

PEDRO MIGUEL PINTO DA SILVA

**A INFLUÊNCIA, NO CÁLCULO DA VELOCIDADE
CRÍTICA, DE DIFERENTES COMBINAÇÕES DE
DISTÂNCIAS DE NADO**

Orientadora: Professora Doutora Raquel Maria dos Santos Barreto Saraja Madeira

Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias

Faculdade de Educação Física e Desporto

Lisboa

2019

PEDRO MIGUEL PINTO DA SILVA

**A INFLUÊNCIA, NO CÁLCULO DA VELOCIDADE
CRÍTICA, DE DIFERENTES COMBINAÇÕES DE
DISTÂNCIAS DE NADO**

Dissertação defendida em provas públicas na
Universidade Lusófona de Humanidades e
Tecnologias, no dia 11 de fevereiro de 2019,
perante o júri, nomeado pelo Despacho de
Nomeação nº 22/2019, de 28 de janeiro de 2019,
com a seguinte composição;

Presidente: Professor Doutor Jorge dos Santos
Proença Martins

Arguente: Professor Doutor Paulo Jorge Rodrigues
Cunha

Orientadora: Professora Doutora Raquel Maria dos
Santos Barreto Sajara Madeira

Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias

Faculdade de Educação Física e Desporto

Lisboa

2019

Nenhuma receita mirabolante substitui o bom e velho trabalho duro.

André Agassi

Dedico este trabalho à minha amiga e namorada, Cátia Angélica Teixeira e em especial à minha mãe, pela educação e valores que me transmitiu!

Agradecimentos

À minha família e em especial, à minha mãe, pelo incentivo e força que proporcionou as melhores condições possíveis para a realização desta etapa.

À Cátia Angélica Teixeira, namorada e amiga especial, pelo amor, amizade, companheirismo, atenção, carinho, paciência e estímulo na conclusão deste projeto.

À Professora Doutora Raquel Madeira, pelo papel fundamental que teve como orientadora deste trabalho.

Aos colegas do Mestrado que estiveram ao meu lado durante todo o primeiro ano, pela partilha de conhecimentos e companheirismo.

Ao Clube e à amostra que me concederam para o desenvolvimento do presente trabalho.

Ao Exército Português e a todos que fazem parte dele, que fizeram de mim a pessoa que sou hoje.

À Direção Regional de Cultura do Norte e todos os seus colaboradores, pela confiança e incentivo que me proporcionaram.

E por último, a todos que se cruzaram comigo, e que de alguma forma, ajudaram a que este projeto fosse possível.

Resumo

A Influência, no Cálculo da Velocidade Crítica, de Diferentes Combinações de Distâncias de Nado

A avaliação da capacidade aeróbia é fundamental para a prescrição e controlo do treino. De forma a evitar os métodos invasivos que são extremamente morosos e dispendiosos, foi usado um método de controlo não invasivo e extremamente simples, a Velocidade Crítica (VC) na modalidade de Natação Pura Desportiva (NPD).

O objetivo do presente estudo foi verificar a influência da utilização de diferentes combinações de distâncias de nado, no cálculo da VC e da Capacidade de Trabalho Anaeróbia (CTA), utilizando diversas distâncias de nado (curtas, médias e longas distâncias).

Foram avaliados 14 atletas federados em NPD de uma equipa de natação do distrito do Porto, sendo 11 nadadores do género masculino (78,57%) e 3 do género feminino (21,43%), com idades compreendidas entre os 13 e os 25 anos ($17,36 \pm 4,09$).

A VC foi determinada pelo coeficiente angular e a CTA pelo coeficiente linear da reta de regressão linear, entre as distâncias e os tempos obtidos nas repetições. Para determinar a VC e a CTA utilizou-se cinco distâncias (50, 100, 200, 400 e 800m) com o intervalo de 24 horas entre cada repetição. Posteriormente, realizou-se quatro combinações de distâncias: VC1 (50, 100 e 200m), VC2 (100, 200 e 400m), VC3 (200, 400 e 800m) e VC4 (50, 100, 200, 400 e 800m).

Para verificar a normalidade na distribuição dos dados, realizou-se o teste estatístico de Shapiro-Wilk. A ANOVA One-Way foi utilizada para comparar a VC e CTA nas diferentes combinações de distâncias de nado ($p < 0,05$).

Observou-se que a combinação de curtas distâncias (VC1) da variável VC ($1,25 \pm 0,19$ m/s) foi consideravelmente maior em comparação com a combinação de médias (VC2) e longas (VC3) distâncias ($1,21 \pm 0,19$; $1,13 \pm 0,16$; $1,15 \pm 0,17$ m/s). Ao invés, as combinações de curtas distâncias (VC1) da variável CTA ($10,40 \pm 2,99$ m) foram inferiores em comparação com as restantes distâncias ($15,05 \pm 6,82$; $33,30 \pm 19,68$; $20,88 \pm 82$ m).

Perante os dados obtidos, concluiu-se que as distâncias utilizadas têm grande interferência nos valores da VC e da CTA, podendo conduzir a situações de estimação do limiar anaeróbio acima ou abaixo do valor esperado, com maior evidência nas menores distâncias utilizadas.

Palavras-Chave: Velocidade Crítica, Capacidade de trabalho anaeróbia, Natação, Limiar Anaeróbio, Lactato.

Abstract

The influence of distinct swimming distances combinations in critical speed estimation

Evaluation aerobic capacity is pivotal in the prescription and control of training. In order to avoid invasive methods, expensive and time consuming, we used a non-invasive and simple method, Critical Speed (CP) in swimming.

The purpose of the present study was to verify the using influence of different combinations of swimming distances, in the estimation of CP and Anaerobic Work Capacity (AWC), using different swimming distances (short, medium and long distances).

Fourteen federate athletes in swimming, from a swimming team in the district of Porto were evaluated, 11 males (78,5%) and 3 females (21,43%), aging from 13 and 25 years ($17,36 \pm 4,09$).

CP was determined through angular coefficient, and AWC through linear regression analysis between the distances and the times obtained throughout the repetitions. In order to determine CP and AWC, we used five distances (50,100, 200, 400 and 800 m) with a 24 hours interval between repetitions. Afterwards, four distance combinations were used: CP1 (50, 100 and 200 m), CP2 (100, 200 and 400 m), CP3 (200, 400 and 800) and CP4 (50, 100, 200, 400 and 800 m).

A Shapiro-Wilk test was used in order to verify normality in data distribution. ANOVA one way was used to compare CP and AWC in different combinations of swimming distances ($p < 0,05$).

We observed that the short distance combination (CP1) of the CP variable ($1,25 \pm 0,19$ m/s) was considerably higher when compared with those of medium (CP2) and long (CP3) distances ($1,21 \pm 0,19$; $1,13 \pm 0,16$; $1,15 \pm 0,17$ m/s). On the contrary, short distance combinations (CP1) of the AWC variable ($10,40 \pm 2,99$ m) were lowers when compared with the other distances ($15,05 \pm 6,82$; $33,30 \pm 19,68$; $20,88 \pm 82$ m).

Results suggest that distances do have significant interference on the CP and AWC values, which may lead to situations of anaerobic threshold estimation above or below the expected value, with greater evidence of the shorter distances used.

Keywords: Critical Speed, Anaerobic Work Capacity, Swimming, Anaerobic Threshold, Lactate.

Lista de Abreviaturas e Símbolos

ADP – Adenosina Difosfato;

ATP – Adenosina Trifosfato;

AWC – Anaerobic Work Capacity;

°C – Graus Celsius;

CP – Critical Speed;

CTA – Capacidade de Trabalho Anaeróbio;

d – Distância;

EEML – Estado Estacionário Máximo de Lactato;

F. – Fatores;

H⁺ – Hidrogénio;

IMC – Índice de Massa Corporal;

LAn – Limiar Anaeróbio;

m – Metros;

m/s – Metros por segundo;

mins. – Minutos;

mmol – Milimoles;

NPD – Natação Pura Desportiva;

OBLA – Início da Acumulação de Lactato Sanguíneo;

O₂ – Oxigénio;

PC – Potência Crítica;

PCr – Fosfocreatina;

PFK – Fosfofrutoquinase;

P_{met} – Potência metabólica total;

P_{alac} – Energia Produzida pela via Anaeróbia Aláctico;

P_{lac} – Energia Produzida pela via Anaeróbia Láctico;

P_{aer} – Energia Produzida pela via Aeróbia;

pH – Potencial de Hidrogénio;

r – Coeficiente de correlação de *Pearson*;

r^2 – Coeficiente de determinação;

s – Segundos;

t – Duração/tempo;

VC – Velocidade Crítica;

V_{Med} – Velocidade Média;

V_{OBLA} - Velocidade de nado com o início da acumulação de lactato no sangue (4 mmol);

VO_2 – Consumo de Oxigénio;

VO_{2max} – Consumo Máximo de Oxigénio;

vs – Versus;

V400 – Velocidade Média aos 400 metros.

Índice Geral

Agradecimentos.....	4
Resumo.....	5
Abstract	7
Lista de Abreviaturas e Símbolos	9
Índice Geral	11
Índice de Tabelas.....	13
Índice de Figuras	14
Índice de Equações.....	15
Índice de Quadros	15
Introdução	16
Capítulo I – Enquadramento Teórico	19
1.1 – Metabolismos de fornecimento energético na Natação Pura Desportiva.....	19
1.2 – Limiar Anaeróbio	21
1.3 – Velocidade Crítica.....	23
1.3.1 – Conceito e Origem da Velocidade Crítica.....	23
1.3.2 – Velocidade Crítica na modalidade de Natação	25
1.3.3 – Capacidade de Trabalho Anaeróbio	28
1.3.4 – Determinação da Velocidade Crítica e Capacidade de Trabalho Anaeróbia ...	29
Capítulo II – Objetivos do Estudo.....	31
2.1 – Objetivos do Estudo	31
2.1.1 – Geral	31
2.1.2 – Objetivos específicos	31
Capítulo III – Hipóteses	32
3.1 – Hipóteses	32

Capítulo IV – Metodologia	33
4.1 – Amostra	33
4.1.1 – Seleção da Amostra.....	33
4.1.2 – Caracterização da Amostra.....	33
4.2 – Procedimentos	35
4.2.1 – Procedimentos para recolha de dados	35
4.2.2 – Procedimentos para determinação da VC e CTA.....	36
4.2.3 – Procedimentos para determinação da V_{Med}	37
4.2.4 – Procedimentos estatísticos para análise dos dados.....	37
Capítulo V – Apresentação de resultados	39
Capítulo VI – Discussão.....	49
Conclusão	53
Limitações do estudo.....	54
Recomendações para futuros estudos.....	54
Referências Bibliográficas	55
Anexos.....	62
Anexo I – Consentimento Informado.....	62

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Caracterização geral, antropométrica e anamnese do treino da amostra do estudo (valores médios, desvio padrão, mínimos e máximos)	34
Tabela 2 – Tempos (s) e velocidades (m/s) médias, desvio padrão, mínimos e máximos nas distâncias de 50, 100, 200, 400 e 800m	39
Tabela 3 – Valores médios, desvio padrão, mínimos e máximos da VC (m/s) nas diferentes combinações de distâncias de nado (VC1; VC2; VC3 e VC4)	41
Tabela 4 – Valores médios, desvio padrão, mínimos e máximos da CTA (m) nas diferentes combinações de distâncias de nado (VC1; VC2; VC3 e VC4)	43
Tabela 5 – Valores médios, desvio padrão, mínimos e máximos do coeficiente de determinação entre a VC e a CTA nas diferentes combinações de distâncias de nado (VC1; VC2; VC3 e VC4)	45
Tabela 6 – Valores médios, desvio padrão, mínimos e máximos do coeficiente de correlação de Pearson entre a VC e a CTA nas diferentes combinações de distâncias de nado (VC1; VC2; VC3 e VC4)	47

Índice de Figuras

Figura 1– Diagrama demonstrativo dos fatores condicionantes do rendimento desportivo de um nadador (Fernandes, 1999, citado por Fernandes & Vilas-Boas, 2006)	16
Figura 2 – Exemplo do cálculo da velocidade crítica (VC) e da capacidade de trabalho anaeróbio (CTA), usando a equação 3 - regressão linear na obtenção da VC3 de um atleta na combinação das distâncias de 200, 400 e 800m. O coeficiente angular representa a velocidade crítica (m/s) e o coeficiente linear representa a capacidade de trabalho anaeróbia (m) (figura explicativa retirada de Machado et al., 2009)	36
Figura 3 – Gráfico demonstrativo da queda da velocidade média (m/s) com o aumento das distâncias de nado	40
Figura 4 – Gráfico demonstrativo do desempenho da VC (m/s) nas diferentes combinações de distâncias de nado (VC1; VC2; VC3 e VC4).....	42
Figura 5 – Gráfico demonstrativo do desempenho da CTA (m) nas diferentes combinações de distâncias de nado (VC1; VC2; VC3 e VC4).....	44

Índice de Equações

Equação 1 – Potência metabólica total (retirada de Rodriguez & Mader, 2011).....	19
Equação 2 – Determinação da Potência Crítica (adaptada de Monod & Scherrer, 1965) ...	24
Equação 3 – Equação de regressão linear	29
Equação 4 – Cálculo da velocidade média (Ettema, 1966).....	37

Índice de Quadros

Quadro 1 - Contribuição relativa dos sistemas energéticos em provas de natação. Valores (em percentagem) de vários estudos (adaptado de Rodríguez & Mader, 2011)	20
Quadro 2 - Estimativas da contribuição energética, nas vias anaeróbias e aeróbias, durante períodos de exercícios máximos (adaptado de Gatin, 2001)	20
Quadro 3 - Sistemas energéticos partilhados durante provas de crol, em nadadores de topo (valores obtidos por simulação computadorizada) (adaptado de Rodríguez & Mader, 2011) ..	21
Quadro 4 – Comparação entre os estudos de Wakayoshi et al. (1992a), Wakayoshi et al. (1992b) e Wakayoshi et al. (1993).....	26

Introdução

A modalidade de natação, na vertente competitiva, denominada como Natação Pura Desportiva (NPD), é uma modalidade desportiva individual, cíclica e fechada, onde os movimentos dos membros superiores e inferiores são sequenciados para uma deslocação/propulsão regular e contínua (Fernandes & Vilas-Boas, 2006).

