}$ pode provocar alterações significativas na \dot{E}_{tot} . No último teste, regista-se uma melhoria ligeira no desempenho e a nível energético. Contudo, as adaptações/repostas ao treino variam entre cada atleta, dada as diferenças metabólicas.	81,3
Costa et al. (2013b)	9 nadadores de nível nacional e internacional (20.0 ± 3.54 anos).	Em 2 épocas desportivas, realizaram 6 testes progressivos nx200m crol ($n<8$). vel inicial retirando-se $0.03\text{m}\cdot\text{seg}^{-1}$ da melhor marca. Variáveis: vel, La, FG, DC, IN e Π_p . Determinação da V_4 e $v\text{La}_{\text{peak}}$.	As variáveis apresentam melhorias não significativas durante e entre épocas desportivas. A melhoria no desempenho está fortemente associada à melhoria da V_4 , FG e DC.	81,3
Kilen et al. (2014)	41 nadadores dinamarqueses de elite a nível nacional do escalão sénior de ambos os sexos (20.0 ± 2.7 anos) divididos em dois grupos. Grupo experimental HIT – $n=20$, 14 do sexo masculino e 6 do sexo feminino. Grupo de Controlo – $n=21$, 16 do sexo masculino e 5 do sexo feminino.	Durante 12 semanas a meio da época desportiva, foi aplicado a um grupo (experimental) um programa de HIIT enquanto outro grupo (controlo) mantinha as condições normais do treino. 2 momentos de recolha, no início e no final de 12 semanas de treino. Teste de controlo progressivo 5x200m crol. Variáveis: antropométricas, VO_2 , La, RPE, vel, FG, DC.	Não houve alterações significativas em nenhuma das variáveis em ambos os grupos. O estudo demonstra que é possível reduzir 50% do volume de treino sem comprometer a condição física do nadador. Contudo, o HIIT não produz melhorias significativas no desempenho nem deterioramento do mesmo.	68,8

Tabela 4. Continuação

Autor (Ano)	Amostra	Metodologia	Principais Resultados/Conclusões	Qualidade (%)
Schnitzler, Seifert, Chollet, e Toussaint (2014)	9 nadadores franceses do sexo masculino (16.2±2.2 anos).	400m crol a máxima velocidade. Na primeira semana de treino pós férias e três meses depois, pós competição. Variáveis: vel, FC, La, FG, DC, IC, POMS.	Não houve diferenças significativas nos valores de La, FC e POMS. A melhoria da vel é acompanhada pelo aumento da DC e diminuição do IC, enquanto a FG se mantém estável ou diminui. O treino aeróbio desenvolve a força propulsiva, permitindo melhor aproveitamento de fases não propulsivas da braçada.	80,0
Scruton et al. (2015)	15 nadadores de nível nacional (15±1.5 anos).	Teste progressivo 7x200m (Pyne et al., 2001) repetido 2 vezes com intervalo entre 72 a 96h. Variáveis: La, FC, vel, RPE (Borg 6-20).	Verificaram-se discrepâncias significativas em ambos os testes entre a vel indicada e adotada. Nos primeiros patamares a vel foi superior à indicada e nos últimos aconteceu o oposto em resposta à fadiga. A gestão do esforço durante um exercício faz-se em função da duração do mesmo, tendo em conta a experiência dos atletas.	80,0
Clemente-Suárez e Arroyo-Toledo (2017)	14 nadadores de nível nacional (16.2±2.6 anos)	Avaliação de uma sessão de HIIT, recolhendo os dados imediatamente antes e depois. Variáveis: RPE, La, VFC, FC máxima.	O La sofreu um aumento significativo no final do treino que revela uma contribuição elevada do sistema anaeróbio láctico neste tipo de treino. Em tarefas de nado amarrado e num treino HIIT, a VFC diminui. Foram registados valores de FC máxima superiores a 175bpm e RPE elevado. O HIIT revela-se eficiente para melhorar a condição física dos atletas e pode estar na base da periodização do treino.	73,3

Tabela 4. Continuação

Autor (Ano)	Amostra	Metodologia	Principais Resultados/Conclusões	Qualidade (%)
Ribeiro et al. (2017)	10 nadadores de alto rendimento (19.8±4.3 anos).	<p>Teste progressivo 7x200m incremento de 0,05m.seg⁻¹, intervalo 30seg. V inicial a partir da melhor marca aos 400m, retirando-se 7 x 0,05m.seg⁻¹.</p> <p>Variáveis: vel, VO₂, La, IdC, FG, DC, Πp, energia despendida (Ė).</p> <p>Determinação da vel no limiar anaeróbio (vLAn) e no VO₂ máximo (vVO_{2máx}).</p>	<p>Não foram encontradas associações significativas entre IdC, FG, DC, Πp e a vLAn, representativa do desempenho em intensidades submáximas. Possivelmente, dadas as pequenas diferenças registadas nas vel, existem diferentes combinações entre as variáveis cinemáticas que justificam o desempenho.</p> <p>Também não foram encontradas associações com vVO_{2máx}, representativa do desempenho a intensidade máxima, mesmo registando valores superiores de FG e inferiores de DC e Πp.</p> <p>O IdC não revela qualquer associação à vLAn e à vVO_{2máx}, pelo que não é o melhor indicador de alteração de intensidade.</p> <p>Πp, IdC e Ė são relevantes para o nado crol, contudo não distinguem o desempenho entre nadadores de alto rendimento quer em intensidades submáximas quer em intensidades máximas.</p>	66,7

4. Discussão

O objetivo do presente estudo foi identificar e sintetizar, de forma sistemática, a literatura científica no âmbito da avaliação e controlo de treino na NPD, de 2000 a 2018, focando os parâmetros fisiológicos (VO_2 , La e FC), percetivos (RPE) e o custo energético.

A variação no treino da carga interna durante os diferentes ciclos, desempenha um papel importante no processo de prescrição (Barroso et al., 2015). Neste sentido, os treinadores procuram induzir, de forma deliberada, essas adaptações para melhorar o rendimento desportivo (Barroso et al., 2015). Como tal, a monitorização através de protocolos de avaliação é prática comum em NPD, na otimização e predição do desempenho (Fernandes et al., 2011; Barroso et al., 2015).

A carga interna de treino é particularmente influenciada pela carga externa que, por sua vez, pode ser facilmente manipulada (Barroso et al., 2015). Contudo, as características individuais (nível de treino, genética) também afetam o impacto na carga interna de treino (Barroso et al., 2015). Neste sentido, a carga interna resulta de uma interação entre carga externa e características individuais (Barroso et al., 2015). Assim, a mesma carga externa não induz o mesmo stresse fisiológico em atletas diferentes, determinando diferentes adaptações ao treino (Barroso et al., 2015).

Os protocolos de avaliação suportam-se em componentes que afetam o desempenho, nomeadamente parâmetros fisiológicos, psicológicos, biomecânicos e energéticos (Fernandes et al., 2001). De realçar que os testes mais práticos são realizados no contexto de treino, especialmente na NPD, já que as condições ambientais não são facilmente reproduzidas em laboratório (Anderson et al., 2006). Os estudos identificados nesta revisão sistemática fazem, em parte, uma análise multidimensional, avaliando e relacionando vários indicadores. Para melhor análise dos estudos, serão debatidos e esclarecidos de acordo com os temas centrais na base desta revisão.

4.1. Parâmetros Fisiológicos

4.1.1. Consumo de Oxigénio

O consumo de oxigénio (VO_2) é um indicador metabólico e, como tal, associado à identificação da contribuição energética em esforços variados pelo que tem sido alvo de interesse de cientistas do desporto e treinadores para melhoria da prescrição de treino (Campos et al., 2017; Peyrebrune et

al., 2014). O rendimento desportivo em NPD exige solicitação das três vias energéticas, aeróbia, anaeróbia láctica ou glicolítica (AnL) e aláctica ou dos fosfagénios (AnAL) responsáveis pela dissociação e ressíntese de adenosina trifosfato (ATP) (Maglischo, 2003; Rodríguez & Mader, 2011; Pyne & Sharp, 2014). A ATP é a única fonte energética que pode ser utilizada para trabalho muscular (Maglischo, 2003; Rodríguez & Mader, 2011). O sistema AnAl é a via energética predominante durante poucos segundos (3 a 5 segundos em intensidades máximas). Neste tipo de esforços a ressíntese de ATP é realizada maioritariamente a partir do fosfato de creatina, sem recurso ao oxigénio, e com produção de lactato limitada (Rodríguez & Mader, 2011). O AnL prevê a conversão da glicólise em lactato, pelo que são necessários alguns segundos para atingir o máximo. Esta via repõe o ATP durante cerca de 1 minuto na potência máxima (Rodríguez & Mader, 2011). Por último, o sistema aeróbio recorre a oxigénio para a ressíntese de ATP e demora entre 40 segundos a 1,5 minutos para atingir a sua potência máxima (Rodríguez & Mader, 2011). Em sujeitos treinados, a produção máxima de energia através da via aeróbia pode ser mantida durante 5 a 7 minutos (Rodríguez & Mader, 2011). A intensidades submáximas a produção através desta via pode ser mantida por tempo quase indeterminado (Rodríguez & Mader, 2011).

Em provas curtas (50m e 100m) e de média distância (200m e 400m) o sistema anaeróbio assume um papel importante (Campos et al., 2017; Rodriguez & Mader, 2011). Contudo, a simultânea contribuição aeróbia também é significativa permitindo distinguir nadadores de elite (Peyrebrune et al., 2014). A contribuição aeróbia aumenta com o aumento da distância como é possível confirmar na tabela 5 (Campos et al., 2017; Kalva et al., 2015; Rodriguez & Mader; 2011).

Tabela 5. Contribuição em percentagem (%) das vias energéticas anaeróbia aláctica e láctica e aeróbia em provas de NPD D (retirado de Rodriguez & Mader (2010) sintetizando as propostas de vários autores).

Distância*	% Anaeróbio Aláctico	%Anaeróbio Láctico	%Aeróbio
50m	15 -80	2-80	2-26
100m	5-28	15-65	5-54
200m	2-30	25-65	5-65
400m	0-20	10-55	25-83
800m	0-5	25-30	65-83
1500m	0-10	15-20	78-90

*Dados de atletas masculinos em nado crol. Assume-se que a contribuição energética relativa é semelhante para atletas femininas.

A avaliação do VO_2 durante um esforço permite facilmente calcular a contribuição aeróbia já que o oxigénio é o principal regulador da produção energética desse sistema como previamente exposto (Campos et al., 2017; Maglischo, 2003). Já a contribuição total do sistema anaeróbio pode ser determinada pelo *method of accumulated oxygen deficit* (MAOD), não distinguindo os sistemas AnL e AnAL (Campos et al., 2017; Peyrebrune et al., 2014). Ciente que os três sistemas são preponderantes nos esforços em NPD, Campos et al. (2017) propuseram que a componente rápida Prescrição e controlo de treino de natação pura desportiva na zona de intensidade do limiar anaeróbio / Estudo I

de VO_2 pós-exercício representasse a contribuição AnAl e, através da concentração de lactato, procede-se à determinação da contribuição do sistema AnL.

Por outro lado, o consumo máximo de oxigénio ($\text{VO}_{2\text{máx}}$) é considerado um indicador importante do desempenho (Rodríguez, Chaverri, Iglesias, Schuller, & Hoffmann, 2017). Tradicionalmente na NPD recorre-se a testes incrementais por patamares para a determinação do $\text{VO}_{2\text{máx}}$ e à velocidade correspondente, $v\text{VO}_{2\text{máx}}$ (Rodríguez et al., 2017). O $\text{VO}_{2\text{máx}}$ correspondente à maior taxa à qual o oxigénio pode ser captado, transportado e utilizado pelo organismo durante o exercício físico (Rodríguez, Keskinen, Kusch, & Hoffmann, 2008). Outros autores referem o $\text{VO}_{2\text{peak}}$, valor médio mais elevado medido num período máximo de 30 segundos (Costa et al., 2013a; Rodríguez et al., 2017). Este está fortemente relacionado com o rendimento, sendo elucidativo da capacidade cardiorrespiratória do nadador (Rodríguez et al., 2017). A partir desses testes, é também possível identificar os limiares ventilatórios como base nas mudanças do padrão de ventilação, VO_2 e produção de dióxido de carbono (CO_2) (Dekerle et al., 2003). O primeiro limiar ventilatório ou adaptação ventilatória à produção de CO_2 (LV_1) corresponde ao primeiro aumento não linear de produção de CO_2 e aceleração da ventilação em resposta ao aumento de concentração de lactato acima de valores de repouso (Dekerle et al., 2003). Por sua vez, o segundo limiar ou ponto de compensação respiratório (LV_2) corresponde ao ponto de rutura na resposta ventilatória em função do aumento exponencial de lactato (Dekerle et al., 2003). Di Michele et al. (2012) e Ribeiro et al. (2015) evidenciam uma correlação entre o LV_2 e o limiar anaeróbio, podendo ser ainda designado como limiar anaeróbio ventilatório.

A determinação do VO_2 revela-se, assim, importante para uma prescrição de treino adequada e, como tal, foi necessário desenvolver instrumentos que possibilitassem a avaliação em piscina, fora do contexto laboratorial (Rodríguez et al., 2017; Baldari et al., 2013). Contudo, são ainda escassos os estudos que avaliam o consumo exato de oxigénio na piscina a velocidades atingidas em provas competitivas, e os próprios instrumentos tornam a recolha de dados pouco funcional para utilização recorrente em situação de treino (Greco et al., 2013; Lambert & Borresen, 2010; Rodríguez et al., 2017).

O analisador de gases portátil K4b2-Cosmed (Roma, Itália) é um instrumento válido que emparelhado a um *snorkel AquaTrainer* permite a medição *breath-by-breath* (BxB), determinando assim os parâmetros ventilatórios, sendo o seu uso recorrente nos estudos em análise (Baldari et al., 2013; Rodríguez et al., 2008). Contudo, apresenta várias limitações. Impede a realização de partidas do bloco, viragens e trajetos subaquáticos promovendo uma alteração no padrão biomecânico, bem como mudanças no padrão normal de respiração, influenciando, consequentemente, o custo energético (Barbosa et al., 2010; Campos et al., 2017). Uma alternativa mais ecológica é o método de retro extrapolação, utilizando para o devido efeito o mesmo analisador de gases portátil e colocando uma máscara para medição BxB no imediato final de cada repetição dos testes protocolares (Campos et al., 2017). Existem variações dentro do método. A

criação de regressões lineares através de medição BxB de 20 segundos e 30 segundos, apesar de poderem subestimar o valor de VO_{2peak} , são frequentes em vários estudos (Rodríguez et al., 2017). Baldari et al. (2013) sugerem a necessidade da realização de mais estudos para possibilitar a criação de linhas orientadoras de diagnóstico e prescrição de intensidade a treinadores e nadadores.

4.1.2. Lactatemia

O lactato é um indicador fisiológico com interesse reconhecido para monitorizar adaptações ao treino, intensidade das tarefas e na previsão do desempenho (Agaoglu et al., 2010; Fernandes et al., 2011; Pyne et al., 2001). A capacidade do nadador de atingir e manter níveis elevados de lactato tem uma influência positiva no desempenho (Psycharakis et al., 2008).

A determinação dos limiares metabólicos é uma prática comum no âmbito da avaliação e controlo do treino, permitindo otimizar a prescrição individual de zonas de intensidade de treino, pelo que importa esclarecer e definir o seu significado (Agaoglu et al., 2010; Di Michele et al., 2012; Faude, Kindermann, & Meyer, 2009; Fernandes et al., 2011; Pyne, Lee, & Swanwick, 2001).

O primeiro limiar, limiar láctico (LL), pode ser definido como o ponto que precede o momento de aumento significativo da concentração de lactato, acima dos valores de repouso (Faude, Kindermann, & Meyer, 2009; Greco et al., 2013; Ribeiro et al., 2015). Pode também ser denominado como o limiar aeróbio já que representa o limite da zona de treino exclusivamente aeróbia (Faude et al., 2009; Maglischo, 2003). Alguns autores defendem um valor fixo de 2 mmol.L^{-1} como representativo deste limiar (Bentley et al., 2007; Wallace et al., 2009).

