

INSTITUTO POLITÉCNICO DE SANTARÉM
ESCOLA SUPERIOR DE DESPORTO DE RIO MAIOR

Respostas fisiológicas durante a prática de *Kitesurf*

**MESTRADO EM DESPORTO,
ESPECIALIZAÇÃO EM DESPORTO NATUREZA**

Prof. Doutor João Brito
(Orientador)

Henrique Alexandre Antunes Hilário
Rio Maior, 2013

Agradecimentos

Aos meus pais, por todos os ensinamentos ao longo da minha existência, AMO-VOS!

À minha irmã Sara Hilário, pela paciência e todo o incentivo que me deu ao longo dos anos e nesta fase da minha vida...

À minha namorada que tanto me tem ajudado e aturado.

Ao meu orientador e amigo, Prof. João Brito, pelos ensinamentos, pela sua disponibilidade, paciência, incentivo e qualidades humanas.

A todos os professores do curso de Desporto Natureza e Turismo Ativo, por me darem a conhecer melhor o Desporto Natureza.

Ao meu colega e amigo Telmo Teotónio, pela grande ajuda.

À minha querida “afilhada” e amiga, pela ajuda e paciência dispendida.

A todas as pessoas que voluntariaram para os testes.

À Associação Humanitária dos Bombeiros dos Estoris, mais propriamente à sua coordenadora Maria João pelo facto de disponibilizar as instalações para a realização de alguns testes.

ÍNDICE GERAL

ÍNDICE DE FIGURAS.....	5
ÍNDICE DE TABELAS.....	6
ÍNDICE DE EQUAÇÕES	7
LISTA DE ABREVIATURAS.....	8
RESUMO	9
ABSTRACT	10
CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO	11
Introdução.....	12
Enquadramento	13
CAPITULO II: REVISÃO DE LITERATURA.....	15
Revisão da Literatura	16
CAPITULO III: DEFINIÇÃO DE PROBLEMA, HIPÓTESES, PRESSUPOSTOS, LIMITAÇÕES E PERTINÊNCIA	34
Definição de Problema.....	35
Hipóteses do Estudo	35
Pressupostos	35
Limitações	35
Pertinência do Estudo	35
CAPITULO IV: METODOLOGIA.....	37
Metodologia.....	38
Seleção da Amostra.....	38
Instrumentos de Pesquisa.....	38
Variáveis de Estudo.....	38
Recolha de dados	39
Tratamento e Análise Estatística dos dados	44
CAPITULO V: APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS.....	45
Apresentação de Resultados.....	46
CAPITULO VI: DISCUSSÃO DE RESULTADOS.....	52
Discussão dos Resultados.....	53
CAPITULO VII: CONCLUSÕES	57
Conclusões	58

CAPITULO VIII: RECOMENDAÇÕES	59
Recomendações	60
BIBLIOGRAFIA	61
ANEXOS	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Unidade de pulso e o GPS sensor.....	40
Figura 2 - Banda elástica e o transmissor.....	40
Figura 3 - Teste na água	43
Figura 4 - Posição do corpo durante a travessia (esquerda) e antes da saída da água (direita).....	43
Figura 5 - Perfil da frequência cardíaca de um sujeito e a distância e tempo percorridos durante a prática de <i>Kitesurf</i>	50
Figura 6 - a) Média de valores do VO ₂ registados durante os parciais de tempo. b) Média de valores da FC registados durante os parciais de tempo. c) Média de valores da %VO _{2max} registados durante os parciais de tempo. d) Média de valores da %FC _{max} registados durante os parciais de tempo. e) Média da velocidade de vento registada durante os parciais de tempo.	51

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - A relação da frequência cardíaca e a intensidade do esforço	24
Tabela 2 – Teste máximo realizado em passadeira rolante	39
Tabela 3 - Caracterização da totalidade da amostra (n=10)	46
Tabela 4 - Valores do consumo máximo de oxigénio (VO_{2max}), frequência cardíaca (FC), ventilação (VE) e razão de trocas respiratórias (R), durante o teste de esforço máximo em passadeira (n=10).	46
Tabela 5 - Valores médios do consumo máximo de oxigénio (VO_{2max}), frequência cardíaca (FC), ventilação (VE) e razão de trocas respiratórias (R), durante o teste de água (n=10).	47
Tabela 6 - Valores individuais da frequência cardíaca (FC), consumo de oxigénio estimado (VO_{2max}) e distância percorrida durante o exercício de <i>Kitesurf</i> (n=10).	48
Tabela 7 – Relação percentual da frequência cardíaca(% $FC_{máx}$) e percentual do consumo máximo de oxigénio (% VO_{2max}), proposta por Marion <i>et al.</i> (1994)	50

ÍNDICE DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Equação de determinação da frequência cardíaca máxima.....**Erro! Marcador não definido.**

Equação 2 - Equação de determinação da frequência cardíaca máxima.....**Erro! Marcador não definido.**

Equação 3 – Equação da relação linear da FC e do VO_2**Erro! Marcador não definido.**