O treino é um processo de extrema complexidade, onde o principal objetivo passa pela melhoria da condição física dos atletas no contexto competitivo, podendo haver vários fatores condicionantes na melhoria do rendimento (Fernandes & Vilas-Boas, 2006):

- Fatores Genéticos;
- Fatores Biomecânicos;
- Fatores Bioenergéticos;
- Fatores Psicológicos;
- Fatores Contextuais.

A figura 1 representa um diagrama demonstrativo de todos os fatores condicionantes e como estão interligados no rendimento desportivo de um atleta nadador.

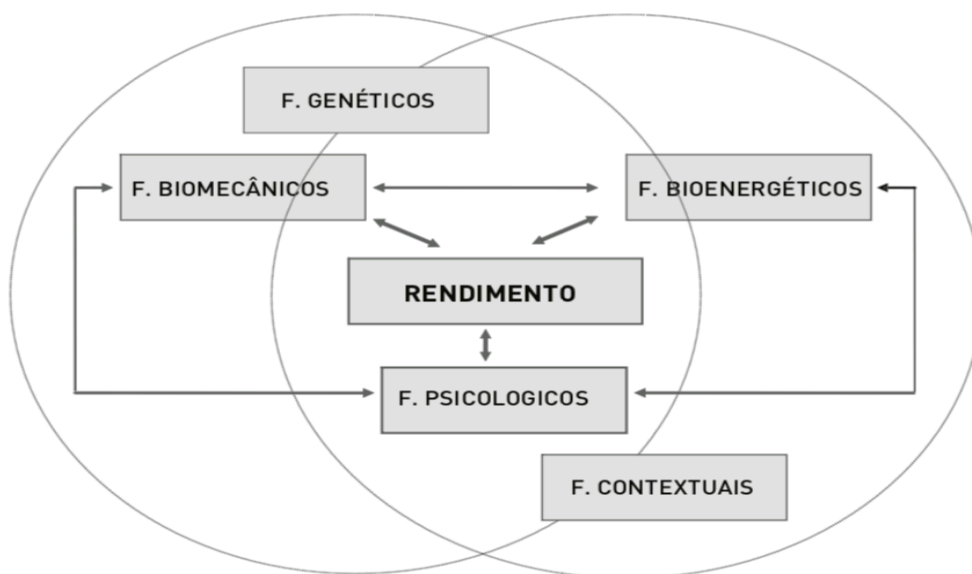


Figura 1– Diagrama demonstrativo dos fatores condicionantes do rendimento desportivo de um nadador (Fernandes, 1999, citado por Fernandes & Vilas-Boas, 2006)

O controlo e avaliação sistemática do treino constitui uma ferramenta fundamental para o aumento da eficiência do atleta (nadador), estabelecendo volumes e intensidades ideais de treino, para isso devem ser utilizados métodos fidedignos e práticos de monitorização (Fernandes, 2011).

O treino na NPD deve ser planeado e controlado ao pormenor, onde todos os fatores condicionantes do rendimento desportivo devem ser bem estudados em cada atleta. Sendo os fatores bioenergéticos um dos fatores com maior importância no treino da NPD, particularmente o funcionamento de cada sistema fornecedor de energia, capacidade e potencialidade em cada ambiente fisiológico e celular (Vilas-Boas, 2000). Uma vez que o sistema muscular produz energia mecânica através de reações químicas, pertencendo à bioenergética estudar todas as reações na conversão de energia química em mecânica, pela aplicação de princípios básicos da termodinâmica aos princípios biológicos (Pereira, 2016).

Durante o exercício físico, o organismo altera o seu funcionamento de forma a dar continuidade ao mesmo pelo maior período de tempo possível. Para que o exercício seja exequível, é necessário a presença e o aumento de oxigénio no tecido muscular, caso contrário (pouca oferta de oxigénio) pode levar ao comprometimento do desempenho sobretudo em períodos mais longos (Machado, Guglielmo & Denadai, 2002).

Nos fatores bioenergéticos podemos encontrar duas vias de fornecimento de energia, a via anaeróbia (imediata e extremamente rápida no fornecimento de energia) que funciona quando a produção energética é superior ao consumo de oxigénio (O_2) *deficit* de O_2 e a via aeróbia (lenta no fornecimento, mas com enorme capacidade) que funciona quando a produção energética e o consumo de O_2 se igualam (Guyton & Hall, 2006; Guyton & Hall, 2017; McArdle, Katch & Katch 2016; Powers & Howley, 2017; Wilmore & Costil, 2001). No entanto, no sistema glicolítico (anaeróbio láctico) em esforços de intensidade elevada pode levar ao acumular de lactato, podendo causar acidose sistémica e consequente redução do pH (potencial de hidrogénio) no tecido muscular e previsivelmente inibição do trabalho normal de algumas enzimas glicolíticas, como a fosfofrutoquinase (PFK) (Machado & Marques, 2013; Rodriguez & Mader, 2011; McArdle et al., 2016; Terci & Rossi, 2002; Rossi & Tirapegui, 1999; Wilmore & Costil, 2001).

De forma a aumentar a eficiência do treino de um nadador, os treinadores implementam estratégias no controlo e avaliação do treino. Para avaliar a condição aeróbia e anaeróbia dos nadadores, o mais utilizado é o parâmetro do limiar anaeróbio (LAn), fornecendo informações importantes sobre os níveis da capacidade aeróbia do nadador (Fernandes, 2011). Para obter este parâmetro são utilizados métodos invasivos (colheita de sangue para análise da concentração de lactato), envolvendo grande dispêndio monetário e de tempo (Fernandes, 2011).

Para contrariar as restrições dos métodos invasivos, na década de 90 foi desenvolvido e adaptado à NPD um novo método de avaliação, denominado por velocidade crítica (VC), definido pela velocidade máxima de nado que pode ser mantida por um longo período de tempo sem exaustão, sendo um parâmetro intimamente relacionado com o limiar anaeróbio. A VC é de facto um método válido para a avaliação da capacidade aeróbia de um nadador, expressa pelo declive da reta de regressão entre a distância de nado (d) e a duração (t) para percorrer essa mesma distância (Fernandes, 2011; Wakayoshi et al., 1992a; Wakayoshi et al., 1992b).

A VC é um dos métodos que tem merecido muita atenção pela comunidade científica e treinadores, sendo um método extremamente barato e prático, com a vantagem de ser um método não invasivo, na avaliação e controlo do treino (Raimundo et al., 2017; Kokubun, 1996), nomeadamente na determinação do limiar anaeróbio (Costa, Costa & Marinho, 2015; Kokubun, 1996).

Capítulo I – Enquadramento Teórico

1.1 – Metabolismos de fornecimento energético na Natação Pura Desportiva

O calendário competitivo da NPD leva a que o atleta tenha que estar preparado para competir em diversas distâncias, visto que existe um leque extremamente abrangente de provas, que difere entre os 50 aos 1500m (FPN, 2018; Rodriguez & Mader, 2011; Matos & Castro, 2013) em quatro técnicas de nado (crol, costas, bruços e mariposa) (Matos & Castro, 2013). Sendo que o desempenho é determinado pela capacidade metabólica, arrasto e eficiência propulsiva (Huang et al., 2010).

A intensidade do esforço e a importância relativa de cada metabolismo (anaeróbio e aeróbio), variam consoante o tempo de exercício e, conseqüentemente, a distância de nado. Daí a importância do papel do treinador em fazer compreender ao atleta o perfil metabólico a adotar em cada prova (distância nadada em determinada intensidade e tempo), sendo um processo a desenvolver no planeamento anual de treino de cada atleta (Ogita, 2006).

Rodriguez e Mader (2011) descrevem a equação 1 para calcular a contribuição relativa dos três sistemas energéticos em determinado momento, visto que a potência metabólica necessária para nadar em velocidade máxima varia de acordo com a distância, portanto, sobre o tempo nadado em intensidade máxima.

$$P_{met} = P_{alac} + P_{lac} + P_{aer}$$

Equação 1 – Potência metabólica total (retirada de Rodriguez & Mader, 2011)

A equação 1 descreve que P_{met} é a potência metabólica total e $P_{alac} + P_{lac} + P_{aer}$ representam as fontes energéticas utilizadas (P_{alac} – anaeróbio alático; P_{lac} – anaeróbio láctico e P_{aer} – aeróbio).

O quadro 1 apresenta a contribuição relativa de cada sistema energético, adaptada à modalidade de NPD, especificado a cada tipo de prova (curta, média e longa distância).

Quadro 1 - Contribuição relativa dos sistemas energéticos em provas de natação. Valores (em percentagem) de vários estudos (adaptado de Rodríguez & Mader, 2011)

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

* Para nadadores de estilo livre masculino, assumindo que a contribuição energética é semelhante ao género feminino.

Já o quadro 2 apresenta a contribuição relativa de cada sistema energético em intensidades máximas em períodos de tempo (s).

Quadro 2 - Estimativas da contribuição energética, nas vias anaeróbias e aeróbias, durante períodos de exercícios máximos (adaptado de Gatin, 2001)

Duração de exercício exaustivo (s)	Contribuição Anaeróbia (%)	Contribuição Aeróbia (%)
0-10	94	6
0-15	88	12
0-20	82	18
0-30	73	27
0-45	63	37
0-60	55	45
0-75	49	51
0-90	44	56
0-120	37	63
0-180	27	73
0-240	21	79

O fornecimento energético nos momentos iniciais de cada prova provêm do sistema anaeróbio (ATP-PCr), o sistema aeróbio também é ativo no início da prova, mas por limitação deste sistema é algo vagaroso no fornecimento de energia, impossibilitando o aporte energético para manutenção do esforço máximo necessário para o decorrer da prova, assim, o sistema glicolítico entra em pleno funcionamento, o que origina o acumular de ácido

lático no tecido muscular (Gastin, 2001). Posteriormente, este ácido láctico poderá ser utilizado para transformar novamente glicose ou ácido pirúvico, substrato utilizado pela via aeróbia na produção de ATP. O quadro 3 faz-nos perceber que todas as provas competitivas na modalidade de natação, no âmbito da comparticipação energética de cada sistema fornecedor de ATP, com a particularidade de nos fazer perceber a relação tempo/distância por contribuição de cada sistema.

Quadro 3 - Sistemas energéticos partilhados durante provas de crol, em nadadores de topo (valores obtidos por simulação computadorizada) (adaptado de Rodríguez & Mader, 2011)

Distância	Tempo *	Anaeróbio Aláctico (%)	Anaeróbio Láctico (%)	Aeróbio (%)
50 m	22"	38	58	4
100 m	48"	20	39	41
200 m	1'45"	13	29	58
400 m	3'45"	6	21	73
800 m	7'50"	4	14	82
1500 m	14'50"	3	11	86

* Tempos de referência para nadadores masculinos de top em crol (2008). As contribuições relativas de energia são semelhantes no género feminino nas mesmas distâncias.