O limiar anaeróbio (LAn) apresenta-se como o ponto de equilíbrio dinâmico máximo entre produção e remoção do lactato, correspondente a uma intensidade sem contribuição considerável do sistema anaeróbio (Faude et al., 2009; Fernandes et al., 2011; Maglischo, 2003). Por outras palavras, é o momento de rotura do equilíbrio existente entre remoção e metabolização do lactato pelo que marca a transição entre intensidades submáximas e máximas (Greco et al., 2013; Raposo, 2017).

O LL e LAn representam assim duas referências que permitem distinguir três zonas de intensidade de treino, (1) baixa antes do LL, (2) moderada a alta entre o LL e o LAn e (3) alta (máxima) após o LAn conforme o exposto na figura 1.

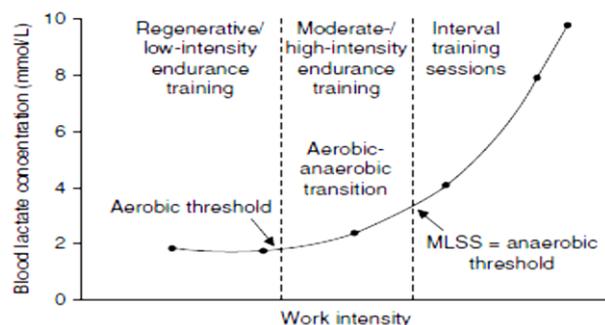


Figura 3. Configuração típica da curva La – carga, delimitando zonas de intensidade de treino (retirado de Faude et al., 2009).

Skorski et al. (2012) concluíram que, na maioria das unidades de treino (UT), a prescrição da intensidade através do LAn induziu a adaptações/respostas metabólicas desejadas. Não obstante e para o efeito, a correta determinação dos limiares é fundamental já que o espectro de zonas de intensidade associadas é reduzido (Greco et al., 2013).

Outros autores referem-se ao LAn como uma intensidade em *steady-state*, o Máximo Estado Estável de Lactato (MEEL) associado a exercícios de intensidade constante com duração entre 10 a 30min, em que a concentração de lactato não aumente mais do que 1.0mmol.L^{-1} (Dekerle et al., 2005; Faude et al., 2009; Greco et al., 2013; Pyne et al., 2001; Skorski et al., 2012). A partir deste ponto, verifica-se uma acumulação exponencial de lactato incrementando a participação do sistema anaeróbico na produção de energia (Di Michele et al., 2012; Faude et al., 2009). Machado et al. (2011) centraram-se na análise deste parâmetro, tendo concluído que o MEEL não sofreu alterações significativas após 12 semanas de treino. Contudo, os valores médios de lactato registados no teste protocolar diminuíram, indicando maior eficiência do sistema aeróbio.

Comumente há quem defenda uma associação do LAn a um valor fixo de lactato de 4mmol.L^{-1} , também designado por *Onset of blood lactate accumulation* (OBLA) (Bentley et al., 2007; Fernandes et al., 2011; Oliveira et al., 2012; Psycharakis et al., 2008; Ribeiro et al., 2015). Anderson et al. (2006), Costa et al. (2013a) e Costa et al. (2013b) consideram a velocidade correspondente a essa concentração (v_4) como um indicador de referência na monitorização da evolução do atleta em resposta ao treino prescrito. Contudo, são vários os autores que contestam a utilização deste valor argumentando grandes diferenças inter-individuais na resposta ao exercício (Oliveira et al., 2012). Efetivamente, no estudo de Di Michele et al. (2012) o LAn correspondeu a concentrações de lactato $3.9\pm 1.3\text{mmol.L}^{-1}$. Fernandes et al. (2011) e Ribeiro et al. (2015) determinam valores de lactato para LAn inferiores a 3mmol.L^{-1} . Assim, surgem vários métodos para determinação da intensidade correspondente ao LAn ou ao MEEL associados usualmente a testes progressivos que provoquem o aumento exponencial da concentração de lactato gerando curvas de acumulação de lactato, destacando-se o Limiar Anaeróbico Individual (LAnI) e o D-MAX

(Cheng, Kuipers, Snyder, Keizer, Jeukendrup, & Hesselink, 1992; Di Michele et al., 2012; Faude et al., 2009; Oliveira, Caputo, Lucas, Denadai, & Greco, 2012; Ribeiro et al., 2015).

O LANI, introduzido por Stegmann et al. (1981, *cit in* Faude et al., 2009), provém da monitorização da concentração de lactato durante um teste incremental e do período de recuperação passiva logo após o final do teste. Skorski et al. (2012) aplicam este método recolhendo valores de lactato no 1º, 3º, 5º, 7º e 10º minutos de recuperação pós teste. O LAN é assim identificado como o ponto de interseção entre a curva de acumulação de lactato resultante e uma tangente determinada através do último valor de lactato registado. Fernandes et al. (2011) recorrem a outra variante deste método, identificando o LAN como ponto de interseção das linhas das regressões linear e exponencial derivadas da curva de acumulação de lactato em resposta ao esforço incremental (Fernandes et al., 2011). Contudo, vários estudos apontam para a subestimação do LAN determinado pelo LANI (Oliveira et al., 2012).

Por outro lado, o D-MAX apresenta-se como um procedimento aceitável para a determinação do limiar anaeróbio (Bentley et al 2007; Cheng et al., 1992; Maglischo, 2003; Oliveira et al., 2012). Pode ser definido como o ponto mais distante entra a curva e uma reta definida pelos pontos extremos (valor inicial e final de concentração de lactato) de uma função curvilínea polinomial de 3º grau (Faude et al., 2009; Cheng et al., 1992). Este método não foi utilizado nos estudos sob análise, contudo Oliveira et al. (2012) cuja amostra incluía nadadores e triatletas recorreu a este método.

Um dos protocolos mais recorrentes na NPD para determinação dos limiares metabólicos é o teste progressivo 7x200m proposto por Pyne et al. (2001). A velocidade inicial determina-se retirando 30 segundos à melhor marca obtida aos 200m, com incremento de 5 segundos nos sucessivos patamares (Di Michele et al., 2012; Oliveira et al., 2012; Pyne et al., 2001). Uma das limitações deste teste é que o último patamar pode não corresponder a uma velocidade máxima devido a estado de fadiga e, como tal, sugere-se a diminuição do número de patamares (Psycharakis et al., 2008). Por outro lado, no estudo de Fernandes et al. (2011) foi comparado este teste progressivo, com protocolos 7x300m e 7x400m crol concluindo-se que o LAN e velocidade correspondente (vLAN) foram semelhantes nos protocolos 7x200m e 7x300m. Porém no teste 7x400m o valor de concentração de lactato no LAN foi inferior e nem todos os atletas conseguiram terminar o teste devido a exaustão, recomendando-se assim distâncias de 200m ou 300m na realização de testes progressivos. Nesse estudo, também foram efetuados testes contínuos para determinação do MEEL. Quando comparado com testes progressivos, verificou-se que a vLAN e velocidade no MEEL foram idênticas aos protocolos 7x200m e 7x300m. Contudo, os valores de lactato e FC registados foram superiores nos testes contínuos.

Nos estudos realizados por Costa et al. (2013a) e Costa et al. (2013b) é referido o conceito de La_{peak} que corresponde ao valor máximo de La no sangue. Este pode ser indicador da contribuição do sistema energético anaeróbio no desempenho (Anderson et al., 2008).

Por outro lado, para a coleta de dados recorre-se a métodos invasivos de colheita de sangue (Machado et al., 2011). Do ponto de vista metodológico, os resultados podem variar consoante o local da recolha, o tipo de amostra e o tratamento/análise da mesma (Faude et al., 2009). Por exemplo, as amostras de sangue colhidas na orelha resultam num valor de lactato registado inferior às colhidas nos dedos (Faude et al., 2009). Dado o carácter invasivo, começam a surgir novos métodos para estimar a intensidade equivalente ao LAN.

A velocidade crítica (VC) e potência crítica (PT) apresentam-se como métodos não invasivos de determinação de carga correspondentes ao MEEL (Dekerle et al., 2005). Matematicamente são definidos como intensidades que podem ser mantidas indefinidamente (Dekerle et al., 2005). Não obstante, os patamares e distâncias corretas para a sua determinação não são consensuais e no estudo de Dekerle et al. (2005) a VC não encontrou correspondência com a velocidade do MEEL.

4.1.3. Frequência Cardíaca

Verifica-se uma evolução da avaliação da frequência cardíaca (FC) na NPD desde a palpação da artéria carótida ou radial imediatamente após o esforço até a utilização de modernos e sofisticados dispositivos de telemetria. Contudo, estes dispositivos estão sujeitos a algumas interferências no seu bom funcionamento pelos constrangimentos impostos pelo meio aquático (Barroso et al., 2015). O registo da FC em resposta ao exercício, da frequência cardíaca submáxima ou da frequência cardíaca máxima ($FC_{máx}$), são indicadores fisiológicos de prática comum para controlo de intensidade durante o treino dado o carácter não invasivo e medição instantânea (Agaoglu et al., 2010; Maglischo, 2003; Wallace, Slattery, & Coutts, 2009). A frequência cardíaca submáxima parece ter uma relação quase linear com o VO_2 , pelo que a sua diminuição é indicativa de melhoria da capacidade aeróbia (Achten & Jeunkendrup, 2003; Maglischo, 2003). Contudo, esta relação apresenta diferenças inter-individuais que necessitam ser esclarecidas (Achten & Jeunkendrup, 2003). Por sua vez, a $FC_{máx}$ não é o melhor indicador para avaliação de melhorias na condição física, já que não tende a sofrer alterações significativas durante a época desportiva (Maglischo, 2003). Contudo, o registo de uma diminuição acentuada da mesma durante alguns dias pode ser um sinal de sobretreino (Maglischo, 2003).

Anderson et al. (2006) focam estes indicadores no estudo longitudinal com nadadores de alto nível, registam que a $FC_{máx}$ foi decrescendo ao longo do estudo com diferenças entre os sexos e grandes diferenças a nível individual nos valores de FC correspondentes a um valor fixo de concentração de lactato de 4 mmol.L^{-1} .

A frequência cardíaca de repouso e a frequência cardíaca de recuperação permitem o controlo da recuperação (Maglischo, 2003). Podemos associar uma frequência cardíaca de repouso baixa a uma resposta cardíaca eficiente e económica (Agaoglu et al., 2010). O tempo necessário

Prescrição e controlo de treino de natação pura desportiva na zona de intensidade do limiar anaeróbio / Estudo I

para voltar a frequências cardíacas de repouso, frequência cardíaca de recuperação, é considerado um bom parâmetro para avaliação de adaptação ao treino indicativo da capacidade aeróbia (Maglischo, 2003). Quanto mais rápida a recuperação e estabilização da FC após exercício, melhor a capacidade aeróbia (Maglischo, 2003).

No entanto, recorrer somente à FC como indicador de intensidade apresenta as suas limitações já que esta é influenciada por inúmeros fatores, nomeadamente ambientais, outros parâmetros fisiológicos e ou psicológicos (Lambert & Borreson, 2010).

O Training Impulse (TRIMP) apresenta-se como um método criado para quantificar a intensidade de treino com base na FC através da duração do exercício, FC durante o exercício, FC de repouso e $FC_{máx}$ (Barroso et al., 2015; Lambert & Borreson, 2010). Wallace et al. (2009) concluem uma relação positiva entre TRIMP e zonas de treino definidas através de limiares metabólicos. Não obstante, continuam a existir várias questões associadas à precisão deste método, nomeadamente no que concerne às limitações supra identificadas da FC como indicador de intensidade ou com possíveis falhas técnicas na constância da recolha de dados (Lambert & Borreson, 2010).

Estudos recentes focam a variabilidade da frequência cardíaca (VFC) como instrumento de avaliação da carga de treino (Agaoglu et al., 2010). A VFC representa a variação do tempo entre batimentos cardíacos consecutivos (R-R) e pode ser analisada em dois domínios, tempo e/ou frequência (Achten & Jeukendrup, 2003). A VFC é modulada pela atividade dos sistemas simpático e parassimpático do sistema nervoso autónomo (Aubert, Steps, & Beckers, 2003). O sistema simpático promove o aumento da FC e o parassimpático promove a resposta oposta (Aubert et al, 2003). No estudo de Atlaoui et al. (2007) concluíram que uma elevada atividade autónoma e parassimpática durante períodos de *taper* (período do treino que precede a competição) pode ser determinante para o desempenho.

No estudo de Di Micheli et al. (2012) com base na relação entre ritmo cardíaco e respiratório, determinam o LAN recorrendo à VFC e considerando o domínio da frequência, nomeadamente a potência das altas-frequências (10 Hz). A relação velocidade com potência espectral da alta frequência da VFC e a fração de potência de alta frequência relativa ao ritmo respiratório permite identificar o LAN que corresponde ao ponto de início de aumento exponencial de FC que ocorre à maior velocidade.

4.2. Perceção de Esforço

A perceção de esforço pode ser definida como a intensidade subjetiva do esforço, desconforto, tensão e fadiga experienciada durante a prática desportiva (Psycharakis, 2011). O método *Rate of Perceived Exertion* (RPE) prevê a atribuição de um valor subjetivo face à intensidade do treino (Wallace et al., 2009). Assim, pode indicar o stresse fisiológico do nadador. Dentro do universo das Prescrição e controlo de treino de natação pura desportiva na zona de intensidade do limiar anaeróbio / Estudo I

escalas disponíveis, existem duas mais utilizadas: (1) a *Category Ratio Scale* de 0 a 10 (Borg CR-10) e (2) a escala linear de 6 a 20 (Borg 6-20) (Nogueira et al., 2016; Wallace et al., 2009; Psycharakis, 2011).

Um método derivado, a *session-RPE* (S-RPE), permite aos treinadores monitorizar em tempo útil as adaptações ao processo de treino e ajustar objetivos e prescrição adequada (Barroso et al., 2015; Psycharakis, 2011; Toubekis et al., 2013; Wallace et al., 2009). A S-RPE é determinada através do produto dos valores de RPE registados em treino através da escala de Borg CR-10 pela duração dos exercícios ou número de repetições (Lambert et al., 2010). Este processo pretende substituir a FC como indicador de intensidade no conceito de TRIMP por Banister (Barroso et al., 2015). A limitação deste método prende-se com a influência subjacente aos fatores de carga externa de treino (Barroso et al., 2015). No estudo de Nogueira et al. (2016) os valores mais elevados de S-RPE corresponderam a treinos de grandes volumes e baixas intensidades. Contudo, no estudo por Wallace et al. (2009) verificou-se uma correlação entre S-RPE e zonas de intensidade definidas por limiares metabólicos. De salientar que, nesse mesmo estudo, o RPE de treinadores foi diferente dos nadadores relativamente aos mesmos exercícios. Nas intensidades baixas os treinadores apresentavam valores de RPE mais baixos e, contrariamente, em intensidades altas tinham RPE mais elevadas.

Nos estudos em análise também foram encontrados outros instrumentos para avaliação psicológica. O teste psicométrico Perfil de Estados de Humor (*Profile of Mood States* - POMS) com base nos seis fatores tensão, depressão, hostilidade, vigor, fadiga e confusão e o questionário de perceção subjetiva de carga, NASA-TLX, com 6 subescalas que definem diferentes dimensões da tarefa, exigência mental, exigência física, desempenho, tempo despendido, esforço e frustração (Santhiago et al., 2011; Schnitzler et al., 2009).

4.3. Custo Energético

A avaliação energética do desempenho facilita a prescrição de treino (Costa et al., 2013b). Na natação, o custo energético (C) é um parâmetro determinante para o rendimento e está associado com a totalidade do trabalho mecânico (W_{tot}) e a eficiência geral (Π) que se pode traduzir na equação:

$$C = \Pi \cdot W_{tot} \quad \text{Equação 1}$$

onde W_{tot} em $J \cdot m^{-1}$ (Zamparo et al., 2005; Zamparo, Capelli, & Pendergast, 2011).

Assim, a eficiência geral e a habilidade técnica afetam fortemente o custo energético a uma determinada velocidade (Barbosa et al., 2008). Entenda-se por habilidade técnica a eficiência propulsiva e a capacidade de superar o arrasto (Barbosa et al., 2008).