Equação 4 – Equação para estimar o VO_2 através da FC (Vercruyssen et al., 2009).....**Erro! Marcador não definido.**

LISTA DE ABREVIATURAS

- % FC_{max} – Percentagem de Frequência Cardíaca Máxima
- %VO_{2max} – Percentagem de Consumo Máximo de Oxigénio
- ACSM – *American College of Sports Medicine*
- APP – Antigo *Pumping*
- BPM – Batimentos por Minuto
- DE – Dispêndio Energético
- ETA – Efeito Térmico do Alimento
- FC – Frequência Cardíaca
- FC_{bas} – Frequência Cardíaca Basal
- FC_{máx} – Frequência Cardíaca Máxima
- FC_{rep} – Frequência Cardíaca de Repouso
- FC_{res} – Frequência Cardíaca de Reserva
- IKO – *International Kiteboarding Organization*
- LA – Limiar Anaeróbio
- LV – Limiar Ventilatório
- NÓS – Unidade de Medida de Velocidade Correspondente a 1,852 km/h
- NPP – Novo *Pumping*
- O₂SaT – Saturação Arterial
- PA – Pressão Arterial
- PO₂ – Pressão de O₂
- PP – *Pumping*
- SNA – Sistema Nervoso Autónomo
- SNP – Sistema Nervoso Parassimpático
- SNS – Sistema Nervoso Simpático
- TAF – Termogénese da Atividade Física
- TMB – Taxa Metabólica Basal
- TMR – Taxa Metabólica de Repouso
- VCO₂ – Produção de Dióxido Carbono
- VD/VT – Espaço Morto
- VE – Ventilação Pulmonar
- VO₂ – Consumo de Oxigénio
- VO_{2max} – Consumo Máximo de Oxigénio

RESUMO

As exigências fisiológicas em desportos aquáticos têm vindo a ser estudadas a fim de possibilitar, melhor e maior conhecimento das respostas orgânicas, por forma a auxiliar os atletas e praticantes das diversas atividades, na sua preparação física. O objetivo deste estudo foi identificar as exigências fisiológicas impostas pela modalidade de *kitesurf*.

Para tal, dez indivíduos de elite realizaram um teste máximo em passadeira e um teste em água com percurso delineado, com a duração de 30 min e com uma velocidade de vento entre os 16-25 nós. O consumo de oxigênio (VO_2) foi calculado a partir da frequência cardíaca (FC) registada durante o teste em água usando a relação individual FC- VO_2 determinada durante o teste máximo de esforço. A média de valores da FC e o VO_2 estimado representam, respetivamente, $80,31 \pm 3,19\%$ da frequência cardíaca máxima e $67,64 \pm 5,00\%$ de consumo máximo de oxigênio para velocidades de bordo que variam de 16 e 25 nós.

Este estudo sobre *Kitesurf* sugere que a exigência energética é principalmente sustentada pelo metabolismo aeróbio durante uma condição de vento moderado.

Palavras-chave: *Kitesurf*; Frequência Cardíaca; Treino; Atividade Aeróbica; Consumo de Oxigênio.

ABSTRACT

The physiological demands of water sports have been studied so as to enable and improve the knowledge of organic responses to help prepare athletes and practitioners of different activities.

The aim of this study was to identify the physiological demands of kite surf.

To do so, ten individuals did a test on a treadmill and another test in the water with an outlined course, taking 30 minutes and with wind velocity between 16 and 25 knots. Oxygen consumption (VO_2) was calculated from heart frequency that was registered during the test in the water using the individual relation heart frequency –oxygen consumption. This was determined during the maximum stress test.

The estimated average of heart frequency and oxygen consumption values represent $80,31 \pm 3,19\%$ of maximum heart frequency and $67,64 \pm 5,00\%$ of maximum oxygen consumption for onboard velocities that vary from 16 to 25 knots.

This study about kite surf suggests that energy demand is mainly sustained by aerobic metabolism during moderate wind condition.

Keywords: *Kite surf*; Heart frequency; Practice; Aerobic Activity; Oxygen Consumption.

CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO

INTRODUÇÃO

O presente trabalho, realizado no âmbito do 2.º ano do Mestrado em Desporto, especialização em Desporto Natureza, teve como propósito a obtenção do grau de mestre através da realização de um estudo retrospectivo sobre as respostas fisiológicas durante a prática do *Kitesurf*.

Pretendeu-se como objetivos gerais, caracterizar as respostas fisiológicas do *Kitesurf*, produzindo informação ao nível da correta avaliação e prescrição desta atividade, assim como a obtenção de um maior apoio no que concerne à melhoria da classificação do nível de exigência destas provas, através da caracterização das respostas fisiológicas em diferentes contextos.

No que respeita ao objetivo específico pretendeu-se estudar o comportamento dos seguintes parâmetros:

- Comportamento da frequência cardíaca (FC) durante a prática de *Kitesurf*;
- Caracterização da intensidade de esforço;
- Caracterização da relação intensidade do esforço e velocidade do vento;
- Velocidade de deslocação.