Alves (2002) afirma que na generalidade das provas na modalidade de natação à exceção da prova de 50m, implicam a predominância dos fatores de resistência (aeróbio). Rodríguez e Mader (2011) através do quadro 3 confirmam a teoria de Alves (2002), mas de forma isolada (aeróbio 41% contra 20% + 39% anaeróbia), pois nas provas de 100m a via anaeróbia combinada tem a contribuição de 59% contra 41% da aeróbia. Desta forma, pode-se concluir que a via anaeróbia combinada (aláctico e láctico) tem preponderância nas provas de curtas distâncias (50m e 100m), enquanto o sistema aeróbio predomina nas provas de média (200m e 400m) e longa (800m e 1500m) distância.

1.2 – Limiar Anaeróbio

O limiar anaeróbio (LAn) é a zona metabólica onde deixa de haver o equilíbrio entre a produção e remoção do ácido láctico do corpo (Silva et al., 1999; Zagatto et al., 2004). A determinação do LAn é um dos fatores mais importantes na avaliação e controlo do treino (Silva et al., 1999), representando um parâmetro na avaliação aeróbia (Zagatto et al., 2004; Moreira, Simões, Hiyane, Campbell & Simões, 2007). Segundo McArdle et al., (2016) o limiar de lactato é o ponto que representa um nível de exercício em que a hipoxia tecidual

desencadeia o desequilíbrio entre a formação e a eliminação do lactato, com consequente aumento de lactato na corrente sanguínea (com um valor fixo de 2,5 milimoles de lactato).

O início da acumulação de lactato sanguíneo (OBLA), o estado estacionário máximo de lactato (EEML) ou o LAn dá-se quando as concentrações de lactato encontram-se no valor de 4 mmol (Pereira, 2017; McArdle et al., 2016; Borges, 2016; Wilmore & Costil, 2001).

Segundo Pereira (2017), a escola francesa utiliza o indicador de 2 mmol para o limiar de lactato e designa-o por limiar aeróbio. As intensidades situadas entre 2 e 4 mmol, correspondem à transição aeróbia/anaeróbia, onde designam por limiar anaeróbio.

Para Vilas-Boas (2000) a capacidade oxidativa, na qual se pode entender pela quantidade total de energia suscetível de ser fornecida pelo metabolismo oxidativo, mas que na modalidade de natação, parece dever ser entendida predominantemente em termos de quantidade máxima de energia suscetível de ser disponibilidade por unidade de tempo em equilíbrio metabólico oxidativo (sem acumulação de lactato e iões de hidrogénio (H^+), inibidores a prazo do metabolismo glicolítico), a qual se consubstancia na noção de limiar anaeróbio (Vilas-Boas, 2000).

A determinação da capacidade aeróbia através da LAn em ambiente de laboratório, exige a utilização de equipamentos sofisticados, além do elevado custo por atleta, tornando-se a sua aplicação extremamente limitada. Em alternativa pode-se usar os métodos não invasivos, como o teste de 12 minutos (mins.) cooper (Silva, Santos, Santhiago & Gobatto, 2005; Ruivo, 2015) ou o teste da velocidade crítica na modalidade de natação ($r = 0,818$) (Wakayoshi et al., 1992a).

1.3 – Velocidade Crítica

1.3.1 – Conceito e Origem da Velocidade Crítica

A velocidade crítica (VC) tem merecido grande atenção pela comunidade científica (investigadores) e treinadores, como sendo uma das técnicas não invasivas de determinação do limiar anaeróbio, no que diz respeito à avaliação e controlo do treino na modalidade de natação (Costa et al., 2015; Kokubun, 1996). Baseia-se na relação entre desempenhos em diferentes distâncias de nado com os respetivos tempos, contribuindo para um válido, económico e prático método de avaliação da capacidade aeróbia na natação como em qualquer outra modalidade desportiva cíclica (Raimundo et al., 2017). A VC é ainda distinguida por ser um método não invasivo e por se poder aplicar no próprio local de treino e em número ilimitado de atletas, sem a utilização de materiais dispendiosos (Dekerle, Sidney, Hespel & Pelayo, 2002).

A VC foi introduzida e testada em diversas modalidades desportivas por Ettema (1966), através do conceito original da potência crítica de Monod e Scherrer (1965), descrevendo como sendo a velocidade máxima que pode ser mantida durante um longo período de tempo sem atingir a exaustão.

O conceito de potência crítica (PC) foi descrito e desenvolvido pela primeira vez por Monod e Scherrer (1965) para os músculos (ou grupos musculares) sinérgicos (músculo com a mesma ação da alavanca óssea), descrevendo como a intensidade máxima de um exercício que um músculo (ou grupo muscular) é capaz de manter durante um longo período de tempo sem atingir a exaustão. Considera-se exaustão quando o músculo não consegue manter a intensidade originalmente imposta (Monod & Scherrer, 1965). Estes autores afirmam ainda que a potência crítica é obtida através do valor do declive da reta de regressão linear entre as duas variáveis (total de trabalho realizado pelo músculo e o tempo total até atingir a exaustão), ou seja, havendo uma relação linear direta entre o trabalho e o tempo máximo até ao início da exaustão. Monod e Scherrer (1965) aplicaram a equação 2 como forma de calcular a PC do músculo (ou grupo muscular), onde “W” representa o trabalho local; “a” corresponde à reserva energética utilizada; “b” simboliza a potência crítica (PC) e o “t” expõe a duração do tempo sem atingir a exaustão:

$$W = a + b \cdot t \Leftrightarrow W = a + PC \cdot t$$

Equação 2 – Determinação da Potência Crítica (adaptada de Monod & Scherrer, 1965)

No estudo efetuado por Dekerle (2006), e na aplicabilidade da equação 2, demonstra-nos com maior clareza que quanto maior for a potência utilizada, menor será o tempo até à exaustão, demonstrando mais uma vez a relação direta entre a potência vs tempo até ao início da exaustão.

No início dos anos 80, Moritani, Nagata, DeVries e Muro (1981) aplicaram o conceito de potência crítica de Monod e Scherrer (1965), mas associando ao trabalho total corporal e não ao trabalho muscular (ou grupo muscular), através do uso de uma bicicleta ergométrica. Os mesmos autores conseguiram ainda observar que a potência crítica correlaciona-se positivamente de forma significativa com o $VO_2\text{max}$ ($r = 0,956$) e o limiar anaeróbio ventilatório ($r = 0,928$). Posteriormente, Jenkins e Quigley (1990) confirmaram os dados de Monod e Scherrer (1965) e Moritani et al., (1981) encontrando uma forte relação linear direta ($r > 0,99$) entre o trabalho realizado e o tempo máximo até ao início da exaustão, e também sendo reconhecido como um método confiável na medição do limiar anaeróbio através da potência crítica ($r = 0,93$).

Hill (1993) realizou uma revisão da literatura sobre o conceito da potência crítica, onde afirma que este conceito baseia-se na relação hiperbólica entre a produção de energia (potência realizada) e o tempo de produção de energia que pode ser sustentado (sem atingir a exaustão), validando o conceito de PC como um parâmetro de avaliação da potência máxima sustentável, e validando ainda a capacidade de trabalho anaeróbio (CTA) como um parâmetro de avaliação da capacidade anaeróbia individual. Sendo possível verificar o relacionamento com base nos dados obtidos de 3 a 7 séries cronometradas (Hill, 1993). Teoricamente Hill (1993) afirma que a relação hiperbólica, assíntota da PC, pode ser sustentada sem fadiga, de facto, a fadiga apenas ocorre cerca 30 a 60 minutos depois do exercício à PC, estando a PC relacionada com o limiar de fadiga, os limiares ventilatório e de lactato e consequentemente o consumo máximo de oxigénio ($VO_2\text{max}$), fornecendo uma medida da capacidade aeróbia (Hill, 1993). Outro parâmetro da relação, a capacidade de trabalho anaeróbia (CTA) está relacionada com o teste anaeróbio de Wingate de 30 segundos, trabalho em exercício intermitente de alta intensidade e défice de oxigénio, fornecendo uma

medida da capacidade anaeróbia (Hill, 1993; Franchini, 2002). Nos diversos estudos relatados por Hill (1993) constata-se que a PC aumentou depois de exercício de resistência e a CTA também aumentou após exercícios de alta intensidade, podendo concluir-se que a PC está relacionada com os exercícios aeróbios.

1.3.2 – Velocidade Crítica na modalidade de Natação

A velocidade crítica foi introduzida e adaptada à NPD por Wakayoshi et al., (1992a) como sendo a velocidade máxima de nado que pode ser mantida durante um longo período de tempo sem atingir a exaustão, expressa pelo declive da reta de regressão entre a distância de nado (d) e a duração (t) para percorrer essa mesma distância, em diversas velocidades predeterminadas (Wakayoshi et al., 1992a; Wakayoshi et al., 1992b). Os mesmos autores observaram a existência de uma relação linear muito forte ($r^2 > 0.998$, $p < 0.01$) entre a distância de nado (d) e a duração/tempo (t).

Os vários estudos elaborados por Wakayoshi et al. (1992a) realizados em *swimming flume*, (1992b) em *swimming flume* e *swimming pool* (piscina curta – 25 metros) e ainda posteriormente, (1993) em *swimming pool* vieram evidenciar a relação da VC com a capacidade aeróbia, onde observaram correlações positivas significativas e elevada linearidade entre as seguintes variáveis:

- A VC com o LAn;
- A VC com a Velocidade de Nado com o Início da Acumulação de Lactato no Sangue (4 mmol) – V_{OBLA} ;
- A VC com a velocidade média nos 400m livres (V_{400}).

O quadro 4 demonstra os resultados dos estudos desenvolvidos por Wakayoshi et al. (1992a; 1992b; 1993), que comprova as correlações positivas significativas e a elevada linearidade entre as variáveis.

Quadro 4 – Comparação entre os estudos de Wakayoshi et al. (1992a), Wakayoshi et al. (1992b) e Wakayoshi et al. (1993)

(Wakayoshi et al., 1992a) em <i>swimming flume</i>	(Wakayoshi et al., 1992b) em <i>swimming flume</i> e piscina curta (25m)	(Wakayoshi et al., 1993) em piscina
Correlações positivas significativas e elevada linearidade da VC com:	Correlações positivas significativas e elevada linearidade da VC com:	Correlações positivas significativas e elevada linearidade da VC com:
Consumo de oxigénio (VO_2) no limiar anaeróbio – $r = 0.818$, $P < 0.01$;	VC registada em <i>swimming flume</i> e em piscina – $r = 0.824$, $P < 0.05$;	$V_{\text{OBLA}} - r = 0.914$, $P < 0.01$;
$V_{\text{OBLA}} - r = 0.949$, $P < 0.01$;	VC registada em piscina curta em V400 – $r = 0.998$, $P < 0.01$;	$V_{400} - r = 0.977$, $P < 0.01$;
Velocidade média nos 400m livres (V400) – $r = 0.864$, $P < 0.01$.	VC registada em piscina curta na $V_{\text{OBLA}} - r = 0.898$, $P < 0.01$;	
	VC registada em <i>swimming flume</i> em V400 – $r = 0.823$, $P < 0.05$;	
	VC registada em <i>swimming flume</i> na $V_{\text{OBLA}} - r = 0.856$, $P < 0.01$;	

Os mesmos autores sugerem que a VC pode ser utilizada como um indicador da capacidade aeróbia na natação. A VC pode ser determinada através da relação da distância de nado em prova ou em treino/teste (d) e a sua duração (t), podendo ser usada em *swimming flume* e em *swimming pool* (piscina curta – 25 metros) (Wakayoshi et al., 1992a; Wakayoshi et al., 1992b; Wakayoshi et al., 1993). Posteriormente, Fernandes (2011) confirma os dados apresentados por Wakayoshi et al. (1992a, 1992b, 1993), relacionando a intensidade do exercício da VC com o limiar anaeróbio e como sendo um método de monitorização da capacidade aeróbia do nadador.