A eficiência propulsiva (η_p) pode ser definida pelo ratio:

$$\eta_p = \frac{W_d}{W_{tot}} \quad \text{Equação 2}$$

onde W_d corresponde ao trabalho mecânico para superar o arrasto (Zamparo et al., 2005; Zamparo et al., 2011).

Zamparo, Pendergast, Mollendorf, Termin, e Minetti (2005, cit in Costa et al., 2013b) tendo por base que há uma relação entre eficiência propulsiva e frequência gestual (FG), propõem a determinação da eficiência propulsiva (η_p) através da equação:

$$\eta_p = \left(\frac{v \cdot 0.9}{2\pi \cdot FG \cdot l} \right) \cdot \frac{2}{\pi} \quad \text{Equação 3}$$

na qual v é a velocidade média de nado em $\text{m}\cdot\text{seg}^{-1}$ FG é a frequência gestual em Hz e l corresponde ao comprimento do MS em cm.

Segundo Zamparo et al. (2005), as equações 1 e 2 podem ainda ser combinadas, determinando-se o custo energético através da equação:

$$C = \frac{\eta \cdot W_d}{\eta_p} \quad \text{Equação 4}$$

onde η é a eficiência geral, W_d corresponde ao trabalho mecânico para superar o arrasto e η_p é a eficiência propulsiva.

A nível fisiológico, o custo energético traduz-se pela relação entre o trabalho metabólico (energia despendida) e o trabalho mecânico identificado com a velocidade de nado (Zamparo et al., 2005; Sousa et al., 2014). Em intensidades submáximas por unidade de distância pode ser definido pela razão entre a energia metabólica despendida (\dot{E}) pela velocidade média de nado (v), representado pela equação:

$$C = \dot{E} \cdot v^{-1} \quad \text{Equação 5}$$

onde \dot{E} em $\text{KJ}\cdot\text{s}^{-1}$ e v em $\text{m}\cdot\text{seg}^{-1}$ (Zamparo et al., 2011).

Em velocidades correspondentes a intensidades submáximas, o \dot{E} corresponde ao valor de VO_2 , já que a contribuição anaeróbia é muito baixa (Zamparo et al., 2011). Em intensidades máximas, dada a elevação do contributo do sistema anaeróbio, o valor de concentração de lactato é necessário para determinar a \dot{E} que é assim assumida como energia total despendida (\dot{E}_{tot}) (Barbosa et al., 2008; Zamparo et al., 2011). Costa et al. (2013a) realçam que o treino aeróbio e anaeróbio eficaz está na base da melhoria da \dot{E}_{tot} , não sendo obrigatoriamente acompanhado por melhorias significativas nas velocidades correspondentes ao La_{peak} e VO_{2peak} (vLa_{peak} e $v\text{VO}_{2peak}$).

O dispêndio energético nas técnicas de nado mariposa e bruços é quase o dobro do que costas ou crol (Pyne & Sharp, 2014). No estudo de Kristin et al. (2017) conclui-se que a braçada é responsável por $\approx 45\%$ do custo energético na técnica de crol e a prescrição de tarefas com o objetivo de diminuir o custo metabólico da pernada resulta numa maior disponibilidade de energia para os membros superiores (MS) produzirem mais força propulsiva. Não obstante, no estudo de Morris et al. (2016) apenas se registou uma ligeira diferença no custo energético em nadadores masculinos ao comparar tarefas de nado realizando somente braçada com o recurso à técnica Prescrição e controlo de treino de natação pura desportiva na zona de intensidade do limiar anaeróbio / Estudo I

completa. Consequentemente os treinadores devem ter estes resultados em consideração quando prescrevem tarefas com o objetivo de diminuir o custo energético só com realização de braçada (Morris et al., 2016).

O objetivo da NPD é percorrer uma determinada distância no menor tempo possível (Barbosa et al., 2008). Assim, a velocidade é o melhor indicador do rendimento (Barbosa et al., 2008). A velocidade média de nado (v) resulta da frequência gestual (FG) e da distância de ciclo (DC) (Dekerle et al., 2005; Ribeiro et al., 2017; Schnitzler et al., 2014). Os nadadores atingem a velocidade máxima aumentando a FG até um nível ótimo e, consequentemente, diminuindo a DC (Psycharakis et al., 2008).

A FG pode ser definida como o número de braçadas completas realizadas num determinado período de tempo, podendo ser apresentada em ciclos/minuto ou ciclos/segundo (Hertz - Hz) (Barbosa et al., 2008; Psycharakis et al., 2008).

Por sua vez, a DC pode ser definida como a distância que o corpo percorre para realizar um ciclo de braçada completo (Barbosa et al., 2008). Craig e Pendergast (1979, *cit in* Barbosa et al., 2008) definem a seguinte fórmula para o seu cálculo:

$$DC = v / FG \quad \text{Equação 6}$$

onde a v em $m.seg^{-1}$ e a FG em Hz ($ciclos.seg^{-1}$).

A DC discrimina os nadadores mais rápidos sendo por isso um indicador de nível técnico e de eficiência (Schnitzler et al., 2014). As variações na DC são acompanhadas pelo aumento da La, diminuindo em intensidades acima do LAn (Dekerle et al., 2005). Costa et al. (2013b) concluem que a melhoria no desempenho está fortemente associada à melhoria da FG e DC.

Barbosa et al. (2008) verificaram por sua vez que o aumento da v apresenta uma correlação com o aumento da FG e diminuição da DC, induzindo um maior custo energético. Consequentemente, aprendendo a manipular e otimizar a FG e a DC, os nadadores poderão atingir uma determinada velocidade com um custo energético inferior. Estes dados foram corroborados por Zamparo et al. (2005) acrescentando que a redução da velocidade no estado de fadiga é uma estratégia eficaz para diminuir o custo energético e restaurar os valores de FG e DC análogas a situações de ausência de fadiga.

Um outro parâmetro de grande relevância para verificar eficiência da técnica é o índice de nado (IN), relacionando a v e a DC de acordo com a equação proposta por Costil et al. (1985, *cit in* Komar et al., 2012; Zamparo et al., 2011):

$$IN = v \cdot DC \quad \text{Equação 7}$$

onde v $m.s^{-1}$ e DC em $m.ciclos^{-1}$.

Assim, a uma determinada v , o nadador com maior DC, é o mais eficiente. No estudo de Komar et al. (2012) pode-se verificar que o aumento do custo energético está relacionado com o aumento do IN e da FG e diminuição da DC.

A eficiência técnica e, conseqüentemente o custo energético, podem ser ainda afetados por mudanças na coordenação motora já que a fadiga provoca alterações e adaptações a nível técnico (Komar et al., 2012). Assim, sugere-se a determinação do índice de coordenação (IdC) (Schnitzler et al., 2014). Na técnica de crol, o IdC representa a relação temporal entre o início e o final das ações propulsivas dos MS, em valores percentuais (Schnitzler et al., 2014). Para o efeito, avalia-se inicialmente cada braçada considerando quatro fases, entrada e agarre, *pull* (primeira fase da ação propulsiva), *push* (segunda fase da ação propulsiva) e recuperação (Komar et al., 2012; Schnitzler et al., 2014). Posteriormente verifica-se a diferença temporal entre as fases propulsivas das braçadas tendo em conta os modelos de coordenação existentes. Assim, um IdC negativo ($\text{IdC} < 0\%$) corresponde a *catch-up*, verificando-se um intervalo de tempo entre as fases propulsivas das braçadas (Komar et al., 2012; Ribeiro et al., 2017). Quando a fase propulsiva de um MS inicia aquando o término do outro, o IdC é nulo ($\text{IdC} = 0\%$), refletindo o modelo oposição (Komar et al., 2012; Ribeiro et al., 2017). Perante um valor positivo de IdC ($\text{IdC} > 0\%$), resultante de fases propulsivas sobrepostas, identifica-se o modelo de sobreposição (Komar et al., 2012; Ribeiro et al., 2017).

Os melhores nadadores têm IdC superiores para a mesma velocidade relativa (determinada a partir da melhor marca pessoal) (Schnitzler et al., 2014). Por outro lado, um valor alto de IdC não é indicativo de elevada produção de força propulsiva (Schnitzler et al., 2014). Quando em estado de fadiga os nadadores tendem a aumentar o IdC e a duração da fase propulsiva para compensar a diminuição na capacidade de produzir força (Schnitzler et al., 2014). No estudo de Ribeiro et al. (2017) o IdC apresenta-se como um fraco indicador de alteração de intensidade.

4.4. Multidimensional

A análise multidimensional prevista em diferentes artigos engloba os parâmetros aos níveis fisiológico, biomecânico e psicológico já previamente descritos e objetivam, de forma geral, avaliação das adaptações induzidas pelo treino.

O treino desportivo tem como objetivo máximo alterações morfológicas, metabólicas e funcionais para melhoria do rendimento (Barroso et al., 2015). A avaliação dessas dimensões e do nível psicológico permite a monitorização das adaptações provocadas durante o processo pelo que é de extrema importância (Anderson et al., 2006; Nogueira et al., 2016). Schnitzler et al. (2014) focam os primeiros quatro meses da época desportiva, verificando que não houve diferenças significativas nos valores de lactato, FC e POMS. A melhoria na velocidade está associada ao aumento da DC e diminuição do IN, realçando o papel preponderante do treino aeróbio no desenvolvimento da força propulsiva. Santhiago et al. (2010) verificaram que a capacidade aeróbia não sofreu melhorias significativas ao longo de catorze semanas de treino e que em períodos de

treino de menor volume e maior intensidade resulta numa redução da pontuação positiva no POMS. Estes resultados são assim pertinentes para otimização da objetivação e prescrição do treino.

Existem vários modelos de periodização de treino, sendo da responsabilidade do treinador escolher o que julga mais adequado. Raposo (2017) define periodização de treino como um processo sistemático de estruturação da época desportiva em ciclos de diferentes durações e desenhos, objetivando a melhoria do desempenho, um estado de treino consistente e maximização do potencial para atingir o melhor rendimento na competição principal. Maglischo (2003) propõe diferentes modelos de periodização face ao nível e especialidade do nadador. Já Sweetenham e Atkinson (2003) recomendam de modo geral a periodização tradicional. No estudo de Clemente-Suárez et al. (2017) foram comparados os modelos de periodização tradicional com o de periodização inversa durante dez semanas. Registaram melhorias da percentagem de contribuição anaeróbia e aeróbia e no custo energético em velocidades submáximas em ambos os modelos, sendo que foram superiores no modelo de periodização tradicional corroborando o proposto por Sweetenham e Atkinson (2003). Em intensidades máximas correspondentes ao $VO_{2máx}$, nenhum dos modelos evidenciou influenciar a melhoria na contribuição anaeróbia e aeróbia, nem no custo energético.

A organização do processo de treino é assim feita com base em ciclos de duração variável (Raposo, 2017). Os macrociclos que representam a base estrutural de ciclos de longa duração (meses), os mesociclos que definem objetivamente um conjunto de várias semanas e os microciclos que correspondem a um conjunto de unidades de treino, em média uma semana de treino (Raposo, 2017). Tradicionalmente, os macrociclos dividem-se em períodos preparatório, competitivo e de transição (Raposo, 2017). Por sua vez, os mesociclos, quando relacionados com momentos específicos de uma época desportiva, podem ser classificados como controlo e preparação, pré-competitivo e intermédio de recuperação ou regeneração (Raposo, 2017). Neste âmbito, foram dois os estudos encontrados que focaram a importância do período de *taper*, etapa de preparação direta para competições. No estudo longitudinal de Anerson et al. (2008), os resultados dos testes realizados durante os *tapers* foram os melhores preditores de desempenho. Ademais, para atletas femininas os melhores indicadores foram a FG, velocidade correspondente ao valor fixo de concentração de lactato 4mmol.L^{-1} (v_4) e a velocidade máxima aos 200m. Para os atletas masculinos o La_{peak} e a FG correspondente a v_4 . Os indicadores podem ser reflexo das diferenças entre sexos e conseqüente influência nas respostas ao treino. No estudo de Kilen et al. (2014) 12 semanas de treino foram ineficazes para produzir diferenças significativas a nível fisiológico e biomecânico, o que sugere uma melhoria na prescrição do *taper* e realça a importância da realização de protocolos de avaliação e controlo de treino.

Por outro lado, a definição da carga e prescrição de zonas de intensidade de treino é fundamental. Contudo, não existe uma definição/caracterização universal das zonas de intensidade de treino na NPD. A título exemplificativo, nos estudos sob análise, Skorski et al. (2012) baseiam-

Prescrição e controlo de treino de natação pura desportiva na zona de intensidade do limiar anaeróbio / Estudo I

se em zonas de intensidade diferentes das consideradas por Clemente-Suárez et al. (2017). Usualmente, as zonas de intensidade de treino têm por base a melhor marca individual, a $FC_{máx}$ ou o VO_{2peak} (Skorski et al., 2012). Porém, estes parâmetros apresentam as suas limitações, (1) a necessidade de determinar os mesmos pode ser influenciada pela motivação, (2) as variações durante a época da melhor marca ou mesmo (3) as diferenças metabólicas a nível individual (Skorski et al., 2012).

Um dos autores mais recorrentes para planificação e prescrição de treino em NPD é Maglischo (2003). As zonas de intensidade que define para treino de resistência foram as aceites no estudo de Skorski et al. (2012) e encontram-se sucintamente descritas na tabela 6. Nesse estudo, os valores encontrados de lactato vão de encontro aos intervalos estipulados para as diferentes zonas de treino por Maglischo (2003), apesar de reconhecerem algumas limitações metodológicas na recolha de lactato.

Tabela 6. Zonas de treino de resistência em NPD definidas por Maglischo (2003).

Zona / Objetivo	Distância (m)	Duração (min)	Lactato (mmol.L⁻¹)	Frequência Cardíaca (bpm)	Perceção de Esforço (6-20)
Resistência 1 (A1) Limiar Aeróbio – Limiar Anaeróbio	>2000	>15	>1-3	120 – 150 30-60 da FC máx.	12 - 14
Resistência 2 (A2) Limiar de resistência (Limiar Anaeróbio)	2000 - 4000	25 - 45	3 – 5	10-20 da FC máx.	15 - 16
Resistência 3 (A3) Sobretreino Resistência	1200 - 2000	15 - 20	6 – 10	Máxima	17 - 20

Sweetenham e Atkinson (2003) são outros autores reconhecidos que propõem diferentemente 3 zonas de treino, sendo que a zona 1 se encontra subdividida por sua vez em 3 zonas como exposto na tabela 7.

Tabela 7. Zonas de treino de resistência em NPD de acordo com Sweetenham e Atkinson (2003).

Zonas de treino		Objetivo	Velocidade	Frequência Cardíaca (bpm)
Zona 1 Aeróbia	Intensidade baixa (A1)	Recuperação (complementa treino anaeróbio de velocidade máxima)	1/2 da melhor marca aos 200m + 20 seg	50-70 da FCmáx
	Manutenção aeróbia (A2)	Manutenção	1/2 da melhor marca aos 200m + 15 seg	40-50 da FCmáx
	Desenvolvimento aeróbio (A3)	Aumento da capacidade aeróbia	1/2 da melhor marca aos 200m + 10 a 15 seg	30-40 da FCmáx
Zona 2 - Limiar Anaeróbio		Limiar Anaeróbio	1/2 da melhor marca aos 200m + 7 a 10 seg	20-30 da FCmáx
		Velocidade Critica	3-4% da melhor marca aos 400m ou 8% da melhor marca aos 200m	10-20 da FCmáx
Zona 3 – Resistência de Alta Intensidade		Produção elevada de lactato	Velocidade crítica	Masculino 15-20 da FCmáx Feminino 10-15 da FCmáx
		VO2máx	1/2 da melhor marca aos 200m + 4 a 7 seg	10 da FCmáx ou FCmáx

Recentemente, Raposo (2017) apresenta 5 zonas de treino de resistência explanadas na tabela 8.

Tabela 8. Caracterização das zonas de treino de resistência de acordo com Raposo (2017).