No estudo realizado por Dekerle et al. (2002), com o objetivo de analisar se a VC e a CTA poderiam ser usados pelos treinadores como um método confiável para monitorizar a capacidade aeróbia de um nadador, concluíram que os valores do teste de velocidade de 30 minutos são similares aos valores da VC (200 – 400m), apresentado uma superestimação de 3,2%. Foi igualmente apresentado que a VC diminuiu ligeiramente com o aumento das distâncias de 50-100m, 100-200m e 200-400m ($1,57 \pm 0,12$; $1,41 \pm 0,08$; $1,35 \pm 0,08$ m/s, respetivamente). Costa et al. (2009) obtiveram resultados similares, onde o objetivo do estudo foi comparar a VC com o limiar anaeróbio e o teste da velocidade contínua de 30 minutos, num estudo onde participaram 24 nadadores com idades compreendidas entre os 14 e 16 ($15,04 \pm 0,20$) anos, em distâncias de 100, 200 e 400m foi observado que a VC é similar à velocidade de nado de limiar anaeróbio e do teste de 30 minutos de nado contínuo. Altimari, Altimari, Gulak e Chacon-Mikahil (2007) realizaram um estudo onde foram avaliados 15 nadadores ($14,4 \pm 0,5$ anos de idade), com objetivo de verificar a correlação entre a VC e o limiar anaeróbio em quatro combinações de distâncias de nado (VC1 – 50, 100, 200m; VC2 – 100, 200, 400m; VC3 – 50, 100, 200, 400m; VC4 – 200, 400m) onde observaram correlações negativas e significativas com o desempenho nos 400m ($r = -0,62$; $r = -0,97$; $r = -0,98$; $r = -0,94$, respetivamente).

Greco, Denadai, Pellegrinotti, Freitas e Gomide (2003) advertem que as distâncias utilizadas para a determinação da VC interferem nos valores obtidos. Neste estudo, foram avaliados 31 nadadores entre os 10 e os 15 anos, onde os resultados demonstram que há interferência entre a distância e a VC, independente da idade cronológica do nadador, em distâncias de 50 a 400m (VC1 – 25, 50, 100m; VC2 – 100, 200, 400m; VC3 – 50, 100, 200m), sugerindo que a VC pode ser utilizada em crianças e adolescentes, substituindo os testes de velocidade contínua de 20 e 30 minutos, para avaliação da capacidade aeróbia nestas faixas etárias.

Papoti, Zagatto, Mendes e Gobatto (2005a) apontam que a VC é um parâmetro confiável para avaliação da capacidade aeróbia em nadadores. Num estudo onde participaram 8 nadadores com $17 \pm 0,1$ anos de idade, nas distâncias dos 15 aos 400m, apresentou que a VC não difere significativamente da velocidade de limiar anaeróbio ($p < 0,05$) e com elevada correlação observada entre a VC e o limiar anaeróbio ($r = 0,93$). Chegaram ainda à conclusão

que o LAn e a VC apresentam correlação significativa com o desempenho em 400m no estilo crol.

Já no estudo de Zacca e Castro (2009) chegaram à conclusão que a determinação da VC não deve ser estimada em distâncias com períodos iguais ou inferiores a 60 segundos (50, 100m), pois conduzem a valores elevados da VC. Em contrapartida, os valores da VC em longas distâncias (800, 1500m) não variam significativamente com os valores da VC em médias distâncias (200, 400m). Neste estudo foram observados 11 nadadores juvenis ($14,40 \pm 0,5$ anos de idade), onde compararam nove combinações de distâncias (VC1 – 50, 200m; VC2 – 100, 400m; VC3 – 200, 800m; VC4 – 400, 1500m; VC5 – 50, 100, 200m; VC6 – 100, 200, 400m; VC7 – 200, 400, 800m; VC8 – 400, 800, 1500m; VC9 – 50, 100, 200, 400m), com o objetivo de obter e comparar as VC nas diferentes combinações de distâncias de nado.

1.3.3 – Capacidade de Trabalho Anaeróbio

A energia procedente da produção energética anaeróbia (sistema anaeróbio alático e láctico) é principalmente abastecida por substratos energéticos como a fosfocreatina (PCr) e o glicogénio, havendo naturalmente alguma participação da fonte aeróbia (sistema aeróbio), por existir reservas de oxigénio no tecido muscular e no sangue.

Nas atividades físicas de alta intensidade e de curta duração, como nadar 25 metros crol à velocidade máxima, requer energia imediata. O sistema anaeróbio alático é a forma mais simples de obter energia, permitindo o reabastecimento de ATP muscular quase instantaneamente (Guyton & Hall, 2006; Guyton & Hall, 2017), onde consiste na interação entre a fosfocreatina (PCr) e a adenosina difosfato (ADP) num reservatório não aeróbio de alta energia (McArdle et al., 2016), este sistema é também conhecido por ATP-PCr. Já em atividades físicas de alta intensidade e igualmente de curta duração (mais prolongado), como nadar 100 metros crol na velocidade máxima, requer outro tipo de fornecimento de energia. O sistema anaeróbio láctico é o segundo sistema capaz de fornecer energia mais rapidamente em esforços máximos e com maior durabilidade. A energia necessária para a fosforização do ADP nesta via, passa pela degradação das moléculas de glicogénio muscular armazenadas pelo meio da glicólise anaeróbia rápida (ausência de oxigénio celular) e consequentemente a libertação de lactato (Azevedo et al., 2009; McArdle et al., 2016; Caputo, Oliveira, Greco & Denadei, 2009; Silva & Bracht, 2001).

Como anteriormente mencionado no ponto 1.1 (metabolismos de fornecimento energéticos na NPD) e demonstrado no quadro 3, vemos que a contribuição anaeróbia é extremamente importante no início de qualquer prova, sendo a contribuição aláctica excessivamente limitada, pela quantidade total de fosfocreatina armazenada no tecido muscular e pela velocidade da ressíntese de ATP a partir da PCr (Pereira, 2016; McArdle et al., 2016; Guyton & Hall, 2006; Guyton & Hall, 2017).

A CTA pode ser corrompida por ser um fator que é independente da PCr, podendo estas reservas armazenadas nas células musculares serem adulteradas. Segundo alguns autores afirmam que a suplementação à base de creatina mono-hidratada aumenta a CTA, no pressuposto da relação potência/tempo (Miura et al., 1999; Smith, Stephens, Hall, Jackson & Earnest, 1998; Eckerson et al., 2004; Papoti et al., 2005b), podendo esse aumento ser de 16% (Smith et al., 1998) ou 22,1% (Eckerson et al., 2004). Por outro lado, a realização antecipada de exercícios de alta intensidade, bem como a depleção de glicogénio diminuem a CTA (Miura, Sato, Sato & Whipp, 2000).

1.3.4 – Determinação da Velocidade Crítica e Capacidade de Trabalho Anaeróbia

Segundo Wakayoshi et al. (1992a) a velocidade crítica é determinada pelo declive da reta de regressão linear, calculada entre os valores da distância de nado (d) e o respetivo tempo (t) a alcançar essa distância, quando a primeira é nadada à velocidade máxima.

A equação 3 demonstra a equação de regressão linear, utilizada para a determinação da VC e a CTA na NPD.

$$y = a.x + b$$

Equação 3 – Equação de regressão linear

Onde “y” corresponde ao valor da ordenada, segundo o eixo dos yy, ou seja, o valor da distância percorrida (m), “a” representa o valor do declive da reta, ou seja, o coeficiente angular, “x” retrata o valor da abcissa, segundo o eixo xx, ou seja, o valor do tempo necessário (s) e por fim “b” apresenta o valor da ordenada na origem, ou seja, o coeficiente linear.

O valor do declive da reta (coeficiente angular) representa o valor da VC (Wakayoshi et al., 1992a; Wakayoshi et al., 1992b; Wakayoshi et al., 1993), já o valor do coeficiente linear, ou seja, o valor de interceção em y apresenta a CTA (Ettema, 1966; Gaesser & Poole, 1996).

Capítulo II – Objetivos do Estudo

2.1 – Objetivos do Estudo

2.1.1 – Geral

O objetivo geral do presente estudo consiste em verificar a influência na utilização de diversas combinações de distâncias, na obtenção da velocidade crítica (VC) e respetiva capacidade de trabalho anaeróbia (CTA). Verificando se existem diferenças significativas nas diversas combinações de distâncias para a avaliação da VC e CTA.

2.1.2 – Objetivos específicos

Para a realização dos pressupostos acima indicados, foram definidos os seguintes objetivos específicos deste estudo:

1. Calcular e comparar a velocidade média (V_{Med}) nos cinco momentos observados (50, 100, 200, 400 e 800m);
2. Obter os valores da VC e respetiva CTA nas seguintes combinações de distâncias:
 - a. Combinação VC1 – 50, 100 e 200m;
 - b. Combinação VC2 – 100, 200 e 400m;
 - c. Combinação VC3 – 200, 400 e 800m;
 - d. Combinação VC4 – 50, 100, 200, 400 e 800m.
3. Comparar as diferentes combinações de distâncias sobre os valores da VC;
4. Comparar as diferentes combinações de distâncias sobre os valores da CTA;
5. Observar o coeficiente de determinação entre as variáveis em estudo (VC e CTA).
6. Verificar se existe correlação entre as variáveis em estudo (VC e CTA).
7. Observar qual a melhor combinação de VC para avaliação da capacidade aeróbia dos atletas em estudo.

Capítulo III – Hipóteses

3.1 – Hipóteses

H₁ – Há diferenças na V_{Med} nos cinco momentos observados (50, 100, 200, 400 e 800m);

H₂ – Há diferenças na VC nas diferentes combinações de distâncias de nado;

H₃ – Há diferenças na CTA em testes de curtas e longas distâncias;

H₄ – A VC relaciona-se com a CTA (coeficiente de determinação – r^2);

H₅ – Existe correlação entre as variáveis VC e CTA.

Capítulo IV – Metodologia

4.1 – Amostra

4.1.1 – Seleção da Amostra

A amostra do presente estudo foi composta por 14 nadadores portugueses federados de uma equipa de natação do distrito do Porto, sendo 11 do género masculino (78,57%) e 3 do género feminino (21,43%), com idades compreendidas entre os 13 e os 25 anos, onde competem quatro nadadores na categoria de infantis, dois na categoria de juvenis, quatro na categoria de juniores e quatro na categoria de seniores.

Os nadadores participaram voluntariamente neste estudo, sendo todos antecipadamente esclarecidos sobre os procedimentos a realizar, tendo concordado com todos os critérios. Para isso, foi assinado um formulário de consentimento livre e informado por todos os nadadores (e pelos encarregados de educação, quando menores), contendo esta toda a informação e objetivo dos testes a serem submetidos (em anexo).

4.1.2 – Caracterização da Amostra

A caracterização da amostra está presente na tabela 1, onde podemos observar os valores médios com o respetivo desvio padrão, valores mínimos e máximos relativos à idade, características antropométricas (altura, envergadura, peso, IMC, massa gorda) e anamnese do treino (anos de prática federada em NPD, unidades de treino semanal).

Tabela 1 - Caracterização geral, antropométrica e anamnese do treino da amostra do estudo (valores médios, desvio padrão, mínimos e máximos)

	Média + Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Idade (anos)	17,36 ± 4,09	13	25
Altura (cm)	169,79 ± 7,42	159	180
Envergadura (cm)	174,57 ± 9,73	158	194
Peso (kg)	60,31 ± 9,31	42,3	73,4
Índice de Massa Corporal (IMC)	20,81 ± 2,23	16,7	24,5
Massa Gorda (%)	11,71 ± 5,15	5	21,7
Anos de Federado em NPD	6,50 ± 4,80	1	15
Unidades de Treino Semanal	6,29 ± 0,73	5	8

A medição da altura e envergadura dos nadadores foi efetuada através de fita métrica (cm) (Fita métrica *Stanley* de 20m), a determinação do peso (kg) e a percentagem de gordura corporal (%) foi obtida através de uma balança digital com quatro sensores de medição da composição corporal (*Tanita Ironman Body Composition Monitor* – modelo BC-730).

Os dados de anamnese do treino foram adquiridos através de uma entrevista com a treinadora e os atletas (individualmente), para obtenção do número de anos de prática federada na NPD e a assiduidade aos treinos.

4.2 – Procedimentos

4.2.1 – Procedimentos para recolha de dados

Os testes realizaram-se numa piscina coberta, de 25m de comprimentos por 16,7m de largura, com a profundidade mínima de 1,1m e máxima de 2,5m, composta por 8 pistas e aquecida entre os 29 e os 30°C.

Os nadadores realizaram testes em cinco distâncias diferentes para obtenção da VC e CTA, no qual nadaram as distâncias de 50, 100, 200, 400 e 800m crol à velocidade máxima, com a partida a realizar-se dentro da piscina, junto à borda, conforme protocolo mencionado por Machado et al. (2009).

Os testes (Machado et al., 2009) foram realizados apenas com uma tentativa por dia, havendo um intervalo de 24 horas entre cada teste, sendo que foram realizados de forma crescente e pela seguinte ordem: 50, 100, 200, 400 e 800m (todos em dias diferentes).

Todos os atletas realizaram o mesmo aquecimento com características aeróbias, com a metragem de aproximadamente de 1100 m a nadar nos diversos estilos de nado.

Os tempos de cada teste foram registados por um cronómetro digital (Kalenji Onstart 710) com precisão de milésima de segundo, tendo sido distribuído os atletas em quatro pistas para a realização dos testes.

Após a recolha e tratamento dos dados, foram feitas 4 diferentes combinações entre as seguintes distâncias, para determinar a VC e CTA:

1. VC1 – 50, 100 e 200m;
2. VC2 – 100, 200 e 400m;
3. VC3 – 200, 400 e 800m;
4. VC4 – 50, 100, 200, 400 e 800m.

4.2.2 – Procedimentos para determinação da VC e CTA

A VC e a CTA foram obtidas através da reta de regressão linear (equação 3). O coeficiente angular (a) da reta de regressão linear entre as distâncias e os tempos obtidos representa a VC (Wakayoshi et al., 1992a). Já o coeficiente linear (b) representa o CTA (prolongamento da reta até ao ponto em que toca no eixo y) (Ettema, 1966; Gaesser & Poole, 1996).

$$y = a.x + b$$

- y = distância (m) (valor da ordenada);
- a = declive da reta - velocidade crítica (m/s);
- x = tempo (s) (valor da abcissa);
- b = prolongamento da reta até ao ponto de interceção com o eixo y - capacidade de trabalho anaeróbio (m).

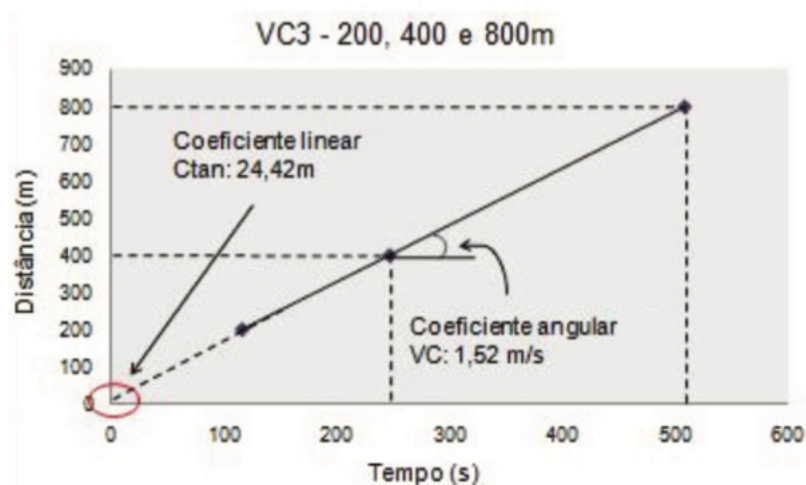


Figura 2 – Exemplo do cálculo da velocidade crítica (VC) e da capacidade de trabalho anaeróbio (CTA), usando a equação 3 - regressão linear na obtenção da VC3 de um atleta na combinação das distâncias de 200, 400 e 800m. O coeficiente angular representa a velocidade crítica (m/s) e o coeficiente linear representa a capacidade de trabalho anaeróbia (m) (figura explicativa retirada de Machado et al., 2009)

Segundo Kokubun (1996), o procedimento para estimar a VC constitui um instrumento para estimar a CTA, sendo que ambos estão simultaneamente correlacionados com o desempenho em provas até aos 800m.

4.2.3 – Procedimentos para determinação da V_{Med}

As velocidades médias de nado foram calculadas pela utilização da equação 4, tendo em conta expressão:

$$V_{Med} = d / t$$

Equação 4 – Cálculo da velocidade média (Ettema, 1966)

- V_{Med} = corresponde à velocidade média (m/s);
- d = distância percorrida (m);
- t = tempo necessário a concluir essa distância (s).

4.2.4 – Procedimentos estatísticos para análise dos dados

Para a análise e tratamento dos dados recolhidos foi utilizado o programa *Microsoft Excel* (*Microsoft Office 365*) para MacOS, foi igualmente utilizado para procedimentos estatísticos o programa SPSS versão 23 (*Statistical Package for the Social Sciences*) para MacOS e SPSS versão 24 (*Statistical Package for the Social Sciences*) para *Microsoft Windows*.

As variáveis recolhidas (variável tempo nas diversas distâncias) foram analisadas de forma a verificar se seguiam uma distribuição normal, utilizando o teste de normalidade de Shapiro-Wilk ($N=14$), e concluiu-se que a amostra segue uma distribuição normal. O teste de normalidade de Shapiro-Wilk demonstra que os dados estão normalmente distribuídos, e dado que o resultado de p-valor foi de $p > 0,05$ para as variáveis em estudo, assumimos que a amostra segue uma distribuição normal.

Na estatística descritiva, aplicaram-se as medidas de tendência central (média) e de dispersão (desvio-padrão), mínimo e máximo em todos os resultados, de forma a ser mais fácil interpretação dos dados.

Para comparar as variáveis de estudo foi aplicado o teste ANOVA One-Way (medidas repetidas a 1 fator por se tratar de variáveis dependentes), para comparar a VC e a CTA com as diferentes combinações de distâncias de nado.

De seguida procedeu-se às comparações múltiplas que nos indicam quais os pares de médias que são diferentes, onde foi aplicado o teste Post Hoc de Bonferroni, que compara as médias duas a duas (Marôco, 2014).

Realizou-se ainda a relação entre as variáveis em estudo (VC e CTA) pelo método estatístico do coeficiente de determinação, denominado por r^2 . Posteriormente também se verificou as correlações entre as variáveis acima mencionadas pelo método estatístico do coeficiente de correlação de *Pearson*, denominado por r .

No decorrer do presente estudo, considerou-se como valor estatisticamente significativo $p < 0,05$, ou seja, 5%.

Capítulo V – Apresentação de resultados

Para apresentação dos resultados recorreu-se ao uso de tabelas e figuras, com os dados estatísticos seguidos de pequena análise.

Na tabela 2 está apresentada a distribuição da variável tempo (s) e velocidade média de nado (m/s), sendo apresentado os valores médios, desvio padrão, mínimos e máximos dos cinco momentos observados (50, 100, 200, 400 e 800m).

Tabela 2 – Tempos (s) e velocidades (m/s) médias, desvio padrão, mínimos e máximos nas distâncias de 50, 100, 200, 400 e 800m

Tempo (s)	50 m	100 m	200 m	400 m	800 m
Média + Desvio Padrão	33,39 ± 5,13	71,65 ± 11,81	155,41 ± 24,66	324,60 ± 54,51	694,83 ± 99,03
Mínimo	27,60	55,81	119,98	255,02	530,99
Máximo	41,74	94,96	208,18	447,11	878,86

Velocidade (m/s)	50 m	100 m	200 m	400 m	800 m
Média + Desvio Padrão	1,53 ± 0,23**	1,43 ± 0,23**	1,32 ± 0,20**	1,26 ± 0,19**	1,17 ± 0,17**
Mínimo	1,20	1,05	0,96	0,89	0,91
Máximo	1,81	1,79	1,67	1,57	1,51

* diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$)

** diferença estatisticamente significativa ($p < 0,01$)

Para ter outra perspetiva dos dados acima mencionados, foi realizado um gráfico denominado como figura 3 que demonstra o desempenho da velocidade média (m/s) perante o aumento da distância de nado, nos diferentes momentos observados (50, 100, 200, 400 e 800m).

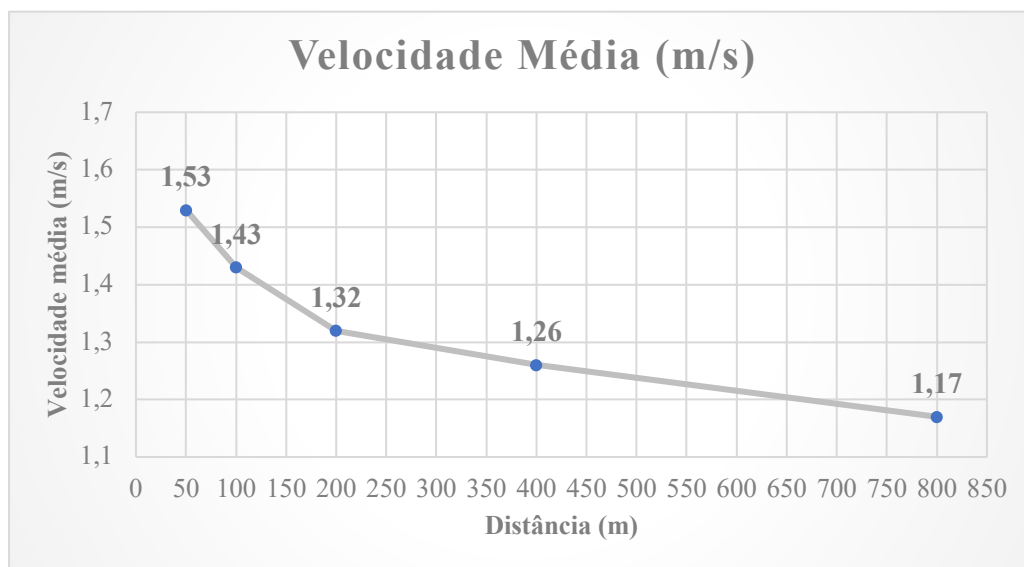


Figura 3 – Gráfico demonstrativo da queda da velocidade média (m/s) com o aumento das distâncias de nado

Após observar a tabela 2 e a figura 3, verificamos que os valores da velocidade média diminuíram significativamente com o aumento das distâncias percorridas ($p < 0,01$). Verificou-se ainda que o percentil de queda oscilou conforme o aumento das distâncias (6,54; 7,69; 4,55; 7,14%, respetivamente na comparação na distância de 50 vs 100; 100 vs 200; 200 vs 400 e 400 vs 800m).

De forma a responder aos objetivos e respetivas hipóteses propostas no presente trabalho, cuja hipótese para a presente variável é:

H_1 – Há diferença na V_{Med} nos cinco momentos observados (50, 100, 200, 400 e 800m);

Os resultados sugerem que existem diferenças estatisticamente significativas entre todas as velocidades médias de nado ($p < 0,01$), logo aceitamos a hipótese (H_1).

Na tabela 3 estão apresentados os valores médios, desvio padrão, mínimos e máximos da variável VC (m/s), posteriormente, a figura 4 demonstra o desempenho da VC (m/s) nas diferentes combinações de distâncias de nado (VC1, VC2, VC3 e VC4).

C O M B I N A Ç Õ E	VC1 (50, 100 e 200m)	VC (m/s)	Sig	
	Média + Desvio Padrão	1,25 ± 0,19	VC2	0,268
	Mínimo	0,90	VC3	0,001**
	Máximo	1,62	VC4	0,001**
A N A L I S E	VC2 (100, 200 e 400m)	VC (m/s)	Sig	
	Média + Desvio Padrão	1,21 ± 0,19	VC1	0,268
	Mínimo	0,85	VC3	0,027*
	Máximo	1,50	VC4	0,053
E S T	VC3 (200, 400 e 800m)	VC (m/s)	Sig	
	Média + Desvio Padrão	1,13 ± 0,16	VC1	0,001**
	Mínimo	0,90	VC2	0,027*
	Máximo	1,46	VC4	0,003**
S	VC4 (50, 100, 200, 400 e 800m)	VC (m/s)	Sig	
	Média + Desvio Padrão	1,15 ± 0,17	VC1	0,001**
	Mínimo	0,89	VC2	0,053
	Máximo	1,48	VC3	0,003**

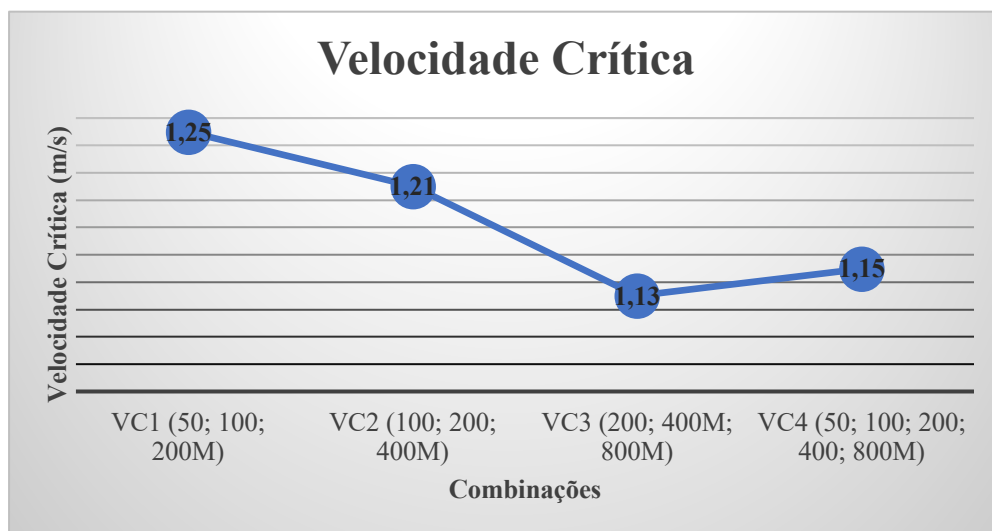


Figura 4 – Gráfico demonstrativo do desempenho da VC (m/s) nas diferentes combinações de distâncias de nado (VC1; VC2; VC3 e VC4)

Como se pode verificar na tabela 3 e na figura 4, a combinação que apresentou maior velocidade foi a VC1 em comparação com as restantes combinações VC2, VC3 e VC4 ($p < 0,05$). Já a combinação que apresentou o ritmo mais lento foi o VC3, quando comparada com as restantes VC1, VC2 e VC4 ($p < 0,05$).