Zonas de Treino	% da melhor marca pessoal	Frequência Cardíaca (pls./min.)	Nível de lactato (mMI)	Objetivo	Duração Total do Esforço (min.)
Zona 1	Inferior a 75	≥130	≥ 2	Recuperação	Sem limite
Zona 2	75 - 82	130 – 150	2 - 3,5	Capacidade Aeróbia geral	30 - 60
Zona 3	82 - 88	150 – 165	3,5 - 5,5	Limiar Anaeróbio	20 - 30
Zona 4	82 - 88	165 – 180	5,5 - 7,5	Resistência mista (aeróbia/anaeróbia)	6 - 20
Zona 5	96 - 100	180 – 190	8 – 11	Resistência mista (aeróbia/anaeróbia)	3 - 6

O treino é, maioritariamente, caracterizado pelos indicadores de carga externa que determinam a eficiência do mesmo (Faude et al., 2008). O volume de treino é muito elevado e realizado em intensidades baixas quando comparado com o tempo relativamente curto das provas de NPD (Clemente-Suárez & ArroyoToledo, 2017; Faude et al., 2008). Atualmente têm sido propostos treinos de alta intensidade e menor volume, *high intensity interval training* (HIIT). No estudo de

Prescrição e controlo de treino de natação pura desportiva na zona de intensidade do limiar anaeróbio / Estudo I

Clemente-Suárez e ArroyoToledo (2017), o HIIT revelou-se eficiente na melhoria de índices fisiológicos e sugerem que seja a base da periodização do treino. Quando comparados os dois tipos de treino, parecem induzir resultados semelhantes pelo que se reforça a aplicação de HIIT para otimização da gestão de tempo de treino (Faude et al., 2008; Kilen et al., 2014).

Ciente de que diferentes fatores afetam o desempenho do atleta, a avaliação multidimensional justifica-se. Foram vários os estudos que utilizando diferentes protocolos tentam explicar a relação entre diversos parâmetros. Schnitzler et al. (2009) realizaram 3 testes com distâncias distintas para a avaliação dos nadadores tendo em conta parâmetros fisiológicos, biomecânicos e perceptivos indicadores do stresse. Os parâmetros biomecânicos foram semelhantes em todos os testes. Já os fisiológicos e perceptivos mostraram um aumento face com o incremento da distância usada no teste. Psycharakis et al. (2008) reforçam uma correlação entre FG e DC com o valor de concentração de lactato antes do LAn. Por sua vez, Ribeiro et al. (2017) verificam a não existência de associação entre FG, DC e Δp entre velocidades sub-máximas e máximas, concluindo que estes parâmetros conjuntamente com IdC e \dot{E} não discriminam nadadores de elevado rendimento. Scruton et al. (2015) evidenciaram o cuidado a ter no controlo da velocidade na aplicação de testes desta natureza já que a gestão do esforço é determinada pela experiência dos atletas.

5. Conclusão

Prescrever a carga de treino mais eficaz em função dos objetivos em cada momento é um dos problemas mais comuns enfrentado pelos treinadores (Agaoglu et al., 2010). Assim, são experimentados protocolos de avaliação para detetar o nível de adaptação do atleta (Agaoglu et al., 2010). Pelo exposto, recomenda-se avaliação fisiológica, psicológica e energética para obter uma análise multidimensional e precisa.

A avaliação dos parâmetros fisiológicos / metabólicos La e VO_2 associa-se a custos técnicos avultados e dispêndio de tempo para medição e confirmação. Contudo, a sua importância para prescrição de intensidade de treino foi explanada e devidamente comprovada. Por sua vez, a FC pode ser facilmente utilizada em situações de treino, mas dadas as limitações supracitadas, não é de todo o melhor instrumento. Por outro lado, a RPE apresenta-se como um instrumento de baixo custo, prático e fácil utilização para monitorização contínua do treino.

O custo energético está associado a eficiência propulsiva e metabólica, sendo um indicador privilegiado da condição física e desempenho do atleta, dentro de um quadro de avaliação periódica para garantir o máximo rendimento.

6. Referências bibliográficas

- Achten, J., & Jeukendrup, A. (2003). Heart rate monitoring. *Sports Medicine*, 33(7), 517-538.
- Agaoglu, S., Tasmektepligil, M., Atan, T., Tutkun, E., & Hazar, F. (2010). Effects of two months training on blood lactate levels in adolescent swimmers. *Biology of Sport*, 27(2), 135-141. doi: 10.5604/20831862.913081
- Anderson, M., Hopkins, W., Roberts, A., & Pyne, D. (2006). Monitoring seasonal and long-term changes in test performance in elite swimmers. *European Journal of Sport Science*, 6(3), 145-154. doi: 10.1080/17461390500529574
- Anderson, M., Hopkins, W., Roberts, A., & Pyne, D. (2008). Ability of test measures to predict competitive performance in elite swimmers. *Journal of Sports Sciences*, 26(2), 123-130. doi: 10.1080/02640410701348669
- Atlaoui, D., Pichot, V., Lacoste, L., Barale, F., Lacour, J., & Chatard, J. (2007). Heart rate variability, training variation and performance in elite swimmers. *International Journal of Sports Medicine*, 28(5), 394-400. doi: 10.1055/s-2006-924490
- Aubert, A., Seps, B., & Beckers, F. (2003). Heart rate variability in athletes. *Sports Medicine*, 33(12), 889-919. doi: 10.2165/00007256-200333120-00003
- Baldari, C., Fernandes, R., Meucci, M., Ribeiro, J., Vilas-Boas, J., & Guidetti, L. (2013). Is the new AquaTrainer snorkel valid for VO₂ assessment in swimming? *International Journal of Sports Medicine*, 34(4), 336-344. doi: 10.1055/s-0032-1321804
- Barbosa, T., Fernandes, R., Keskinen, K., & Vilas-Boas, J. (2008). The influence of stroke mechanics into energy cost of elite swimmers. *European Journal of Applied Physiology*, 103(2), 139-149. doi: 10.1007/s00421-008-0676-z
- Barroso, R., Salgueiro, D., do Carmo, E., & Nakamura, F. (2015). The Effects of Training Volume and Repetition Distance on Session Rating of Perceived Exertion and Internal Load in Swimmers. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(7), 848-852. doi: 10.1123/ijsp.2014-0410
- Bentley, D., Newell, J., & Bishop, D. (2007). Incremental exercise test design and analysis: implications for performance diagnostics in endurance athletes. *Sports Medicine*, 37(7), 575-586. doi: 10.2165/00007256-200737070-00002
- Bentley, D., Roels, B., Hellard, P., Fauquet, C., Libicz, S., & Millet, G. (2005). Physiological responses during submaximal interval swimming training: effects of interval duration. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 8(4), 392-402. doi: 10.1016/s1440-2440(05)80054-4
- Prescrição e controlo de treino de natação pura desportiva na zona de intensidade do limiar anaeróbio / Estudo I

- Campos, E., Kalva, C., Gobbi, R., Barbieri, R., Almeida, N., & Papoti, M. (2017). Anaerobic Contribution Determined in Swimming Distances: Relation with Performance. *Frontiers in Physiology*, 8. doi: 10.3389/fphys.2017.00755
- Cheng, B., Kuipers, H., Snyder, A., Keizer, H., 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. doi: 10.1055/s-2007-1021309
- Clemente-Suarez, V., & Arroyo-Toledo, J. (2017). Use of Biotechnology Devices to Analyse Fatigue Process in Swimming Training. *Journal of Medical Systems*, 41(6), 94. doi: 10.1007/s10916-017-0741-4
- Clemente-Suárez, V., Dalamitros, A., Ribeiro, J., Sousa, A., Fernandes, R., & Vilas-Boas, J. (2017). The effects of two different swimming training periodization on physiological parameters at various exercise intensities. *European Journal of Sport Science*, 17(4), 425-432. doi: 10.1080/17461391.2016.1253775
- Costa, M., Bragada, J., Marinho, D., Lopes, V., Silva, A., & Barbosa, T. (2013b). Longitudinal Study in Male Swimmers: A Hierarchical Modeling of Energetics and Biomechanical Contributions for Performance. *Journal of Sports Science & Medicine*, 12(4), 614-622.
- Costa, M., Bragada, J., Meijas, J., Louro, H., Marinho, D., Silva, A., & Barbosa, T. (2013a). Effects of Swim Training on Energetics and Performance. *International Journal of Sports Medicine*, 34(6), 507-513. doi: 10.1055/s-0032-1327573
- Dekerle, J., Baron, B., Dupont, L., Vanvelcenaher, J., & Pelayo, P. (2003). Maximal lactate steady state, respiratory compensation threshold and critical power. *European Journal of Applied Physiology*, 89(3-4), 281-288. doi: 10.1007/s00421-002-0786-y
- Dekerle, J., Nesi, X., Lefevre, T., Depretz, S., Sidney, M., Marchand, F., & Pelayo, P. (2005). Stroking parameters in front crawl swimming and maximal lactate steady state speed. *International Journal of Sports Medicine*, 26(1), 53-58. doi: 10.1055/s-2004-817854
- Di Michele, R., Gatta, G., Di Leo, A., Cortesi, M., Andina, F., Tam, E., Merni, F. (2012). Estimation of the anaerobic threshold from heart rate variability in an incremental swimming test. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(11), 3059-3066. doi: 10.1519/JSC.0b013e318245bde1
- Faude, O., Kindermann, W., & Meyer, T. (2009). Lactate threshold concepts: how valid are they? *Sports Medicine*, 39(6), 469-490. doi: 10.2165/00007256-200939060-00003
- Faude, O., Meyer, T., Scharhag, J., Weins, F., Urhausen, A., & Kindermann, W. (2008). Volume vs. Intensity in the Training of Competitive Swimmers. *International Journal of Sports Medicine*, 29(11), 906-912. doi: 10.1055/s-2008-1038377
- Fernandes, R., Sousa, M., Machado, L., & Vilas-Boas, J. (2011). Step Length and Individual Anaerobic Threshold Assessment in Swimming. *International Journal of Sports Medicine*, 32(12), 940-946. doi: 10.1055/s-0031-1283189

- Greco, C., Oliveira, M., Caputo, F., Denadai, B., & Dekerle, J. (2013). How narrow is the spectrum of submaximal speeds in swimming? *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(5), 1450-1454. doi: 10.1519/JSC.0b013e318265a6ce
- Kalva, C., Campos, E., Andrade, V., Silva, A., Zagatto, A., Lima, M., & Papoti, M. (2015). Relationship of aerobic and anaerobic parameters with 400 m front crawl swimming performance. *Biology of Sport*, 32(4), 333-337. doi: 10.5604/20831862.1188611
- Kilen, A., Larsson, T., Jorgensen, M., Johansen, L., Jorgensen, S., & Nordsborg, N. (2014). Effects of 12 weeks high-intensity & reduced-volume training in elite athletes. *Plos One*, 9(4), e95025. doi: 10.1371/journal.pone.0095025
- Komar, J., Leprêtre, P., Albery, M., Vantorre, J., Fernandes, R., Hellard, P., Seifert, L. (2012). Effect of increasing energy cost on arm coordination in elite sprint swimmers. *Human Movement Science*, 31(3), 620-629. doi: 10.1016/j.humov.2011.07.011
- Kristin, M., Osborne, M., Shephard, M., Jenkins, D., & Skinner, T. (2017). Velocity, Oxygen Uptake, and Metabolic Cost of Pull, Kick, and Whole-Body Swimming. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(8), 1046-1051. doi: 10.1123/ijsp.2016-0322
- Lambert, M., & Borresen, J. (2010). Measuring Training Load in Sports. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 5(3), 406-411. doi: 10.1123/ijsp.5.3.406
- Machado, M., Junior, O., Marques, A., Colantonio, E., Cyrino, E., & De Mello, M. (2011). Effect of 12 weeks of training on critical velocity and maximal lactate steady state in swimmers. *European Journal of Sport Science*, 11(3), 165-170. doi: 10.1080/17461391.2010.499973
- Maglischo, E. (2003). *Swimming Fastest*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Morris, K., Osborne, M., Shephard, M., Skinner, T., & Jenkins, D. (2016). Velocity, aerobic power and metabolic cost of whole body and arms only front crawl swimming at various stroke rates. *European Journal of Applied Physiology*, 116(5), 1075-1085. doi: 10.1007/s00421-016-3372-4
- Nogueira, F., Freitas, V., Miloski, B., Cordeiro, A., Werneck, F., Nakamura, F., & Bara-Filho, M. (2016). Relationship Between Training Volume and Ratings of Perceived Exertion in Swimmers. *Perceptual & Motor Skills*, 122(1), 319-335. doi: 10.1177/0031512516629272
- Oliveira, M., Caputo, F., Lucas, R., Denadai, B., & Greco, C. (2012). Physiological and Stroke Parameters to Assess Aerobic Capacity in Swimming. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 7(3), 218-223. doi: 10.1123/ijsp.7.3.218
- Peyrebrune, M., Toubekis, A., Lakomy, H., & Nevill, M. (2014). Estimating the energy contribution during single and repeated sprint swimming. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 24(2), 369-376. doi: 10.1111/j.1600-0838.2012.01517.

- Psycharakis, S., Cooke, C., Paradisis, G., O'Hara, J., & Phillips, G. (2008). Analysis of selected kinematic and physiological performance determinants during incremental testing in elite swimmers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(3), 951-957. doi: 10.1519/JSC.0b013e31816a6364
- Psycharakis, S. G. (2011). A longitudinal analysis on the validity and reliability of Ratings of Perceived Exertion for elite swimmers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(2), 420-426. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181bff58c
- Pyne, D., Lee, H., & Swanwick, K. (2001). Monitoring the lactate threshold in world-ranked swimmers. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(2), 291-297.
- Pyne, D., & Sharp, R. (2014). Physical and energy requirements of competitive swimming events. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 24(4), 351-359. doi: 10.1123/ijsnem.2014-0047
- Raposo, A. (2017). *Planeamento do Treino Desportivo*. Lisboa: Visão & Contextos.
- Ribeiro, J., Figueiredo, P., Sousa, M., De Jesus, K., Keskinen, K., Vilas-Boas, J., & Fernandes, R. (2015). Metabolic and ventilatory thresholds assessment in front crawl swimming. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 55(7-8), 701-707.
- Ribeiro, J., Toubekis, A., Figueiredo, P., de Jesus, K., Toussaint, H., Alves, F., Fernandes, R. (2017). Biophysical Determinants of Front-Crawl Swimming at Moderate and Severe Intensities. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(2), 241-246. doi: 10.1123/ijspp.2015-0766
- Rodriguez, F., Chaverri, D., Iglesias, X., Schuller, T., & Hoffmann, U. (2017). Validity of Postexercise Measurements to Estimate Peak VO₂ in 200-m and 400-m Maximal Swims. *International Journal of Sports Medicine*, 38(6), 426-438. doi: 10.1055/s-0042-123707
- Rodriguez, F. A., Keskinen, K. L., Kusch, M., & Hoffmann, U. (2008). Validity of a swimming snorkel for metabolic testing. *International Journal of Sports Medicine*, 29(2), 120-128. doi: 10.1055/s-2007-964973
- Rodríguez, F., & Mader, A. (2011). Energy systems in swimming. *World Book of Swimming: From Science to Performance* (pp. 225-240). Nova Science Publishers.
- Santhiago, V., Da Silva, A., Papoti, M., & Gobatto, C. (2011). Effects of 14 week swimming training program on the psychological, hormonal and physiological parameters of elite women athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(3), 825-832. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181c69996
- Sarmiento, H., Anguera, M. T., Pereira, A., & Araujo, D. (2018). Talent Identification and Development in Male Football: A Systematic Review. *Sports Medicine*, 48(4), 907-931. doi: 10.1007/s40279-017-0851-7
- Schnitzler, C., Seifert, L., & Chollet, D. (2009). Variability of coordination parameters at 400-m front crawl swimming pace. *Journal of Sports Science and Medicine*, 8(2), 203-210.