De forma a responder aos objetivos e respetivas hipóteses propostas no presente trabalho, cuja hipótese para a presente variável é:

H₂ – Há diferença na VC nas diferentes combinações de distâncias de nado;

Os resultados sugerem que existem diferenças estatisticamente significativas entre as combinações de distâncias de nado ($p < 0,05$), logo aceitamos a hipótese (H₂).

Na tabela 4 são apresentados os valores médios, desvio padrão, mínimos e máximos da variável CTA, posteriormente, a figura 5 demonstra o desempenho da capacidade de trabalho anaeróbia (m) nas diferentes combinações de distâncias de nado.

Tabela 4 – Valores médios, desvio padrão, mínimos e máximos da CTA (m) nas diferentes combinações de distâncias de nado (VC1; VC2; VC3 e VC4)

C	VC1 (50, 100 e 200m)	CTA (m)	Sig	
	Média + Desvio Padrão	10,40 ± 2,99	VC2	0,067
O			VC3	0,003**
			VC4	0,002**
M	VC2 (100, 200 e 400m)	CTA (m)	Sig	
	Média + Desvio Padrão	15,05 ± 6,82	VC1	0,067
B			VC3	0,030*
			VC4	0,286
I	VC3 (200, 400 e 800m)	CTA (m)	Sig	
	Média + Desvio Padrão	33,30 ± 19,68	VC1	0,003**
N			VC2	0,030*
			VC4	0,005**
A	VC4 (50, 100, 200, 400 e 800m)	CTA (m)	Sig	
	Média + Desvio Padrão	20,88 ± 9,29	VC1	0,002**
Ç			VC2	0,286
			VC3	0,005**

* diferença estatisticamente significativa (p < 0,05)

** diferença estatisticamente significativa (p < 0,01)

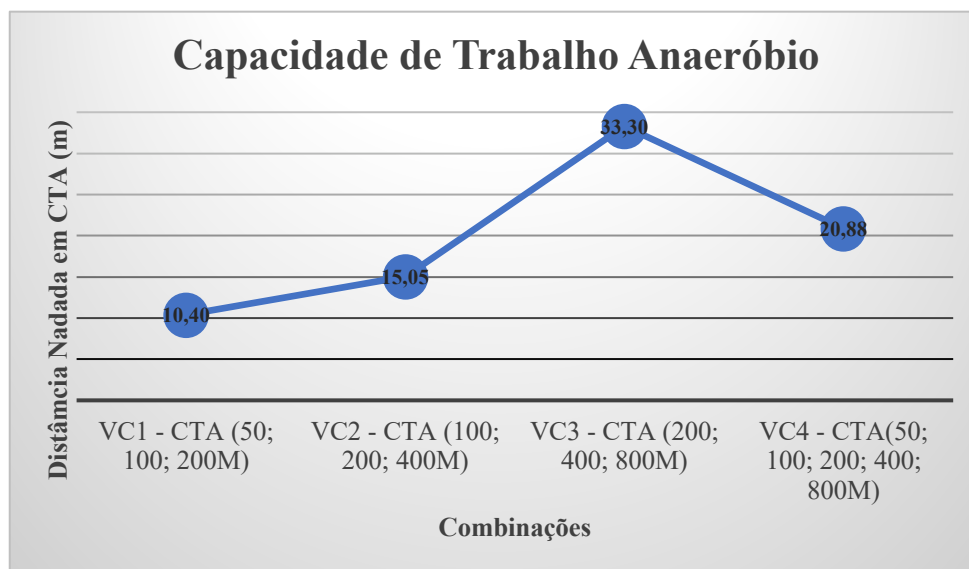


Figura 5 – Gráfico demonstrativo do desempenho da CTA (m) nas diferentes combinações de distâncias de nado (VC1; VC2; VC3 e VC4)

Pode-se observar na tabela 4 e na figura 5, que a combinação da VC1 (combinação que representa as distâncias de nado mais curtas) é a que apresenta menor distância em comparação com as restantes combinações VC2, VC3 e VC4 ($p < 0,05$). Já a VC3 foi a combinação que apresentou a maior distância, sendo esta a combinação que representa as distâncias de nado mais longas ($p < 0,05$).

De forma a responder aos objetivos e respetivas hipóteses propostas no presente trabalho, cuja hipótese para a presente variável é:

H₃ – Há diferença na CTA entre os testes de curtas e longas distâncias de nado;

Os resultados sugerem que existem diferenças estatisticamente significativas entre as combinações de distâncias de nado ($p < 0,05$), logo aceitamos a hipótese (H₃).

A combinação VC2 (médias distâncias) foi a que obteve menor diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) apenas com a combinação VC3 (longas distâncias) e sem diferenças estatisticamente significativas com as restantes combinações (VC1 – curtas distâncias e VC4 – combinação de todas as distâncias).

Na tabela 5 são apresentados os valores médios, desvio padrão, mínimos e máximos do coeficiente de determinação (r^2), sendo que este mede o modo de associação entre a variável VC e a CTA, ou seja, o resultado da distância nadada é explicado pelo tempo alcançado (Machado et al., 2009).

Tabela 5 – Valores médios, desvio padrão, mínimos e máximos do coeficiente de determinação entre a VC e a CTA nas diferentes combinações de distâncias de nado (VC1; VC2; VC3 e VC4)

C	VC1 (50, 100 e 200m)	R2
	Média + Desvio Padrão	0,999 ± 0,001
	Mínimo	0,998
	Máximo	1,000
O	VC2 (100, 200 e 400m)	R2
	Média + Desvio Padrão	0,9998 ± 0,0003
	Mínimo	0,9998
	Máximo	1,0000
M	VC3 (200, 400 e 800m)	R2
	Média + Desvio Padrão	0,999 ± 0,002
	Mínimo	0,992
	Máximo	1,000
A	VC4 (50, 100, 200, 400 e 800m)	R2
	Média + Desvio Padrão	0,998 ± 0,002
	Mínimo	0,992
	Máximo	1,000

Perante os resultados da tabela em epígrafe (tabela 5), a relação encontrada entre as duas variáveis utilizadas no cálculo da VC e da CTA nas quatro diferentes combinações são extremamente altas, sendo $r^2 = 0,99$.

De forma a responder aos objetivos e respetivas hipóteses propostas no presente trabalho, cuja hipótese para a presente variável é:

H₄ – Há relação entre a variável VC com a variável CTA (coeficiente de determinação – r^2);

Os resultados sugerem que existe relação entre as variáveis em todas as combinações de distâncias de nado ($r^2 = 0,99$), logo aceitamos a hipótese (H₄).

Na tabela 6 são apresentados os valores médios, desvio padrão, mínimos e máximos do coeficiente de correlação de *Pearson* entre a variável VC e a CTA.

Tabela 6 – Valores médios, desvio padrão, mínimos e máximos do coeficiente de correlação de Pearson entre a VC e a CTA nas diferentes combinações de distâncias de nado (VC1; VC2; VC3 e VC4)

C	VC1 (50, 100 e 200m)	R
	Média + Desvio Padrão	0,9996 ± 0,0004
	Mínimo	0,9988
	Máximo	1,0000
O	VC2 (100, 200 e 400m)	R
	Média + Desvio Padrão	0,9999 ± 0,0002
	Mínimo	0,9995
	Máximo	1,0000
M	VC3 (200, 400 e 800m)	R
	Média + Desvio Padrão	0,9993 ± 0,0011
	Mínimo	0,9959
	Máximo	1,0000
B	VC4 (50, 100, 200, 400 e 800m)	R
	Média + Desvio Padrão	0,9992 ± 0,0011
	Mínimo	0,9959
	Máximo	0,9998

Perante os resultados da tabela anterior (tabela 6), a correlação encontrada entre as duas variáveis utilizadas no cálculo da VC e da CTA nas quatro diferentes combinações é extremamente forte, podendo até afirmar que existe correlação perfeita positiva entre as duas variáveis em estudo, sendo $r = 0,99$.

De forma a responder aos objetivos e respetivas hipóteses propostas no presente trabalho, cuja hipótese para a presente variável é:

H_5 – Existe correlação entre as variáveis VC e CTA;

Os resultados sugerem que existe correlação perfeita positiva entre as variáveis em todas as combinações de distâncias de nado ($r = 0,99$), logo aceitamos a hipótese (H_5).

Capítulo VI – Discussão

A VC tem sido considerada como um método acessível de avaliação da capacidade aeróbia no desporto e em particular na natação (Raimundo et al., 2017). Sendo um método substituto aos tradicionais métodos invasivos e extremamente caros, caracterizado por ser um método simples, não invasivo, barato e relativamente confiável de avaliação na NPD (Ferreira et al., 2014; Kokubun, 1996).

Segundo Kokubun (1996) assegura que a VC é um bom indicador do limiar anaeróbio, havendo uma elevada correlação entre as duas variáveis. Afirmando ainda que a VC corresponde à intensidade do estado estacionário máximo de lactato (Kokubun, 1996).

Como mencionado nos objetivos do presente estudo, foi proposto obter os valores da VC e da CTA nas diferentes combinações de distância, onde posteriormente foi verificado se existe diferenças significativas entre as diferentes combinações e se as variáveis se relacionam.

Perante os resultados obtidos no presente trabalho (VC e CTA), cujos valores são dependentes da intensidade de nado em relação às distâncias pretendidas, onde os resultados deste estudo vão ao encontro com a literatura já existente (Machado et al., 2009; Altimari et al., 2007; Calis & Denadai, 2000; Ferreira et al., 2014).

Os valores obtidos no presente estudo vão ao encontro do estudo de Machado (2009), onde a VC comprova uma grande variabilidade, fator que pode ser fundamental na correspondência entre os métodos (Machado et al., 2009).

A combinação das distâncias mais curtas (VC1 – $1,25 \pm 0,19$ m/s) foi significativamente ($p < 0,01$) maior em relação às combinações com as distâncias mais longas como a VC3 e VC4 ($1,13 \pm 0,16$; $1,15 \pm 0,17$ m/s). Os resultados obtidos foram semelhantes aos encontrados por vários autores (Machado et al., 2009; Altimari et al., 2007; Calis & Denadai, 2000; Ferreira et al., 2014; Zacca & Castro, 2009).

No estudo de Machado et al. (2009), onde foram usados os mesmos procedimentos e protocolo experimental na modalidade de natação, observaram que a VC1 (50, 100 e 200m

– $1,47 \pm 0,13$ m/s) foi significativamente superior em comparação com a VC2, VC3 e VC4 ($1,38 \pm 0,10$; $1,34 \pm 0,09$; $1,36 \pm 0,09$ m/s). Já no estudo de Zacca e Castro (2009) observaram em nadadores juvenis várias combinações de distâncias, onde a VC5 (50, 100 e 200m – $1,27 \pm 0,07$ m/s) foi claramente superior a VC6 (100, 200 e 400m), VC7 (200, 400 e 800m), VC8 (400, 800 e 1500m) e VC9 (50, 100, 200 e 400m) ($1,25 \pm 0,07$; $1,20 \pm 0,07$; $1,19 \pm 0,10$; $1,26 \pm 0,07$ m/s, respetivamente). Ainda na modalidade de natação Altimari et al., (2007) apresentaram as mesmas tendência, mostrando que em combinações de distâncias mais curtas denominado por VC1 (50, 100, 200m), a VC é superior ($1,33 \pm 0,05$ m/s) comparado com combinações de distâncias mais longas VC2 (100, 200 e 400m – $1,26 \pm 0,06$ m/s) e VC3 (50, 100, 200 e 400m – $1,27 \pm 0,06$ m/s). Dekerle et al. (2002) demonstraram as mesmas evidências, onde a VC diminuiu ligeiramente com o aumento das distâncias de 50-100m, 100-200m e 200-400m ($1,57 \pm 0,12$; $1,41 \pm 0,08$; $1,35 \pm 0,08$ m/s, respetivamente).