- Schnitzler, C., Seifert, L., Chollet, D., & Toussaint, H. (2014). Effect of aerobic training on inter-arm coordination in highly trained swimmers. *Human Movement Science*, 33, 43-53. doi: 10.1016/j.humov.2013.12.004
- Scruton, A., Baker, J., Roberts, J., Basevitch, I., Merzbach, V., & Gordon, D. (2015). Pacing accuracy during an incremental step test in adolescent swimmers. *Open Access Journal of Sports Medicine*, 6, 249-257. doi: 10.2147/oajsm.s84906
- Skorski, S., Faude, O., Urhausen, A., Kindermann, W., & Meyer, T. (2012). Intensity control in swim training by means of the Individual Anaerobic Threshold. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(12), 3304-3311.
- Smith, D., Norris, S., & Hogg, J. (2002). Performance evaluation of swimmers: scientific tools. *Sports Medicine*, 32(9), 539-554.
- Sweetenham, B. & Atkinson, J. (2003). *Championship swim training*. Champaign, IL: Human Kinetics
- Valdieso, F. & Feal, A. (2001). *Planificación y control del entrenamiento de natación*. Madrid: Editorial Gymnos.
- Wallace, L., Slattery, K., & Coutts, A. (2009). The ecological validity and application of the Session-RPE method for quantifying training loads in swimming. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(1), 33-38. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181874512
- Zamparo, P., Bonifazi, M., Faina, M., Milan, A., Sardella, F., Schena, F., & Capelli, C. (2005). Energy cost of swimming of elite long-distance swimmers. *European Journal of Applied Physiology*, 94(5-6), 697-704. doi: 10.1007/s00421-005-1337-0
- Zamparo, P., Capelli, C., & Pendergast, D. (2011). Energetics of swimming: a historical perspective. *European Journal of Applied Physiology*, 111(3), 367-378. doi: 10.1007/s00421-010-1433-7

ESTUDO II – PRESCRIÇÃO E CONTROLO DE TREINO
DE NATAÇÃO PURA DESPORTIVA NA ZONA DE
INTENSIDADE LIMIAR ANAERÓBIO

Resumo

O âmbito deste estudo reside na verificação do rigor na prescrição de tarefas para a zona de intensidade limiar anaeróbio em NPD. São objetivos desta pesquisa (1) comparar as intensidades (velocidades) estimadas através de um protocolo de avaliação, com a prescrita pelo treinador para uma tarefa típica que se enquadre na zona de intensidade limiar anaeróbio e (2) comparar o comportamento de variáveis fisiológicas (lactatemia e frequência cardíaca), biomecânicas (frequência gestual, índice de nado, distância de ciclo, eficiência propulsiva), psicológicas (percepção do esforço) e bioenergéticas (custo energético) encontradas em situação protocolar e na realização da tarefa prescrita pelo treinador. A amostra do estudo foi constituída por 8 atletas com valia técnica lhes permite competir a nível nacional ($n=8$), 4 do sexo masculino com idade $16,2\pm 0,9$ anos, estatura $176,9\pm 5,7$ cm e massa corporal $65,4\pm 4,7$ Kg, 4 do sexo feminino, com idade $16,9\pm 1,5$ anos, estatura $161,7\pm 6,2$ cm e massa corporal $54,7\pm 7,8$ Kg. Realizou-se um protocolo incremental de 5x300m crol (intervalo 1') para determinação e caracterização dos limiares metabólicos e intensidades máximas, tendo em conta as variáveis fisiológicas (concentração de lactato, consumo de oxigénio, frequência cardíaca), cinemáticas (frequência gestual, distância de ciclo, índice de nado, eficiência propulsiva) e bioenergéticas (custo energético). Os valores estimados foram comparados com os obtidos numa tarefa típica de treino identificada com a zona de intensidade de limiar anaeróbio (20x100m crol / intervalo 15'') prescrita pelo treinador, com base em 80% da melhor marca aos 400m crol. A velocidade e tempos prescritos e efetivamente realizados na tarefa 20x100m de nado crol apresentaram diferenças significativas. Também foram encontradas diferenças significativas quando confrontados os resultados da tarefa com os encontrados em situação protocolar, nomeadamente ao nível da velocidade, frequência cardíaca, frequência gestual e custo energético. Ao compararmos com o proposto na literatura, de modo geral, os resultados parecem enquadrar-se na zona de intensidade para limiar anaeróbio proposta por Maglischo (2003). Assim, houve atletas que cumpriram com a zona de intensidade objetivada, pelo que se aconselha cautela aos treinadores na prescrição de velocidades de treino unicamente com base em valores percentuais da melhor marca. A avaliação individualizada e multidimensional é fundamental.

I. Introdução

As provas de NPD, realizadas a máxima intensidade, exigem a solicitação dos sistemas energéticos aeróbio e anaeróbio (Maglischo, 2003; Pyne & Sharp, 2014). O contributo percentual desses sistemas para cada evento (distância/técnica) varia consoante a duração das mesmas (Maglischo, 2003; Pyne & Sharp, 2014). Neste sentido, a prescrição de treino implica conhecimento dos processos de solicitação metabólica relacionados para definição de objetivos e, consequentemente, zonas de intensidade adequadas e facilitadoras de adaptações fisiológicas positivas (Maglischo, 2003; Raposo, 2017).

Em termos bioenergéticos a NPD deve ser reconhecida como uma modalidade de resistência e, como tal, um dos objetivos fundamentais do treino é o desenvolvimento desta capacidade (Navarro & Arsenio, 1999). A resistência é a capacidade do atleta para manter o equilíbrio psíquico e fisiológico face a uma carga com intensidade e duração que provoquem manifestamente a perda insuperável do rendimento e, simultaneamente assegurem uma rápida recuperação após o esforço (Navarro & Arsenio, 1999). Assim, depende de vários fatores como velocidade, força muscular, eficiência técnica, estado psicológico, entre outros (Navarro & Arsenio, 1999). Os treinadores objetivam o treino de resistência para induzir adaptações específicas a nível aeróbio e anaeróbio (Maglischo, 2003; Pyne & Sharp, 2014). De forma a garantir adaptações positivas os processos de avaliação e controlo de treino, como os devidamente explanados e contextualizados no estudo I, assumem um papel preponderante e são alvo crescente de interesse por parte de treinadores face à crescente exigência do panorama desportivo.

O treino de resistência aeróbia tem de estar na base de treinos mais intensos e especializados uma vez que a capacidade e potência aeróbia são de extrema importância para a adaptação geral e recuperação, promovendo economia de nado em intensidades ligeiras e em provas (Navarro & Arsenio, 1999; Pyne & Sharp, 2014). Assim sendo, a prescrição de tarefas a intensidades ótimas para melhoria da capacidade aeróbia é fundamental (Maglischo, 2003). Para o efeito Greco, Oliveira, Caputo, Denadai, e Deckerle (2013) recomendam a correta determinação de limiares metabólicos.

Maglischo (2003) salienta a importância do treino numa zona de intensidade de limiar anaeróbio (LAN) já que, comparativamente com o treino em intensidades mais baixas, este promove otimização de adaptações fisiológicas no que concerne a utilização de oxigénio e remoção de lactato. O aumento da velocidade no LAN implica sequencialmente a melhoria do rendimento desportivo já que há uma melhoria da capacidade de suportar esforços em condições de consumo máximo de oxigénio (Maglischo, 2003; Raposo, 2017). No estudo I, foi possível verificar que não Prescrição e controlo de treino de natação pura desportiva na zona de intensidade do limiar anaeróbio / Estudo II

há uma definição universal de zonas de intensidade para o treino de NPD. Assim, Maglischo (2003) associa a zona de treino LAn a concentrações de lactato entre 3 a 5 mmol.L⁻¹, frequências cardíacas 10 a 20 bpm abaixo do valor máximo e pontuação de 15 e 16 na escala de percepção de esforço Borg 6-20. Sweetenham & Atkinson (2003) sugerem velocidades para esta zona equivalentes a metade da melhor marca aos 200m mais 7 a 10 segundos e frequências cardíacas entre 20 e 30 bpm abaixo da frequência cardíaca máxima. Por sua vez, Raposo (2017) recomenda velocidades entre 82% e 88% da melhor marca, frequências cardíacas entre 150 e 165 pls./min. e concentrações de lactato entre 3,5 e 5,5 mmol.L⁻¹. Na prescrição de tarefas Maglischo (2003) recomenda que a distância total varie entre 2000m a 4000m com duração de 25 a 45 minutos. A distância das repetições pode ser curta com intervalos de 5 a 10 segundos, média com intervalos de 15 a 30 segundos ou longa 20 a 60 segundos. Sweetenham e Atkinson (2003) sugerem repetições de 50m a 400m com pausas de 10 a 20 segundos.

A zona de treino LAn e sugestão de respetivas tarefas estão assim apresentadas em várias obras literárias. Porém, como se evidenciou nos resultados da revisão sistemática, são poucos os estudos que avaliem objetiva e estruturalmente essas tarefas ou mesmo se são corretamente prescritas por treinadores, habitualmente sustentadas num valor percentual do desempenho máximo (velocidade em competição) ou na frequência cardíaca.

Skorski et al. (2012) avaliaram num período de 4 semanas, 3 tarefas de treino de várias zonas de intensidade de treino de resistência através de variáveis fisiológicas (concentração de lactato no sangue e frequência cardíaca), psicológicas (percepção de esforço) e biomecânicas (frequência gestual). Concluíram que esta abordagem será especialmente benéfica para treinadores, dada a influência direta na prescrição de treino. Neste sentido, o foco principal deste estudo experimental é a avaliação de uma tarefa prescrita e enquadrada na zona de intensidade LAn tendo em conta as vantagens de uma análise multidimensional. Como tal, avaliam-se parâmetros fisiológicos, metabólicos, biomecânicos, bioenergéticos e psicológicos.

1.1. Apresentação do Problema

O problema alvo neste estudo centra-se na avaliação do rigor na prescrição de tarefas para a zona de intensidade LAn. Pretende-se assim:

- (1) Comparar a intensidade (velocidade) determinada por um protocolo de avaliação, com a prescrita pelo treinador para uma tarefa típica que se enquadre na zona de intensidade LAn;
- (2) Comparar o comportamento de variáveis fisiológicas (concentração de lactato e frequência cardíaca), biomecânicas (frequência gestual, índice de nado, distância de ciclo, eficiência propulsiva), psicológicas (percepção do esforço) e bioenergética (custo energético)

encontradas em situação protocolar, com o encontrado na realização da tarefa prescrita pelo treinador.

2. Metodologia

2.1. Amostra

A amostra deste estudo foi composta por 8 nadadores, 4 do sexo feminino (n=4) e 4 do sexo masculino (n=4), cuja valia técnica lhes permite competir em provas nacionais. Os critérios de inclusão na amostra foram os seguintes: (1) idades compreendidas entre 15 e 19 anos; (2) ter, no mínimo, 5 anos de experiência em treino em NPD; (3) não apresentem qualquer contraindicação médica. A caracterização da amostra está detalhada na tabela 1.

Tabela 1. Caracterização da amostra. Valores médios e desvio padrão (DP) das variáveis biográficas, morfológicas e de composição corporal e de valia técnica (dados FINA). Valor de significância (p) na comparação entre sexos.

Variável	Unidade de medida	Sexo	Média ± DP	p
Idade	anos	Mas	16,2±0,9	NS
		Fem	16,9±1,5	
Estatura	cm	Mas	176,9±5,7	0,011*
		Fem	161,7±6,2	
Massa Corporal	Kg	Mas	65,0±5,3	NS
		Fem	54,7±7,8	
Massa Gorda	%	Mas	10,5±1,7	0,001*
		Fem	19,8±2,9	
Massa Isenta de Gordura	%	Mas	89,6±1,7	0,001*
		Fem	80,3±2,9	
Água Corporal Total	L	Mas	42,6±3,9	0,009*
		Fem	32,0±4,0	
Pontos FINA		Mas	564±54	NS
		Fem	516±95	
Melhor marca aos 400m crol	min	Mas	4:27:03,75±0:04:18,34	0,024*
		Fem	4:56:50,75±0:08:55,62	

*Significativo para $p \leq 0,05$; Não significativo (NS).

Na tabela 1 é possível verificar, como seria expectável, a diferença nos valores antropométricos entre sexos, nomeadamente na estatura ($p=0,011$) e na composição corporal, massa gord

Prescrição e controlo de treino de natação pura desportiva na zona de intensidade do limiar anaeróbio / Estudo II

($p=0,001$), massa isenta de gordura ($p=0,001$) e água corporal total ($p=0,009$). No desempenho embora se verifiquem diferenças na melhor marca registada aos 400m crol ($p=0,024$), a pontuação FINA apresenta valores semelhantes.

O volume médio semanal antes e aquando a realização do estudo foi 50360m distribuído pelas várias zonas de intensidade (figura 1). Considerando as diferentes zonas de intensidade, observamos que o treino aeróbio (zonas de intensidade limiar láctico e LAn) predominou, representando 68,8% do treino (figura 1).

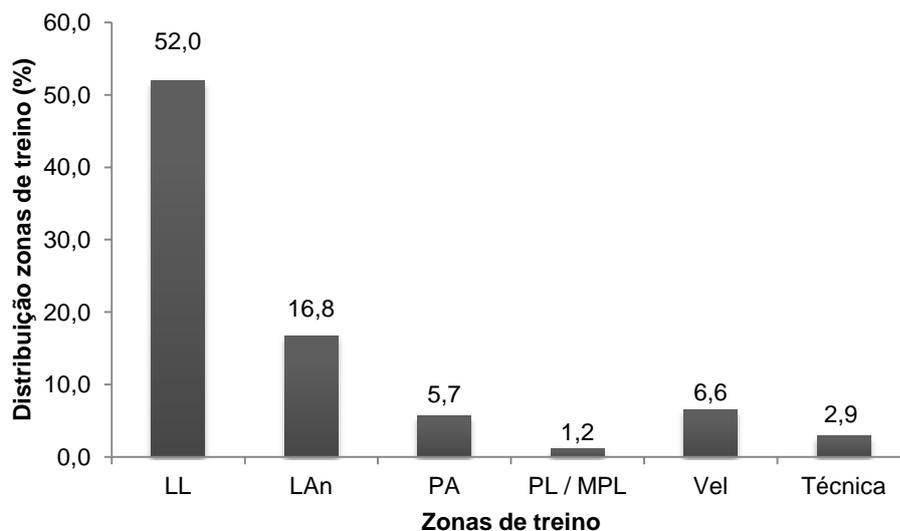


Figura 1. Distribuição percentual das zonas de treino limiar láctico (LL), limiar anaeróbio (LAn), potência aeróbia (PA), potência láctica / máxima produção de lactato (PL/MPL), velocidade (vel) e trabalho técnico.

2.2. Procedimentos

A recolha de dados foi realizada no último macrociclo da época desportiva, no local de treino habitual, piscina longa (50m), com água a uma temperatura média de 26,3°, a temperatura ambiente média de 26,7° e humidade relativa 65%. Foi registado o conteúdo do treino da semana prévia e da semana de recolha de dados (volume e distribuição por zonas de intensidade como ilustrado na figura 1).

Foi realizado um protocolo de avaliação 5x300m em nado crol com um intervalo de recuperação passiva de 1 minuto entre repetições. Complementarmente foi realizada uma tarefa prescrita para a zona de intensidade correspondente ao LAn de 20x100m em nado crol com 15 segundos de intervalo. Os dois protocolos foram realizados com mínimo de intervalo de 48h, sensivelmente à mesma hora, sob orientação da mesma equipa técnica. Antes da realização dos testes, os atletas realizaram um aquecimento padronizado de 1500m em regime aeróbio ligeiro a moderado definido pelo treinador, nomeadamente 3x 300m crol em regime aeróbio ligeiro e Prescrição e controlo de treino de natação pura desportiva na zona de intensidade do limiar anaeróbio / Estudo II

3x200m pernada crol progressivo a cada 50m, e 10 minutos de recuperação passiva. Todas as repetições tiveram início com o nadador dentro de água, através de impulsão na parede. Os tempos realizados (velocidade) foram controlados manualmente por técnicos experimentados na utilização de cronómetro. Adicionalmente, para determinação de parâmetros cinemáticos foram captadas imagens através de uma câmara Sony ActionCam HDR-AZ1, posicionada ortogonal ao plano de água, numa posição central permitindo um campo de visão no mínimo de 5 metros e evitando interferência das partidas, viragens e/ou chegadas.

Os procedimentos foram aprovados pela Comissão de ética (CE/FCDEF-UC/00332018). Os resultados foram protegidos no que se refere à transmissibilidade e anonimato e a participação foi voluntária, mediante consentimento escrito informado, em concordância com a Declaração de Helsínquia e a convenção de Oviedo (anexo II).

2.2.1. Antropometria

As principais medidas corporais representativas da morfologia, estatura e composição corporal, foram recolhidas por um único observador, adotando protocolos standardizados. Para o efeito, a estatura foi medida com um estadiómetro portátil (Harpden modelo 98.603, Holtain Ltd, Crosswell, UK), com uma precisão de 0.1cm. A composição corporal acedida por bioimpedância (InBody 770) para determinação da massa corporal, % massa gorda, % massa isenta de gordura e água corporal total. Adicionalmente foi medido o comprimento do membro superior (direito) utilizando uma fita métrica tomando como referência os pontos anatómicos acromial e *dactylion*.

2.2.2. Protocolo 5x300m

O protocolo consistiu num teste progressivo de 5 repetições de 300 metros com pausa de 1min, em nado crol. A velocidade inicial foi determinada a uma intensidade de 70% a partir do tempo de passagem aos 300 metros da melhor marca numa prova de 400m Livres. Os sucessivos patamares corresponderam a intensidades 75%, 80%, 85% e 100%. Foram recolhidos os valores de frequência cardíaca (FC) em contínuo por telemetria (Hosand GTa Aqua Hosand Technologies Srl, Verbania, Itália) no decurso do teste. A determinação do consumo de oxigénio (VO_2) em cada patamar foi realizada através dos valores de VO_2 medidos nos primeiros 30" após o término de cada patamar. Foi utilizado o método de retro extrapolação da função linear entre o valor de VO_2 e o tempo para o momento "0" (Montpetit, et al. 1981). Costil et al (1985) apresentou uma variação de 5,9%, enquanto Zacca et al. (2014) apresentam não mais de 2,6% de variação quando comparada com a medição direta. Não ultrapassando o tempo de 2 segundos, foi colocada uma máscara na face (boca e nariz), no término de cada repetição, e registados os valores respiração a respiração, durante 30

segundos utilizando o analisador de gases portátil K4b2-Cosmed (Cosmed Srl, Roma, Itália) (Zamparo et al., 2005). Foi solicitado ao nadador que sustivessem a expiração no último ciclo, até chegar à parede e ser-lhe colocada a máscara. A percepção de esforço (RPE) foi registada em cada repetição recorrendo à escala de Borg CR-10, em anexo III (Wallace, Slattery, & Coutts, 2009). A concentração de lactato (La) foi determinada por colheita de uma amostra de sangue capilar (uma gota) do dedo no início, no final de cada repetição e 3 minutos após o final do protocolo através de um analisador portátil (Lactate Pro analyser, Arcay, Inc). Para garantir a diminuição do valor de La quando esta não se verificou na medição 3 minutos pós teste, repetia-se o procedimento em intervalos de 2 minutos.

2.2.3. Tarefa 20x100m

A tarefa proposta e adaptada de Maglischo (2003) e Sweetenham e Atkinson (2003) para a zona de intensidade LAn foi de 20 repetições de 100m com pausa de 15 segundos entre cada, com intensidade prescrita pelo treinador com base em 80% da melhor marca aos 400m (Valdieso & Feal, 2001). Os valores de FC foram obtidos por telemetria (Hosand GTa Aqua Hosand Technologies Srl, Verbania, Itália). Através de um analisador portátil (Lactate Pro analyser, Arcay, Inc), foram medidos os valores de La a partir da colheita de uma amostra de sangue capilar (uma gota) do dedo em repouso, no início, na 10^a repetição, no final e após 3 minutos. Caso o valor de La não tenha diminuído na medição correspondente a 3 minutos pós teste, repetiu-se a medição de 2 em 2 minutos. A percepção de esforço foi registada na 10^a e 20^a repetição utilizando a escala de Borg CR-10 (anexo III).

2.2.4. Variáveis cinemáticas e bioenergéticas

As imagens captadas foram transferidas para o computador e analisadas no *software* Kinovea 0.8.15, para determinar as variáveis cinemáticas frequência gestual, distância de ciclo, velocidade média de nado (v), índice de nado e eficiência propulsiva (em %). No protocolo incremental os valores foram determinados nos últimos 50m a cada 100m percorridos, assumindo-se 3 valores para cada repetição e calculando-se posteriormente o valor médio. Na tarefa 20x100m os valores foram determinados nos últimos 50m da 10^a e da 20^a repetição.

A frequência gestual (FG) foi assim obtida através da contabilização de 3 ciclos completos de braçada e tempo correspondente para a realização dos mesmos (ciclos/segundo). Iniciou-se a contagem aquando a entrada da mão direita na água e terminou-se quando esta entra pela quarta vez.

A distância de ciclo (DC) em m.ciclos⁻¹ foi calculada de acordo com:

$$DC = v / FG$$

Equação 1

onde a v em m.s⁻¹ e a FG em Hertz (ciclos.seg⁻¹).

O índice de nado (IN) em m²/c/s foi calculado de acordo com a seguinte equação:

$$IN = v \cdot DC$$

Equação 2

onde a v em m.s⁻¹ e DC em m/ciclos.

Para determinação da eficiência propulsiva (Π_p) em % recorre-se à fórmula:

$$\Pi_p = \left(\frac{v \cdot 0.9}{2\pi \cdot FG \cdot I} \right) \cdot \frac{2}{\pi} \cdot 100$$

Equação 3

na qual v em m.s⁻¹, FG em Hertz (Hz) e I corresponde ao comprimento do MS em cm.

Para avaliação bioenergética, determinou-se em primeira instância a energia total despendida (\dot{E}_{tot}) para cada patamar do protocolo incremental, considerando assim a contribuição aeróbia e anaeróbia. Para o efeito, utilizou-se a equação:

$$\dot{E}_{tot} = VO_{2net} + 2.7 [La]_{net}$$

Equação 4

onde VO_{2net} em mlO₂.kg⁻¹.min⁻¹ é a diferença entre o VO_2 obtido em cada patamar e o VO_2 de repouso assumindo o valor de 5 mlO₂.kg⁻¹.min⁻¹ (Zamparo et al., 2005), 2.7 mlO₂.kg⁻¹.mmol⁻¹ é a constante equivalente de VO_2 aplicada ao valor de lactato acumulado, $[La]_{net}$ em mmol.l⁻¹ é a diferença entre a concentração de lactato obtida entre cada patamar (Barbosa, Fernandes, Keskinen, & Vilas-Boas, 2008).

O custo energético (C) em J.Kg⁻¹.m⁻¹ foi determinado através da equação:

$$C = \dot{E} \cdot v^{-1}$$

Equação 5

convertendo o resultado para unidade do sistema internacional no qual 1 mlO₂ equivale a 20,1 J (Barbosa et al., 2008).

Através de uma regressão polinomial derivada dos valores de C em função da v , foram estimados valores de C para as velocidades médias de nado da tarefa 20x100 bem como das velocidades previstas para LAn (D-MAX).

2.3. Tratamento dos dados

Os dados do protocolo incremental, nomeadamente os tempos realizados em cada repetição, a velocidade média de nado (v), a frequência gestual (FG), a concentração de lactato (La), a frequência cardíaca (FC) e a RPE foram introduzidos na macro Lactate-E: *Blood Lactate*

Prescrição e controlo de treino de natação pura desportiva na zona de intensidade do limiar anaeróbio / Estudo II

Endurance Marker Software (Newell, Higgins, Madden, Cruickshank, & Einbeck, 2007) desenhada para correr no *software Excel* para *Windows 7.0*®, determinando-se assim os equivalentes à intensidade de limiar láctico (LL) e LAn (D-MAX) para cada atleta (Cheng et al., 1992). Foram também determinados os valores correspondentes de distância de ciclo (DC), índice de nado (IN) e eficiência propulsiva (Π_p). O VO_{2peak} e os valores percentuais de VO_2 para as intensidades de LL e D-MAX foram determinados por retro extrapolação, através da regressão polinomial derivada dos valores de VO_2 registados em função da v .

2.4. Análise estatística

A análise dos dados foi feita através do *software SPSS version 21* (IBM SPSS Statistics, Armonk, NY, IBM Corp). Para cada variável foram calculadas as medidas de tendência central e de dispersão. Dada a dimensão da amostra recorreu-se ao teste não paramétrico W de Wilcoxon para comparar e verificar a existência de diferenças significativas entre (1) variáveis da tarefa 20x100, (2) velocidades e tempos prescritos e realizados e (3) variáveis do teste protocolar progressivo (5x300) para LAn (D-MAX) com os realizados na tarefa.

3. Resultados

A estatística descritiva dos resultados obtidos com base no teste progressivo (5x300m) referentes às variáveis fisiológicas (L_a , VO_2 e FC) e percepção de esforço (RPE) para LL, LAn e valores máximos estão descritos na tabela 2.

Os valores médios estimados de L_a através do método D-MAX foram $1,9 \pm 0,7$ mmol.L⁻¹ para LL e $2,7 \pm 0,9$ mmol.L⁻¹ para LAn ou D-MAX. O $L_{a_{peak}}$ medido foi $7,9 \pm 2,8$ mmol.L⁻¹ (tabela 2).

O método de retro extrapolação dos valores correspondentes aos 30 segundos de recuperação permitiu a determinação do VO_2 . Os valores médios encontrados foram $42,36 \pm 6,97$ ml.Kg⁻¹.min⁻¹ para LL que corresponde a $66,0 \pm 11,6$ % do $VO_{2_{peak}}$, $50,55 \pm 8,55$ ml.Kg⁻¹.min⁻¹ para LAn que representa por sua vez $78,7 \pm 13,4$ % do $VO_{2_{peak}}$ e $64,65 \pm 11,22$ ml.Kg⁻¹.min⁻¹ para $VO_{2_{peak}}$ (tabela 2). Devido a falha técnica do equipamento aquando recolha de dados, foi eliminado um atleta da amostra, pelo que os valores médios apresentados e referentes a VO_2 são dos restantes 7 atletas (n=7).

Os valores correspondentes de FC e RPE (Borg CR-10) foram identificados de acordo com o registado no teste incremental. Assim, os atletas apresentam em média FC para LL 149 ± 9 bpm, LAn 164 ± 11 bpm e FC máxima 188 ± 8 bpm (tabela 2). Os valores médios de RPE foram por sua vez 4 ± 1 (“pouco intensa”, ”intensa”) para LL, 6 ± 1 (“intensa”, ”muito intensa”) para LAn e 9 ± 1 (“muito intensa”, “muito muito intensa”, “máxima”) para intensidades máximas (tabela 2, ver anexo III).

Tabela 2. Estatística descritiva das variáveis fisiológicas, concentração de lactato (La), consumo de oxigénio (VO₂) e frequência cardíaca (FC), e percepção de esforço (RPE, Borg CR-10) obtidos no protocolo incremental (5 x 300m Crol/1') relativamente a intensidade de limiar láctico (LL), D-MAX e máxima (*peak* ou máx).

Variável	Unidade de medida	Amplitude		Média ± DP
		Mínimo	Máximo	
La LL	mmol.L ⁻¹	1,2	3,4	1,9±0,7
La LAn	mmol.L ⁻¹	1,8	4,3	2,7±0,9
La _{peak}	mmol.L ⁻¹	5,0	13,2	7,9±2,8
VO ₂ LL*	ml.Kg ⁻¹ .min ⁻¹	28,61	49,88	42,36±6,97
% VO _{2peak} no LL*	%	51,9	77,8	66,0±11,6
VO ₂ LAn*	ml.Kg ⁻¹ .min ⁻¹	35,72	59,87	50,55±8,55
% VO _{2peak} no D-MAX*	%	64,3	91,9	78,7±13,4
VO _{2peak} *	ml.Kg ⁻¹ .min ⁻¹	49,61	80,68	64,65±11,22
FC LL	bpm	137	165	149±9
FC LAn	bpm	146	176	164±11
FC _{máx}	bpm	175	197	188±8
RPE LL		2	6	4±1
RPE LAn		5	8	6±1
RPE V _{máx}		8	10	9±1

*n=7

No que respeita às variáveis cinemáticas (v , FG, DC, IN e Πp) e bioenergética (C), a estatística descritiva dos resultados e valores determinados para LL, LAn e intensidade máxima através do protocolo incremental (5x300m) está explanada na tabela 3. A velocidade estimada para LL foi em média 1,153±0,081 m.s⁻¹. Já para LAn ou D-MAX foi 1,221±0,081 m.s⁻¹. A média de velocidades máximas foi 1,361±0,081 m.s⁻¹ (tabela 3). Já os valores médios de FG correspondentes a LL, LAn e intensidade máxima foram respetivamente 0,485±0,024 Hz, 0,517±0,038 Hz e 0,598±0,046 Hz (tabela 3). Relativamente à DC, os atletas apresentam em média o mesmo valor, 2,4±0,2 m.ciclos⁻¹, para LL e LAn, e 2,3±0,2 m.ciclos⁻¹ para intensidade máxima (tabela 3). O IN foi em média para LL 2,8±0,4 m²/c/s, 2,9±0,4 m²/c/s para LAn e 3,0±0,4 m²/c/s para intensidade máxima (tabela 3). No que concerne à Πp , os atletas apresentam em média valores de 41,5±3,1 % para LL, 41,8±2,2 % para LAn e 39,7±2,5 % para intensidades máximas (tabela 3). Relativamente aos resultados da avaliação bioenergética, mais especificamente do custo energético (C), obtiveram-se valores médios 10,77±2,14 J.Kg⁻¹.m⁻¹ para LL, 12,64±2,38 J.Kg⁻¹.m⁻¹ para LAn e 17,98±3,79 J.Kg⁻¹.m⁻¹ para intensidades máximas (tabela 3). Dada a falha técnica previamente identificada na recolha de valores de VO₂, os dados apresentados são referentes a uma amostra de 7 sujeitos (n=7).

Tabela 3. Estatística descritiva das variáveis cinemáticas, velocidade média de nado (vel), frequência gestual (FG), distância de ciclo (DC), índice de nado (IN) e eficiência propulsiva (η_p), e custo energético (C) obtidos no protocolo incremental (5 x 300m Crol/1') relativamente à intensidade de limiar láctico (LL), D-MAX e máxima (máx).

Variável	Unidade de medida	Amplitude		Média \pm DP
		Mínimo	Máximo	
vel LL	m.s ⁻¹	1,040	1,250	1,153 \pm 0,081
vel D-MAX	m.s ⁻¹	1,110	1,330	1,221 \pm 0,081
vel máx	m.s ⁻¹	1,240	1,440	1,361 \pm 0,081
FG LL	Hz	0,450	0,510	0,485 \pm 0,024
FG LAn	Hz	0,470	0,570	0,517 \pm 0,038
FG máx	Hz	0,530	0,660	0,598 \pm 0,046
DC LL	m.ciclos ⁻¹	2,0	2,7	2,4 \pm 0,2
DC LAn	m.ciclos ⁻¹	2,0	2,7	2,4 \pm 0,2
DC máx	m.ciclos ⁻¹	1,9	2,5	2,3 \pm 0,2
IN LL	m ² /c/s	2,1	3,4	2,8 \pm 0,4
IN LAn	m ² /c/s	2,2	3,4	2,9 \pm 0,4
IN máx	m ² /c/s	2,4	3,4	3,0 \pm 0,4
η_p LL	%	38,1	46,5	41,5 \pm 3,1
η_p LAn	%	38,0	45,0	41,8 \pm 2,2
η_p máx	%	36,3	44,6	39,7 \pm 2,5
C LL*	J.Kg ⁻¹ .m ⁻¹	6,46	12,54	10,77 \pm 2,14
C D-MAX*	J.Kg ⁻¹ .m ⁻¹	8,27	15,03	12,64 \pm 2,38
C _{máx} *	J.Kg ⁻¹ .m ⁻¹	14,75	25,75	17,98 \pm 3,79

*n=7

A estatística descritiva dos resultados da tarefa 20x100, nomeadamente os valores registados das variáveis tempo, fisiológicas (FC e La) e RPE, bem como os valores medidos dos parâmetros cinemáticos (v , FG, DC, IN, η_p), da 10ª repetição, da 20ª repetição e os valores médios da tarefa estão na tabela 4. Como é possível verificar, as únicas diferenças significativas encontradas entre os resultados da 10ª, 20ª repetição e valor médio geral da tarefa foi respetivamente na RPE ($p=0,010$, tabela 4). Os atletas apresentam um valor médio de 5 \pm 2 na 10ª repetição, 7 \pm 2 na 20ª repetição e 6 \pm 2 na tarefa em geral (tabela 4). Relativamente aos outros parâmetros e, uma vez que não apresentam diferenças significativas, reportamos os valores médios da tarefa global.