Fora da modalidade de natação e ainda na variável VC, o estudo de Calis e Denadai (2000) realizado num ergómetro de braço em indivíduos não treinados, o comportamento foi igualmente semelhante. A PC foi considerada como protocolo-dependente, onde a combinação das cargas mais intensas foi significativamente superior ($190 \pm 23,3$ W), quando comparada com as combinações de todas as cargas ($184,2 \pm 25,4$ W) e ou com as três cargas menores ($177,5 \pm 29,5$ W). Já na modalidade de atletismos, utilizando corredores de meio fundo, os resultados foram igualmente semelhantes, onde a VC na combinação VC1 (distâncias mais curtas – 5,7 m/s) foi superior às restantes combinações VC2, VC4 e VC3 (5,3; 5,2; 5,1 m/s – particularidade do aumento das distâncias) (Ferreira et al., 2014).

Os valores obtidos pela CTA tiveram um comportamento inverso ao comportamento da VC, em função do declive da reta de regressão linear, usada como modelo de cálculo das variáveis. A combinação VC1 obteve o valor mais baixo ($10,40 \pm 2,99$ m) comparado com as restantes combinações VC2, VC3 e VC4 ($15,05 \pm 6,82$; $33,30 \pm 19,68$; $20,88 \pm 9,29$ m, respetivamente). A CTA na combinação VC3 foi igualmente a que se destacou, sendo claramente a maior comparada com a VC1, VC4 ($p < 0,01$) e a VC2 ($p < 0,05$). No estudo de Zacca e Castro (2009) observou-se a mesma tendência, onde a combinação VC5 (50, 100 e 200 m) apresentou o menor valor ($14,13$ m) comparado com a VC6, VC7, VC8 e VC9 (16,99; 27,23; 35,53; 14,80 m, respetivamente). Também no estudo de Machado et al. (2009), obtiveram as mesmas semelhanças, a VC1 conseguiu o valor mais baixo do CTA ($11,91 \pm$

2,61 m) comparado com a combinação de distâncias maiores da VC2, VC3 e VC4 ($19,84 \pm 6,74$; $27,44 \pm 6,91$; $18,43 \pm 5,21$ m). Ainda Dekerle et al. (2002) à semelhança dos estudos analisados, a CTA aumentou ligeiramente com o aumento das distâncias de 50-100m, 100-200m e 200-400m ($5,76 \pm 2,06$; $13,30 \pm 5,07$; $21,10 \pm 9,47$ m, respetivamente). O comportamento da CTA demonstrado no presente estudo e nos estudos acima mencionados, demonstra que as distâncias utilizadas influenciam também os valores da CTA, onde é aconselhado apenas a realizar a estimativa da CTA em distâncias compreendidas entre os 100 e os 800m (Kokubun, 1996).

No estudo de Machado, Batista, Marques, Baleixo e Andries (2007) indicam que diferentes intervalos de tempo de descanso, podem influenciar o cálculo da CTA, onde foram analisados dois intervalos diferentes (30 minutos e 24 horas), sendo que o intervalo maior influenciou significativamente o valor da CTA, no entanto, sem alterar os resultados da VC (Machado et al., 2009). A influência que poderá levar a este resultado é haver uma melhor recuperação das vias metabólicas anaeróbias.

A CTA pode ser corrompida por ser um fator que é independente da PCr, podendo estas reservas armazenadas nas células musculares serem adulteradas. Segundo alguns autores afirmam que a suplementação à base de creatina mono-hidratada aumenta a CTA, no pressuposto da relação potência/tempo (Miura et al., 1999; Smith et al., 1998; Eckerson et al., 2004; Papoti et al., 2005b), podendo esse aumento ser de 16% (Smith et al., 1998) ou 22,1% (Eckerson et al., 2004). Por outro lado, a realização antecipada de exercícios de alta intensidade, bem como a depleção de glicogénio diminuem a CTA (Miura et al., 2000).

No estudo de Greco et. al. (2003) concluíram que as distâncias utilizadas para determinação da VC interferem no valor obtido, seja qual for o grupo estudado (idade cronológica), podendo provocar diferentes adaptações quando prescrito para treino.

Perante os resultados e todas as informações presentes na literatura, concluímos que quanto maior for combinação da distância nadada (médias e longas distâncias) menor irá ser o valor da VC, ao invés, a CTA irá ser maior, em situação inversa, quando as combinações forem menores (curtas distâncias) os valores da VC irão ser maiores e das CTA menores. Este facto acontece por a estimativa ser feita por regressão linear, o que leva a uma relação linear direta entre as duas variáveis.

Apesar da grande variação nos resultados da VC nas diferentes combinações de distâncias de nado, as profundas correlações e efeitos fisiológicos, mostram que a VC é uma ferramenta confiável para avaliação da capacidade aeróbia de um nadador (Fernandes, 2011; Kokubun, 1996; Wakayoshi et al., 1992a; Wakayoshi et al., 1992b; Wakayoshi et al., 1993), como sendo um instrumento que estima a intensidade de nado correspondente ao LAn, determinado pela concentração fixa de 4 mmol de lactato (Denadai, Greco & Donega, 1997).

Conclusão

A utilização de diferentes combinações de distâncias de nado com o objetivo de determinar a VC e a CTA, foi possível concluir que:

1. Os valores obtidos na V_{Med} foram significativamente diferentes em todas as distâncias calculadas (50, 100, 200, 400 e 800m);
2. Os resultados da VC sugerem que há diferenças significativas nas diferentes combinações de distâncias de nado;
3. A CTA apresenta igualmente diferenças significativas entre curtas e longas distâncias;
4. Há forte relação entre as duas variáveis de estudo (VC e CTA) em todas as combinações de distâncias ($r^2 = 0,99$);
5. Existe correlação perfeita positiva entre as duas variáveis de estudo (VC e CTA) em todas as combinações de distâncias de nado ($r = 0,99$).

Perante os resultados apresentados ao longo do presente estudo, foi observado que a variável VC apresenta grande variabilidade nas diferentes combinações de distâncias de nado, podendo concluir através dos resultados que a determinação da VC e da CTA são extremamente influenciadas pelas distâncias aplicadas para a sua obtenção. Os valores apresentados vão de encontro com a literatura já existente.

Detetou-se ainda que quanto maior for as distâncias aplicadas para obtenção da VC menor serão os resultados desta variável, ao invés, a CTA com o aumento das distâncias maior é o seu resultado.

Concluiu-se ainda que as distâncias utilizadas têm grande interferência nos valores da VC e da CTA, podendo conduzir a situações de estimação do limiar anaeróbio acima ou abaixo do valor esperado, com maior evidência nas menores distâncias utilizadas, na avaliação da capacidade aeróbio de um nadador.

O presente estudo veio confirmar todos os dados já assinalados pelos autores de referência a este estudo, onde as distâncias utilizadas podem interferir nos valores da VC, sendo um método confiável para a avaliação da capacidade aeróbia de um atleta.

Limitações do estudo

Neste estudo houve algumas condicionantes que podem ter interferido nos resultados obtidos.

Uma das condicionantes encontradas é a experiência dos nadadores. Dentro da amostra utilizada existe uma grande variabilidade na experiência dos nadadores como federados em NPD ($6,50 \pm 4,80$), sendo que o mais inexperiente tem apenas um ano de federado em NPD, já o nadador mais experiente apresenta 15 anos como federado, fator que poderá interferir nos valores observados e posteriormente, na obtenção e apresentação dos resultados.

Outro fator que se considera também uma limitação ao presente estudo é a falta de um acompanhamento da cinética do lactato, de forma a controlar e monitorizar os níveis de lactato sanguíneo nos nadadores. É desta forma recomendado o uso de um medidor de lactato, para controlar esta variável, sendo assim possível indicar com clareza, qual a combinação de distâncias que realmente corresponderiam ao limiar anaeróbio.

Recomendações para futuros estudos

É recomendado que a amostra utilizada seja mais homogénea (idades e experiência dos atletas), para que não haja dúvidas nos resultados.

É ainda sugerido a utilização de mais um método de avaliação da capacidade aeróbia, com vista à comparação entre a VC com o novo método aplicado, como por exemplo, o teste T30.

Referências Bibliográficas

- Almeida, J. A., Campbell, C. S., Pardono, E., Sotero, R. C., Magalhães, G., & Simões, H. G. (2010). Validade de Equações de Predição em Estimar o VO₂max de Brasileiros Jovens a Partir do Desempenho em Corrida de 1.600m. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 16 (1), 57-60.
- Altimari, J. M., Altimari, L. R., Gulak, A., & Chacon-Mikahil, M. P. (2007). Correlações entre protocolos de determinação do limiar anaeróbio e o desempenho aeróbio em nadadores adolescentes. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 13 (4), 245-250.
- Alves, F. (2002). O Treino Técnico em Natação Pura. *Boletim Sociedade Portuguesa de Educação Física*, 23, 37-58.
- Azevedo, P. H., Garcia, A., Duarte, J. M., Rissato, G. M., Carrara, V. K., & Marson, R. A. (2009). Limiar anaeróbio e bioenergética: uma abordagem didática. *Revista da Educação Física/UEM*, 20 (3), 453-464.
- Borges, J. M. (2016). *Teoria e Metodologia do Treino Desportivo (Modalidades individuais) – Manual de Curso de Treinadores de Desporto – Grau II*. Obtido em 08 de 2018, de Instituto Português do Desporto e Juventude: http://www.idesporto.pt/ficheiros/file/Manuais/GrauII/GrauII_03a_MetodologiaIndividuais.pdf
- Calis, J. F., & Denadai, B. S. (2000). Influência das cargas selecionadas na determinação da potência crítica determinada no ergômetro de braço em dois modelos lineares. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 6 (1), 1-4.
- Caputo, F., Oliveira, M. F., Greco, C. C., & Denadai, B. S. (2009). Exercício aeróbio: Aspectos bioenergéticos, ajustes fisiológicos, fadiga e índices de desempenho. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 11 (1), 94-102.
- Costa, A. M., Costa, M. J., & Marinho, D. A. (2015). Velocidade crítica em natação: uma revisão da literatura. *Motricidade*, 11 (3), 158-170.

- Costa, A. M., Silva, A. J., Louro, H., Reis, V. M., Garrido, N. D., Marques, M. C., & Marinho, D. A. (2009). Can the curriculum be used to estimate critical velocity in young competitive swimmers? *Journal of Sports Science and Medicine*, 8, 17-23.
- Dekerle, J. (2006). The use of Critical Velocity in Swimming. A place for Critical Stroke Rate? *Revista Portuguesa de Ciencias do Desporto*, 6 (2), 201-205.
- Dekerle, J., Sidney, M., Hespel, J. M., & Pelayo, P. (2002). Validity and Reliability of Critical Speed, Critical Stroke Rate, and Anaerobic Capacity in Relation to Front Crawl Swimming Performances. *Int J Sports Med*, 23 (2), 93-98.
- Denadai, B. S., Greco, C. C., & Donega, M. R. (1997). Comparação entre a velocidade de limiar anaeróbio e a velocidade crítica m nadadores com idade de 10 a 15 anos. *Revista Paulista de Educação Física*, 11 (2), 128-133.
- Eckerson, J. M., Stout, J. R., Moore, G. A., Stone, N. J., Nishimura, K., & Tamura, K. (2004). Effect of Two and Five Days of Creatine Loading on Anaerobic Working Capacity in Women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18 (1), 168-173.
- Ettema, J. H. (1966). Limits of Human Performance and Energy-production. *Internationale Zeitschrift für angewandte Physiologie einschließlich Arbeitsphysiologie*, 22, 45-54.
- Fernandes, R. (2011). Aerobic evaluation of young swimmers using the critical velocity test a brief report. *Journal of Physical Education and Sport*, 11 (2), 215-220.
- Fernandes, R., & Vilas-Boas, J. P. (2006). Tempo limite à intensidade mínima correspondente ao consumo máximo de oxigénio: novos desenvolvimentos num parâmento de recente investigação em natação. *Motricidade*, 2 (4), 214-220.
- Ferreira, C., Oliveira, V. M., Cavazzotto, T. G., Queiroga, M. R., Peyré-Tartaruga, L. A., & Tartaruga, M. P. (2014). Comparação entre Velocidade no Limiar Anaeróbico e Velocidade Crítica em Corredores Meio-Fundistas. *Revista Acta Brasileira do Movimento Humano*, 4 (5), 17-31.