O tempo e v foram em média, respetivamente, 01:15.66 \pm 00:04.00 min e 1,33 \pm 0,09 m.s⁻¹ (tabela 4). No que respeita aos parâmetros fisiológicos, os atletas apresentaram valores médios de La 3,5 \pm 1,2 mmol.L⁻¹ e de FC 180 \pm 10 bpm (tabela 4). Por último, determinaram-se valores médios

para variáveis cinemáticas de FG $0,575 \pm 0,048$ Hz, DC $2,3 \pm 0,3$ m.ciclos⁻¹, IN $3,1 \pm 0,5$ m²/c/s e Πp $40,7 \pm 2,9$ % (tabela 4).

A estatística descritiva de velocidades e tempos médios estimados para a intensidade de LAn, tendo por base o critério 80% da melhor marca aos 400m livres, encontra-se na tabela 5. Assim, o tempo estimado foi em média $01:26,50 \pm 00:08.16$ min e a velocidade $1,17 \pm 0,11$ m.s⁻¹. Foram encontradas diferenças significativas entre o prescrito e realizado ($p=0,012$, tabela 5).

Tabela 4. Estatística descritiva das variáveis tempo, cinemáticas, velocidade média de nado (vel), frequência gestual (FG), distância de ciclo (DC), índice de nado (IN) e eficiência propulsiva (Πp), fisiológicas, concentração de lactato (La) e frequência cardíaca (FC), e RPE obtidos na tarefa prescrita (20 x 100m Crol). Valor de significância (p) entre a 10ª repetição, 20ª repetição e valores médios.

Variáveis	Unidades de medida	10ª Repetição			20ª Repetição			Tarefa 20x100m			P
		Amplitude		Média ± DP	Amplitude		Média ± DP	Amplitude		Média ± DP	
		Mínimo	Máximo		Mínimo	Máximo		Mínimo	Máximo		
Tempo	min	01:09.33	01:27.10	01:16.00±00:05.60	01:10.67	01:25.20	01:16.17±00:04.88	01:10.60	01:25.50	01:15.67±00:04.00	NS
Vel	m.s ⁻¹	1,16	1,44	1,32±0,09	1,17	1,42	1,33±0,09	1,16	1,43	1,33±0,09	NS
La	mmol.L ⁻¹	1,8	5,9	3,6±1,5	2,1	5,4	3,4±1,1	2,2	5,7	3,5±1,2	NS
FC	bpm	163	197	179±11	169	198	181±10	166	198	180±10	NS
RPE		3	8	5±2	4	10	7±2	4	9	6±2	0,010 *
FG	Hz	0,503	0,667	0,574±0,056	0,545	0,647	0,577±0,042	0,530	0,657	0,575±0,048	NS
DC	m.ciclos	2,0	2,8	2,3±0,3	2,0	2,6	2,3±0,2	2,0	2,7	2,3±0,3	NS
IN	m ² /c/s	2,2	4,0	3,1±0,6	2,3	3,8	3,1±0,5	2,3	3,8	3,1±0,5	NS
Πp	%	35,9	45,6	40,9±3,6	36,5	43,0	40,4±2,2	36,2	43,3	40,7±2,9	NS

* Significativo para $p \leq 0,05$; Não significativo (NS).

Tabela 5. Estatística descritiva da velocidade (vel) e tempo estimado para a tarefa de limiar anaeróbio, 80% da melhor marca aos 400m livres (MM400L). Valor de significância (p) com os valores obtidos na tarefa.

Variáveis	Unidades de medida	80% MM400L			Tarefa 20x100m	P
		Amplitude		Média ± DP		
		Mínimo	Máximo			
Tempo	Min	01:16.90	01:38.50	01:26.50±00:08.16	01:15.67±00:04.00	0,012*
Vel	m.s ⁻¹	1,02	1,30	1,17±0,11	1,33±0,09	

* Significativo para $p \leq 0,05$; Não significativo (NS).

Por último, foram comparados os valores médios da tarefa em geral com os previstos através do teste incremental a fim de perceber o valor de concordância dos mesmos. Os resultados estão reportados na tabela 6. De realçar que acrescenta-se o valor do C, não apresentado na tabela 4.

Tabela 6. Valores médios e desvio-padrão (DP) das variáveis cinemáticas, velocidade média de nado (vel), frequência gestual (FG), distância de ciclo (DC), índice de nado (IN) e eficiência propulsiva (η_p), fisiológicas, concentração de lactato (La) e frequência cardíaca (FC), e RPE estimados para limiar anaeróbio (LAn) através do protocolo 5x300 e realizados na tarefa 20x100. Valor de significância (p) entre os valores estimados e realizados.

Variáveis	Unidades de medida	LAn	Tarefa 20x100	P
		Média ± DP	Média ± DP	
Vel	m.s ⁻¹	1,22±0,18	1,32±0,09	0,011 *
La	mmol.L ⁻¹	2,7±0,9	3,5±1,2	NS
FC	bpm	164±11	180±10	0,012 *
RPE		6±1	6±2	NS
FG	Hz	0,517±0,038	0,575±0,048	0,012 *
DC	m.ciclos ⁻¹	2,4±0,2	2,3±0,3	NS
IN	m ² /c/s	2,9±0,4	3,1±0,5	NS
η_p	%	41,8±2,2	40,7±2,9	NS
C**	J.Kg ⁻¹ .m ⁻¹	12,64±2,38	16,05±1,52	0,018 *

*Significativo para $p \leq 0,05$; Não significativo (NS).

** n=7

Como é possível verificar na tabela 6, os valores encontrados na tarefa foram tendencialmente superiores em quase todos os parâmetros. Contudo, só se registam diferenças significativas nas velocidades ($p=0,011$), FC ($p=0,012$), FG ($p=0,012$) e no C ($p=0,018$).

Adicionalmente não se verificam diferenças significativas entre a velocidade estimada para LAn pelo protocolo incremental e a velocidade determinada a partir de 80% da melhor marca aos 400m crol.

4. Discussão

Os objetivos do presente estudo foram (1) comparar a intensidade (velocidade) determinada através de um protocolo de avaliação com a prescrita pelo treinador para uma tarefa típica que se enquadre na zona de intensidade LAn e (2) comparar o comportamento de variáveis fisiológicas (La e FC), biomecânicas (FG, DC, IN, Πp), psicológicas (RPE) e bioenergética (C) encontradas em situação protocolar e na realização da tarefa prescrita pelo treinador. Neste sentido, para melhor análise e compreensão importa, numa primeira instância, a reflexão dos dados obtidos no protocolo incremental (5x300) e, posteriormente, a comparação com os resultados da tarefa.

4.1. Protocolo 5x300m

A determinação dos limiares metabólicos permite otimizar a prescrição individual de zonas de intensidade de treino pelo que é prática comum no âmbito da avaliação e controlo do treino (Agaoglu, Tasmektepligil, Atan, Tutkun, & Hazar, 2010; Fernandes, Sousa, Machado, & Vilas-Boas, 2011). Os valores determinados com base no teste incremental 5x300 de concentração de lactato correspondentes ao LL foram em média $1,9 \pm 0,7$ mmol.L⁻¹ (tabela 2), distintos do valor fixo de referência de 2 mmol.L⁻¹ (Wallace et al., 2009). Também as concentrações de lactato determinadas para LAn são inferiores ao valor fixo de referência de 4 mmol.L⁻¹, nomeadamente $2,7 \pm 0,9$ mmol.L⁻¹ conforme o exposto na tabela 2 (Fernandes et al., 2011). Estas diferenças também foram verificadas em vários estudos como o de Fernandes et al. (2011) e de Ribeiro et al. (2015). Os valores de La *peak* 7.9 ± 2.8 mmol.L⁻¹ foram inferiores aos encontrados por Costa et al. (2013) possivelmente porque a amostra deste estudo era constituída unicamente por atletas do sexo masculino, com idades e nível de treino superiores.

No que respeita ao VO₂, a apresentação dos resultados como valores relativos, reduz o efeito das diferenças morfológicas (Maglischo, 2003). Os valores percentuais de VO₂ máximo podem ser utilizados para prescrição de zonas de intensidade de treino individualizadas (Maglischo, 2003). Maglischo (2003) aponta para zona de intensidade LL valores percentuais entre 50 a 80%. No presente estudo os valores percentuais médios são concordantes com esse intervalo, $66,0 \pm 11,6$ % do VO_{2peak} (tabela 2). No que concerne à correspondência percentual com LAn, os resultados foram $78,7 \pm 13,4$ % do VO_{2peak} (tabela 2). Assim, existem valores que não se enquadram no intervalo referenciado por Maglischo (2003) para esta zona de intensidade, particularmente entre 85% a 90% do VO₂ máximo. Ribeiro et al. (2015) concordam com o indicado por Maglischo

(2003), concluindo que a velocidade correspondente ao LAn ocorre a 88% do VO_2 máximo. Por outro lado, no estudo de Dekerle et al. (2003) os valores percentuais encontrados também foram inferiores e mais próximos dos encontrados por nós, nomeadamente 74.3 ± 4.0 % do VO_2 máximo. Estas diferenças podem ser reflexo de distintas faixas etárias e nível de treino das amostras.

Relativamente à FC, os valores médios de FC para LL e para LAn, nomeadamente 149 ± 9 bpm e 164 ± 11 bpm (tabela 2). Os valores para LL enquadram-se nos intervalos identificados por Sweetenham e Atkinson (2003), 30 a 50 bpm abaixo da FC máxima, e Maglischo (2003), 30 a 60 bpm abaixo da FC máxima detalhados no estudo I. O mesmo não acontece com os valores referentes a LAn. A maioria da amostra apresenta valores que efetivamente integram os intervalos propostos por Maglischo (2003), 10 a 20 bpm abaixo da FC máxima, e por Raposo (2017), entre 150 a 165 pulsações por minuto. Contudo, há atletas que apresentam valores superiores e inferiores aos indicados. Por sua vez, os valores médios de FC máxima, 188 ± 8 bpm (tabela 2), enquadram-se no intervalo indicado por Maglischo (2003) para atletas, entre 175 a 220 bpm.

A combinação da RPE com parâmetros fisiológicos na avaliação de atletas é um indicador global de stresse do nadador e pode garantir prescrição objetiva de tarefas (Schnitzler, Seifert, & Chollet; 2009). Como é possível verificar na tabela 2, os valores médios de RPE não apresentam grandes diferenças, nomeadamente, 4 ± 1 para LL, 6 ± 1 para LAn e 9 ± 1 para intensidade máxima. Importa referir que os atletas já estavam familiarizados com a escala.

Os parâmetros cinemáticos sob análise são indicadores da qualidade técnica dos nadadores e influenciam o C (Schnitzler, Seifert, & Chollet, 2009). Assim, foi possível corroborar o descrito por Komar et al. (2012), o aumento do C está relacionado com o aumento do IN e da FG e diminuição da DC em função do aumento da velocidade (tabela 3). Para valores máximos de C, há diminuição da Πp .

Por outro lado, atletas do sexo feminino tendem a ser mais económicas e apresentar DC mais curtas para a mesma velocidade em contraste com atletas do sexo masculino (Barbosa et al., 2008). Este facto nem sempre se confirmou na amostra do estudo, havendo duas atletas do sexo feminino que apresentam valores de C superiores comparativamente a atletas do sexo masculino. Este facto pode estar relacionado com diferenças metabólicas, nomeadamente a nível de produção de lactato e VO_2 .

Importa ainda referir que os valores médios de DC permaneceram quase inalteráveis nas zonas submáximas, LL e LAn (tabela 3). Estes resultados vão ao encontro do evidenciado por Dekerle et al. (2005), as variações na DC são acompanhadas pelo aumento da La, diminuindo em intensidades acima do LAn.

4.2. Tarefa 20x100m

No que concerne ao primeiro objetivo traçado, as velocidades e tempos previstos a partir de 80% da melhor marca aos 400m crol apresentam diferenças significativas com os realizados na tarefa ($p=0,012$, tabela 5). Salienta-se que foram comparados os valores gerais obtidos uma vez que não foram encontradas diferenças significativas na velocidade e no tempo entre as várias repetições (tabela 4), o que pode estar relacionado com a pouca acumulação de fadiga. Scruton et al. (2015) referem que a gestão do esforço durante um exercício faz-se em função da duração do mesmo, tendo em conta a experiência dos atletas. Contudo, mesmo sendo atletas com alguns anos de treino, é possível verificar na tabela 5 que as velocidades adotadas e, conseqüentemente, os tempos realizados, foram superiores ao previsto. Estes resultados vão ao encontro do problema descrito por Maglischo (2003). Na prescrição de tarefas com base em distâncias de 100m para esta zona de intensidade, os atletas tendem a nadar a velocidades superiores às indicadas. Por outro lado, a prescrição de velocidade e tempo teve por base a melhor marca aos 400m o que pode resultar em valores inferiores aos apropriados para esta tarefa. Sweetenham e Atkinson (2003) recomendam a determinação da velocidade a adoptar tendo em conta a melhor marca aos 200m. Greco, Oliveira, Caputo, Denadai, e Dekerle (2013) evidenciam que à semelhança do presente estudo, o espectro entre as várias zonas de intensidade é reduzido, pelo que a prescrição deve ter por base determinação individualizada de limiares metabólicos.

Por sua vez, os valores médios de velocidade associados a LAn e determinados a partir do protocolo 5x300m apresentam diferenças significativas com as velocidades realizadas ($p=0,011$, tabela 6). Contudo, não diferem significativamente das velocidades previstas a partir da melhor marca.

O segundo objetivo visa comparar os resultados das restantes variáveis com os determinados a partir do teste protocolar 5x300.

No que se refere a variáveis fisiológicas, nomeadamente aos valores de La registados, $3,5 \pm 1,2 \text{ mmol.L}^{-1}$, é possível verificar que nem todos os atletas foram ao encontro dos intervalos indicados para a zona de intensidade LAn quer por Maglischo (2003), 3 a 5 mmol.L^{-1} , quer por Raposo (2017), 3,5 a 5 mmol.L^{-1} . Contudo, não apresentam diferenças significativas em relação aos estimados através do protocolo 5x300 (tabela 6), reforçando a importância da determinação individualizada de limiares metabólicos para prescrição correta de zonas de intensidade. Salienta-se que houve atletas que apresentam valores de La para LAn inferiores a 3 mmol.L^{-1} . Contrariamente, os valores de FC registados foram bastante superiores aos estimados a partir de situação protocolar, apresentando diferenças significativas ($p=0,012$, tabela 6). O mesmo se verifica quando comparados com valores recomendados para esta zona de intensidade por Sweetenham e Atkinson (2003) e por Raposo (2017). Contudo, considerando a maior parte da amostra ($n=6$) foram registadas diferenças perto dos 10 bpm entre as FC máximas e FC registadas na tarefa, como recomendado por Maglischo (2003).

Prescrição e controlo de treino de natação pura desportiva na zona de intensidade do limiar anaeróbio / Estudo II

A RPE foi a única variável cujos valores médios apresentam diferenças significativas no decorrer da tarefa, como expectável em função da fadiga acumulada ($p=0,010$, tabela 4). Contudo, ao considerarmos o valor médio da tarefa, 6 ± 2 , não se verificam diferenças significativas com o valor estimado (tabela 6). Importa ainda referir que no estudo de Barroso, Salgueiro, Carmo, e Nakamura (2015) ao comparar uma tarefa semelhante à prescrita neste estudo, $20\times 100\text{m}$, com tarefas $10\times 200\text{m}$ e $5\times 400\text{m}$, verificam que para o mesmo volume total da tarefa à mesma intensidade, o valor de RPE aumenta como consequência do aumento das distâncias das repetições.