- FPN. (2018). *Regulamento de competições nacionais 2018/2019 - Natação Pura*. Obtido em 08 de 2018, de Federação Portuguesa de Natação: http://www.fpnatacao.pt/uploads/Regulamento_de_Competicoes_Nacionais_NP_18-19.pdf
- Franchini, E. (2002). Teste Anaeróbio de WINGATE: Conceitos e Aplicação. *Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte*, 1 (1), 11-27.
- Gaesser, G. A., & Poole, D. C. (1996). The slow component of oxygen uptake kinetics in humans. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 24 (1), 35-70.
- Gastin, P. B. (2001). Energy System Interaction and Relative Contribution During Maximal Exercise. *Sports Medicine*, 31 (10), 725-741.
- Greco, C. C., Denadai, B. S., Pellegrinotti, I. L., Freitas, A. B., & Gomide, E. (2003). Limiar anaeróbio e velocidade crítica determinada com diferentes distâncias em nadadores de 10 a 15 anos: relações com a performance e a resposta do lactato sanguíneo em testes de endurance. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 9 (1), 2-8.
- Guyton, A. C., & Hall, J. E. (2006). *Tratado de Fisiologia Médica* (Vol. 11ª Edição). Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda.
- Guyton, A. C., & Hall, J. E. (2017). *Tratado de Fisiologia Médica* (Vol. 13ª edição). Elsevier Editora Ltda.
- Hill, D. W. (1993). The Critical Power Concept - A Review. *Sports Medicine*, 16 (4), 237-254.
- Huang, Z., Kurobe, K., Nishiwaki, M., Ozawa, G., Tanaka, T., Taguchi, N., & Ogita, F. (2010). Relationship between Propelling Efficiency and Swimming Performance in Elite Swimmers. *Biomechanics and Medicine in Swimming XI*, 201-203.
- Jenkins, D. G., & Quigley, B. M. (1990). Blood lactate in trained cyclists during cycle ergometry at critical power. *European Journal of Applied Physiology*, 61, 278-283.

- Kokubun, E. (1996). Velocidade Crítica como Estimador do Limiar Anaeróbio na Natação. *Revista Paulista de Educação Física*, 10 (1), 5-20.
- Kravchychyn, A. C., Alves, J. C., Kravchychyn, T. P., Nogueira, G. A., & Machado, F. (2015). Comparação entre os métodos diretos e indiretos de determinação do VO2max de praticantes de corrida. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 21 (1), 17-21.
- Machado, F. A., Guglielmo, L. G., & Denadai, B. S. (2002). Velocidade de corrida associada ao consumo máximo de oxigênio em meninos de 10 a 15 anos. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 8 (1), 1-6.
- Machado, M. V., & Marques, A. C. (2013). *Fisiologia do exercício* (Vol. 2). Brasília: Fundação Vale, UNESCO.
- Machado, M. V., Junior, O. A., Batista, A. R., Triana, R. O., Marques, A. C., Altimari, L. R., & Junior, D. M. (2009). A influência de diferentes distâncias na determinação da velocidade crítica em nadadores. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 11 (2), 190-194.
- Machado, M., Batista, A., Marques, A., Baleixo, R., & Andries, J. (2007). Influência do intervalo sobre a determinação da velocidade crítica em nadadores. *Revista Educação Física*, 18 (Supl), 112-115.
- Marôco, J. (2014). *Análise Estatística com o SPSS Statistics* (Vol. 6ª Edição). Lisboa: ReportNumber.
- Matos, C. C., & Castro, F. A. (2013). Variabilidade do lactato sanguíneo em resposta a nados de aquecimento e de máxima intensidade. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*, 21 (1), 98-106.
- McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2016). *Fisiologia do Exercício - Nutrição, Energia e Desempenho Humano* (Vol. 8ª edição). Brasol: Guanabara Koogan.

- Miura, A., Kino, F., Kajitani, S., Sato, H., Sato, H., & Fukuba, Y. (1999). The effect of oral creatine supplementation on the curvature constant parameter of the power-duration curve for cycle ergometry in humans. *Japanese Journal of Physiology*, 49 (2), 169-174.
- Miura, A., Sato, H., Sato, H., & Whipp, B. J. (2000). The effect of glycogen depletion on the curvature constant parameter of the power-duration curve for cycle ergometry. *Ergonomics*, 43 (1), 133-141.
- Monod, H., & Scherrer, J. (1965). The Work capacity of a synergic muscular group. *Ergonomics*, 8 (3), 329-338.
- Moreira, S. R., Simões, G. C., Hiyane, W. C., Campbell, C. S., & Simões, H. G. (2007). Identificação do limiar anaeróbio em indivíduos com diabetes tipo-2 sedentários e fisicamente ativos. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, 11 (4), 289-296.
- Moritani, T., Nagata, A., DeVries, H. A., & Muro, M. (1981). Critical power as a measure of physical work capacity and anaerobic threshold. *Ergonomics*, 24 (5), 339-350.
- Ogita, F. (2006). Energetics in Competitive Swimming and its Application for Training. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, 6 (Supl.2), 117-182.
- Papoti, M., Zagatto, A. M., Júnior, P. B., Cunha, S. A., Martins, L. E., & Gobatto, C. A. (2005b). Utilização do intercepto-y na avaliação da aptidão anaeróbia e predição da performance de nadadores treinados. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 11 (2), 126-130.
- Papoti, M., Zagatto, A. M., Mendes, O. C., & Gobatto, C. A. (2005a). Utilização de métodos invasivo e não invasivo na predição das performances aeróbia e anaeróbia em nadadores de nível nacional. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, 5 (1), 7-14.
- Pereira, J. G. (2016). *Fisiologia do Exercício - Manual de Curso de Treinadores de Desporto - Grau II*. Obtido em 07 de 2018, de Instituto Português do Desporto e Juventude: http://www.idesporto.pt/ficheiros/file/Manuais/GrauII/GrauII_06_Fisiologia.pdf

- Pereira, J. G. (2017). *Fisiologia do Treino - Manual de Curso de Treinadores de Desporto - Grau III*. Obtido em 08 de 2018, de Instituto Português do Desporto e Juventude: http://www.idesporto.pt/ficheiros/file/Manuais/GrauIII/GrauIII_05_Fisiologia.pdf
- Powers, S. K., & Howley, E. T. (2017). *Fisiologia do Exercício - Teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho* (Vol. 9ª Edição). São Paulo: Editora Manole Ltda.
- Raimundo, J. A., Turnes, T., Lisbôa, F. D., Cruz, R. S., Pereira, G. S., & Caputo, F. (2017). Velocidade crítica e índices de capacidade aeróbia na natação: uma revisão da literatura. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*, 25 (4), 153-165.
- Rodriguez, F. A., & Mader, A. (2011). Energy Systems in Swimming. *World Book of Swimming: From Science to Performance, Chapter 11*, 225-240.
- Rossi, L., & Tirapegui, J. (1999). Aspectos Atuais Sobre Exercício Físico, Fadiga e Nutrição. *Revista Paulista de Educação Física*, 13 (1), 67-82.
- Ruivo, R. (2015). *Manual de Avaliação e Prescrição de Exercício* (Vol. 3ª edição). Carcavelos, Portugal: Self - Desenvolvimento Pessoal.
- Silva, A. S., Santos, F. N., Santhiago, V., & Gobatto, C. A. (2005). Comparação entre métodos invasivos e não invasivo de determinação da capacidade aeróbia em futebolistas profissionais. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 11 (4), 233-237.
- Silva, E. G., & Bracht, A. M. (2001). Creatina, função energética, metabolismo e suplementação no esporte. *Revista da Educação Física/UEM*, 12 (1), 27-33.
- Silva, P. R., Romano, A., Teixeira, A. A., Visconti, A. M., Roxo, C. D., Machado, G. S., . . . Inarra, L. A. (1999). A importância do limiar anaeróbio e do consumo máximo de oxigênio (VO₂máx) em jogadores de futebol. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 5 (6), 225-232.
- Smith, J. C., Stephens, D. P., Hall, E. L., Jackson, A. W., & Earnest, C. P. (1998). Effect of oral creatine ingestion on parameters of the work rate-time relationship and time to

- exhaustion in high-intensity cycling. *European Journal of Applied Physiology*, 77 (4), 360-365.
- Terci, D. B., & Rossi, A. V. (2002). Indicadores Naturais de pH: Usar Papel ou Solução? *Química Nova*, 25 (4), 684-688.
- Vilas-Boas, J. P. (2000). Aproximação biofísica ao desempenho e ao treino de nadadores. *Revista Paulista de Educação Física*, 14 (2), 107-117.
- Wakayoshi, K., Ikuta, K., Yoshida, T., Udo, M., Moritani, T., Mutoh, Y., & Miyashita, M. (1992a). Determination and validity of critical velocity as an index of swimming performance in the competitive swimmer. *European Journal of Applied Physiology*, 64, 153-157.
- Wakayoshi, K., Yoshida, T., Udo, M., Harada, T., Moritani, T., Mutoh, Y., & Miyashita, M. (1993). Does critical swimming velocity represent exercise intensity at maximal lactate steady state? *European Journal of Applied Physiology*, 66, 90-95.
- Wakayoshi, K., Yoshida, T., Udo, M., Kasai, T., Moritani, T., Mutoh, Y., & Miyashita, M. (1992b). A simple method for determining critical speed as swimming fatigue threshold in competitive swimming. *International Journal of Sports Medicine*, 13(5), 367-371.
- Wilmore, J. H., & Costil, D. L. (2001). *Fisiologia do Esporte e do Exercício* (Vol. 2ª Edição). Brasil: Editora Manole.
- Zacca, R., & Castro, F. A. (2009). Comparação entre diferentes modelos de obtenção de velocidade crítica em nadadores juvenis. *Revista Brasileira de Fisiologia do Exercício*, 8 (2), 52-60.
- Zagatto, A. M., Papoti, M., Caputo, F., Mendes, O. C., Denadai, B. S., Baldissera, V., & Gobatto, C. A. (2004). Comparação entre a utilização de saliva e sangue para determinação do lactato mínimo em cicloergômetro e ergômetro de braço em mesatenistas. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 10 (6), 475-480.

Anexos

Anexo I – Consentimento Informado

Mestrado em treino Desportivo

Consentimento Informado

1. No âmbito da Dissertação do Mestrado em Treino Desportivo da Faculdade de Educação Física e Desporto, ULHT – Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, foi solicitada a minha participação num estudo de investigação.
2. Fui informado que o programa visa verificar a influência da utilização de diferentes combinações de distâncias sobre os valores da Velocidade Crítica e a Capacidade de Trabalho Anaeróbio.
3. A minha participação exige a realização de cinco (5) testes à velocidade máxima de nado, nas seguintes distâncias:
 - 50 metros crol;
 - 100 metros crol;
 - 200 metros crol;
 - 400 metros crol;
 - 800 metros crol.
4. Nenhuma das especificações do presente consentimento informado deverá ser interpretada ou considerada como promessa ou garantia do progresso e/ou dos resultados do Projeto da Dissertação do Mestrado em Treino Desportivo da ULHT.
5. Entendo que os resultados deste programa podem vir a ser publicados, mas a minha identidade não será revelada.
6. Fui informado que não serei recompensado monetariamente pela minha participação nas avaliações.
7. Reconheço a possibilidade de me dirigir aos responsáveis pelo projeto, sempre que sentir que fui colocado em risco.
8. Li toda a informação acima. Foram-me explicados a natureza, riscos e benefícios das avaliações. Eu assumo os riscos envolvidos e entendo que posso retirar o meu consentimento e parar a minha participação em qualquer momento sem qualquer prejuízo para mim. Ao assinar este consentimento, eu não estou a renunciar a quaisquer direitos legais, reclamações ou remédios. Ser-me-á fornecida uma cópia deste formulário.

Assinatura do atleta _____ Data: ____ / ____ / ____

Assinatura do encarregado de educação _____

Eu certifico que expliquei ao participante neste projeto e ao respetivo encarregado de educação, a natureza, objetivo, potenciais benefícios e riscos associados à participação na avaliação. Eu providenciei uma cópia deste formulário ao participante no estudo.

Assinatura do Mestrando _____