Tratando-se de uma intensidade submáxima e registando-se poucas alterações na velocidade aquando a realização da tarefa, nenhuma das variáveis biomecânicas, FG, DC, IN e Πp , sofreu alterações significativas. Em tarefas acima da velocidade correspondente ao LAN, a FG tende a aumentar progressivamente e a DC a diminuir dada a correlação identificada entre estes indicadores (Barbosa et al., 2008; Dekerle et al, 2005). Quando comparado com o previsto através do teste incremental, somente os valores de FG diferem significativamente ($p=0,012$, tabela 6). Este resultado pode estar associado às diferenças significativas encontradas na velocidade e não encontradas na DC, tendo em conta a relação evidenciada entre estas variáveis na equação 1. Apesar de não apresentarem diferenças significativas, o valor de DC foi inferior ao previsto ($2,3\pm 0,3 \text{ m.ciclos}^{-1} < 2,4\pm 0,2 \text{ m.ciclos}^{-1}$, tabela 6). Não obstante e dada a velocidade significativamente superior registada, também os valores de IN previstos em situação protocolar são superiores $2,9\pm 0,4 \text{ m}^2/\text{c/s} < 3,1\pm 0,5 \text{ m}^2/\text{c/s}$ (tabela 6). Os valores de Πp são inferiores quando comparados aos estimados, respetivamente $40,7\pm 2,9\% < 41,8\pm 2,2\%$ (tabela 6), possivelmente devido a um aumento proporcional da velocidade e FG.

O C está diretamente relacionado com a velocidade de nado e conseqüentemente, é influenciado pela FG e DC (Barbosa et al., 2008). O aumento da FG resulta num maior C e, contrariamente, o aumento da DC promove a diminuição do C (Barbosa et al., 2008). Dadas as diferenças significativas encontradas na velocidade e na FG, também o C estimado para a tarefa, $12,64\pm 2,38 \text{ J.Kg}^{-1}.\text{m}^{-1}$, foi significativamente inferior ao correspondente do esforço realizado, $16,5\pm 1,52 \text{ J.Kg}^{-1}.\text{m}^{-1}$ (tabela 6).

5. Conclusão

A velocidade e tempos estimados a partir da melhor marca e efetivamente realizados para a tarefa 20x100m de nado crol, objetivando zona de intensidade LAn, apresentaram diferenças significativas. Quando confrontados os resultados da tarefa com os determinados através de situação protocolar, também se encontram diferenças significativas na velocidade, FC, FG e, conseqüentemente, no C.

Ao compararmos com o proposto na literatura e previsto a nível metabólico (concentração de lactato), verificamos que alguns atletas respeitaram a zona de intensidade objetivada, pelo que se aconselha cautela dos treinadores no momento de prescrever velocidades de treino unicamente com base em valores percentuais da melhor marca. De modo geral, os resultados parecem enquadrar-se na zona de intensidade para LAn proposta por Maglischo (2003) à semelhança de Skorski et al. (2012).

Numa amostra reduzida foi possível verificar variedade interindividual, pelo que a avaliação individualizada e multidimensional deve estar na base da prescrição do treino.

6. Limitações

O presente estudo experimental não deixa de apresentar algumas limitações relacionadas com algumas das premissas na sua base, nomeadamente (1) a total colaboração e motivação dos nadadores envolvidos, (2) a tarefa prescrita e realizada para a zona de intensidade LAn é efetivamente uma tarefa típica que cumpre com os ideais e objetivos do treinador, (3) as velocidades prescritas serem efetivamente realizadas e (4) as respostas de RPE serem subjetiva e objetivamente correspondentes ao esforço percecionado. Por outro lado, seria importante a repetição do teste incremental 5x300 permitindo assim avaliar a fiabilidade e validade dos resultados obtidos.

7. Referências Bibliográficas

- Barbosa, T., Fernandes, R., Keskinen, K., & Vilas-Boas, J. (2008). The influence of stroke mechanics into energy cost of elite swimmers. *European Journal of Applied Physiology*, 103(2), 139-149. doi: 10.1007/s00421-008-0676-z
- Dekerle, J., Nesi, X., Lefevre, T., Depretz, S., Sidney, M., Marchand, F., & Pelayo, P. (2005). Stroking parameters in front crawl swimming and maximal lactate steady state speed. *International Journal of Sports Medicine*, 26(1), 53-58. doi: 10.1055/s-2004-817854
- Fernandes, R., Sousa, M., Machado, L., & Vilas-Boas, J. (2011). Step Length and Individual Anaerobic Threshold Assessment in Swimming. *International Journal of Sports Medicine*, 32(12), 940-946. doi: 10.1055/s-0031-1283189
- Cheng, B., Kuipers, H., Snyder, A., Keizer, H., 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. doi: 10.1055/s-2007-1021309
- Costill, D., Kovaleski, J., Porter, D., Kirwan, J., Fielding, R., & King, D. (1985). Energy expenditure during front crawl swimming: Predicting success in middle-distance events. *International Journal of Sports Medicine* 6, 266–270.
- Greco, C., Oliveira, M., Caputo, F., Denadai, B., & Dekerle, J. (2013). How narrow is the spectrum of submaximal speeds in swimming? *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(5), 1450-1454. doi: 10.1519/JSC.0b013e318265a6ce
- Komar, J., Leprêtre, P., Alberty, M., Vantorre, J., Fernandes, R., Hellard, P., Seifert, L. (2012). Effect of increasing energy cost on arm coordination in elite sprint swimmers. *Human Movement Science*, 31(3), 620-629. doi: 10.1016/j.humov.2011.07.011
- Maglischo, E. (2003). *Swimming Fastest*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Montpetit, R., Léger, L., Lavoie, J., & Cazorla, G. (1981). VO₂ peak during free swimming using the backward extrapolation of the O₂ recovery curve. *European Journal of Applied Physiology* 47, 385-391.
- Navarro, F. & Arsenio, O. (1999). *Natación II: la natación y su entrenamiento*. Madrid: Gymnos.
- Newell, J., Higgins, D., Madden, N., Cruickshank, J., Einbeck, J., McMillan, K., & McDonald, R. (2007). Software for calculating blood lactate endurance markers. *Journal of Sports Sciences*, 25(12), 1403-1409. doi: 10.1080/02640410601128922

- Pyne, D., & Sharp, R. (2014). Physical and energy requirements of competitive swimming events. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 24(4), 351-359. doi: 10.1123/ijsnem.2014-0047
- Raposo, A. (2017). *Planeamento do Treino Desportivo*. Lisboa: Visão & Contextos.
- Ribeiro, J., Figueiredo, P., Sousa, M., De Jesus, K., Keskinen, K., Vilas-Boas, J., & Fernandes, R. (2015). Metabolic and ventilatory thresholds assessment in front crawl swimming. *J Sports Med Phys Fitness*, 55(7-8), 701-707
- Scruton, A., Baker, J., Roberts, J., Basevitch, I., Merzbach, V., & Gordon, D. (2015). Pacing accuracy during an incremental step test in adolescent swimmers. *Open Access Journal of Sports Medicine*, 6, 249-257. doi: 10.2147/oajsm.s84906
- Skorski, S., Faude, O., Urhausen, A., Kindermann, W., & Meyer, T. (2012). Intensity control in swim training by means of the Individual Anaerobic Threshold. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(12), 3304-3311.
- Schnitzler, C., Seifert, L., & Chollet, D. (2009). Variability of coordination parameters at 400-m front crawl swimming pace. *Journal of Sports Science and Medicine*, 8(2), 203-210
- Sweetenham, B. & Atkinson, J. (2003). *Championship swim training*. Champaign, IL: Human Kinetics
- Valdieso, F. & Feal, A. (2001). *Planificación y control del entrenamiento de natación*. Madrid: Editorial Gymnos.
- Wallace, L., Slattery, K., & Coutts, A. (2009). The ecological validity and application of the Session-RPE method for quantifying training loads in swimming. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(1), 33-38. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181874512
- Zacca, R., Sousa, M., Sousa, A., & Fernandes, R. (2014). Can aerobic power (VO₂max) be assessed by backward extrapolation in swimming? In: IV NSCA International Conference, Murcia, Spain June 26-28, 2014. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28: 1-130.
- Zamparo, P., Bonifazi, M., Faina, M., Milan, A., Sardella, F., Schena, F., & Capelli, C. (2005). Energy cost of swimming of elite long-distance swimmers. *European Journal of Applied Physiology*, 94(5-6), 697-704. doi: 10.1007/s00421-005-1337-0

Considerações Finais

A exigência de alcançar cada vez mais e melhores níveis de desempenho desportivo é acompanhada por desenvolvimento de instrumentos que permitem correta e efetiva avaliação e controlo do treino.

O presente trabalho pretendeu identificar e analisar os mais recentes estudos no âmbito da NPD para realização de um estudo experimental com impacto direto na prescrição do treino. Neste sentido, a avaliação de uma tarefa típica prescrita revelou-se importante. Para otimização do processo de treino, os treinadores devem apostar em procedimentos científicos que permitam individualização. Seria assim interessante realizar esta análise nas várias zonas de intensidade de treino ou mesmo comparar tarefas na mesma zona de intensidade.

Referências bibliográficas

- Maglischo, E. (2003). *Swimming Fastest*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Navarro, F. & Arsenio, O. (1999). *Natacion II: la natación y su entrenamiento*. Madrid: Gymnos.
- Raposo, A.V. (2017). *Planeamento do Treino Desportivo*. Lisboa: Visão & Contextos.
- Sweetenham, B. & Atkinson, J. (2003). *Championship swim training*. Champaign, IL: Human Kinetics

Anexos

ANEXO I

Electronic Supplementary Material Table S1 - Quality criteria used to analyse the quantitative publications

<i>Q1</i>	Was the study purpose stated clearly?	1=Yes	0=No	
<i>Q2</i>	Was relevant background literature reviewed?	1=Yes	0=No	
<i>Q3</i>	Was the design appropriate for the research question?	1=Yes	0=No	
<i>Q4</i>	Was the sample described in detail?	1=Yes	0=No	
<i>Q5</i>	Was sample size justified?	1=Yes	0=No	
<i>Q6</i>	Was informed consent obtained? (if not described, assume No)	1=Yes	0=No	If not applicable, assume NA
<i>Q7</i>	Were the outcome measures reliable? (if not described, assume No)	1=Yes	0=No	
<i>Q8</i>	Were the outcome measures valid? (if not described, assume no)	1=Yes	0=No	
<i>Q9</i>	Was method described in detail?	1=Yes	0=No	
<i>Q10</i>	Were results reported in terms of statistical significance?	1=Yes	0=No	
<i>Q11</i>	Were the analysis methods appropriate?	1=Yes	0=No	
<i>Q12</i>	Was importance for the practice reported?	1=Yes	0=No	
<i>Q13</i>	Were any drop-outs reported?	1=Yes	0=No	If not applicable, assume NA
<i>Q14</i>	Were conclusions appropriate given the study methods?	1=Yes	0=No	
<i>Q15</i>	Are there any implications for practice given the results of the study?	1=Yes	0=No	
<i>Q16</i>	Were limitations of the study acknowledged and described by the authors?	1=Yes	0=No	

ANEXO II

TERMO DE CONSENTIMENTO

CONSENTIMENTO INFORMADO, ESCLARECIDO E LIVRE PARA PARTICIPAÇÃO EM ESTUDOS DE INVESTIGAÇÃO (de acordo com a Declaração de Helsínquia e a Convenção de Oviedo)

Título do estudo: Prescrição e Controlo de treino de natação pura desportiva na zona de limiar láctico.

Enquadramento: Agradecemos que tenha demonstrado interesse em participar neste projeto de investigação. Por favor leia cuidadosamente esta folha informativa antes de decidir autorizar a participação no teste. Este projeto insere-se no âmbito das Ciências do Desporto, na área do Treino Desportivo, mais especificamente no controlo e avaliação do treino, com vista a avaliação da capacidade aeróbia de nadadores. Com o objetivo de obtenção de grau de Mestre por parte da investigadora principal, Rita Varandas, sob orientação dos Professores Doutor Luís Rama e Doutor Hugo Sarmento.

Explicação do estudo: A prescrição de intensidades ótimas para melhorias da capacidade aeróbia é fundamental e determinante para a performance na natação pura desportiva. Neste sentido, o presente estudo pretende comparar as intensidades (velocidades) determinadas por um protocolo de avaliação com uma tarefa típica prescrita pelo treinador que se enquadre na zona de intensidade limiar láctico. Consequentemente visa comparação de variáveis fisiológicas (consumo de oxigénio, lactatemia e frequência cardíaca), biomecânicas (frequência gestual, índice de nado, distância de ciclo, eficiência propulsiva) e psicológicas (perceção do esforço), encontradas em situação protocolar e na realização da tarefa prescrita pelo treinador.

Ao tomar parte neste protocolo de avaliação, serão recolhidas as principais medidas corporais representativas da morfologia bem como os dados cinemáticos, utilizando-se para o efeito recolha de imagens durante os testes. Serão igualmente recolhidos/registados os valores de frequência cardíaca, consumo de oxigénio, perceção de esforço (escala de Borg CR-10) e será realizada a colheita de uma micro amostra de sangue capilar no dedo para determinação da concentração de lactato. Após determinação do lactato, as amostras de sangue serão de imediato descartadas para recipiente próprio, à responsabilidade da investigadora principal, e posteriormente entregues no laboratório de biocinética onde serão recolhidas por empresa especializada na destruição destes resíduos.

Condições e financiamento: O financiamento será assegurado pela investigadora principal e pela faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra. A participação no estudo é de carácter voluntário, com a possibilidade de desistir a qualquer momento, sem

qualquer desvantagem para o próprio. Esclarecemos que os testes serão conduzidos por técnicos e investigadores qualificados da Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física.

Confidencialidade e anonimato: Os dados serão confidenciais e somente a equipa de investigação terá acesso aos mesmos. Mais se informa que os resultados poderão ser publicados, sendo protegidos no que se refere à transmissibilidade e anonimato. No final será disponibilizado um relatório com os dados recolhidos a quem o solicitar.

Agradecemos a sua participação no presente estudo. Em caso de dúvidas ou incerteza, não hesite em contactar.

Investigadora Rita Varandas, contacto 915 947 617, email rita.jbv@gmail.com.

Por favor, leia com atenção a seguinte informação. Se achar que algo está incorreto ou que não está claro, não hesite em solicitar mais informações. Se concorda com a proposta que lhe foi feita, queira assinar este documento.

Assinatura/s de quem pede consentimento:

Declaro ter lido e compreendido este documento, bem como as informações verbais que me foram fornecidas pela/s pessoa/s que acima assina/m. Foi-me garantida a possibilidade de, em qualquer altura, abandonar a participação neste estudo sem qualquer tipo de consequências. Desta forma, aceito participar neste estudo e permito a utilização dos dados que de forma voluntária forneço, confiando em que apenas serão utilizados para esta investigação e nas garantias de confidencialidade e anonimato que me são dadas pelo/a investigador/a.

Nome:

Assinatura:... .. **Data:** /..... /.....

SE NÃO FOR O PRÓPRIO A ASSINAR POR IDADE OU INCAPACIDADE

(se o menor tiver discernimento deve também assinar em cima, se consentir)

NOME:

BI/CC N.º: **DATA OU VALIDADE** /..... /.....

GRAU DE PARENTESCO OU TIPO DE REPRESENTAÇÃO:

ASSINATURA
... ..

ESTE DOCUMENTO É COMPOSTO DE 2 PÁGINA /S E FEITO EM DUPLICADO: UMA VIA PARA O /A INVESTIGADOR /A, OUTRA PARA A PESSOA QUE CONSENTE

ANEXO III

ESCALA DE BORG CR-10

0	Nenhuma
0,5	Muito, muito leve
1	Muito leve
2	Leve
3	Moderada
4	Pouco intensa
5	Intensa
6	
7	Muito intensa
8	
9	Muito, muito intensa
10	Máxima