ENQUADRAMENTO

O *Kitesurf* surgiu à relativamente pouco tempo (1985) e tem vindo a crescer muito nos últimos anos (IKO, 2009). O *Kitesurf* consiste na utilização de uma prancha, combinada com a força de grandes e controláveis “papagaios” ou “asas” para a sua propulsão sobre a água. Devido a essas asas, o *Kitesurf* foi considerado um desporto de vela em 2008, pela Federação Internacional de Vela. Por ser relativamente novo, este desporto ainda é desconhecido para muitos.

O *Kitesurf* é um desporto de extrema técnica que está a crescer em popularidade e que combina aspetos de vários desportos aquáticos tais como o *surf*, *windsurf*, *wakeboard* e o *powerkiting*. Durante esta atividade o atleta desloca-se em cima de uma prancha através da água com a ajuda de uma asa controlável (6 a 15 m²) situada a aproximadamente 25 metros de altura. O praticante desta modalidade possui a capacidade de se mover *upwind* e *downwind* com velocidades a oscilar entre os 15 a 30 nós, dependendo sempre, obviamente, da velocidade do vento, do tamanho da asa e/ou resistência da água (chão vs. com ondas).

As provas de estilo livre, velocidade e *crossing* representam as principais disciplinas das corridas de *Kitesurf* e assim determinam as modalidades de treino associadas às exigências de energia requeridas em sujeitos de competição. Muito recentemente, o recorde de velocidade do mundo em *Kitesurf* foi oficialmente reconhecido em 49.84 nós sobre uma distância de 500 metros com uma velocidade de vento de 40 nós.

As exigências fisiológicas nos desportos à vela têm vindo a ser estudadas ao longo de vários anos (Chamari *et al.*, 2003; Castagna *et al.*, 2007; Vercruyssen *et al.*, 2009), tendo como finalidade a obtenção de um maior conhecimento, quer para treinadores quer para atletas, para que estes possam utilizar este conhecimento para uma preparação física mais adequada, visando ou não a competição.

Para a prática do *kitesurf* são necessários grandes espaços, como lagoas, rios ou mares, e condições ideais de vento.

O *kitesurf* é um desporto essencialmente recreativo, e com muito poucos indivíduos envolvidos em competições, embora nos últimos anos tenha vindo a aumentar. Pouco se sabe relativamente ao número exato de praticantes em Portugal, mas como referido anteriormente, é um desporto que tem vindo a crescer muito, isto porque alia as belíssimas praias que Portugal possui, a ventos perfeitos e constantes. Segundo a IKO (*Internacional Kiteboarding Organization*), mais de 40.000 sujeitos aderem a este desporto a cada ano, em todo o mundo (IKO, 2009).

Os aspetos fisiológicos das atividades físicas e desportivas há muito tempo que têm vindo a ser estudados (Astrand *et al.*, 2006). Para a determinação das exigências energéticas nos desportos à vela, também são utilizados parâmetros fisiológicos. Frequência cardíaca (FC), consumo de oxigénio (VO_2) e lactato são parâmetros utilizados em desportos aquáticos como o *kitesurf* (Vercruyssen *et al.*, 2009), *windsurf* (Chamari *et al.*, 2003; Castagna *et al.*, 2007) e *laser* (Castagna & Brisswalter, 2007).

Muito pouco se sabe acerca das respostas fisiológicas durante a prática do *kitesurf*, alguns estudos abordam lesões no desporto (Buchholz, 2007; Nickel, 2004) e apenas foi encontrado um estudo (Vercruyssen *et al.*, 2009) que analisa as questões fisiológicas dos atletas durante a prática de competição simulada. Sabemos que durante essa simulação de competição, de aproximadamente 30 minutos, em condições de vento fraco, a fonte energética de maior predomínio foi a aeróbia (Vercruyssen *et al.*, 2009).

CAPITULO II: REVISÃO DE LITERATURA

REVISÃO DA LITERATURA

O *kitesurf* por ser um desporto realizado dentro de água são em número reduzido as variáveis fisiológicas que se conseguem monitorizar durante o exercício. A FC tem sido a mais utilizada em desportos de água (Chamari *et al.*, 2003; Castagna *et al.*, 2007; Vercruyssen *et al.*, 2009) por ser de fácil aplicabilidade e de baixo custo.

Muito embora o protocolo de corrida induza contrações musculares diferentes das observadas no *kitesurf*, alguns dos autores têm vindo a utilizar este método para determinar as capacidades fisiológicas dos atletas dentro de água (Vercruyssen *et al.*, 2009; Chamari *et al.*, 2003; Castagna *et al.*, 2007; Guével *et al.*, 1999). A monitorização da FC em desportos de água tem sido indicada como um ótimo parâmetro para estimar as respostas cardiorrespiratórias e para caracterizar a intensidade do exercício (Chamari *et al.*, 2003).

No estudo realizado por Vercruyssen *et al.* (2009), analisou-se a FC durante uma simulação de regata de 30 minutos com 10 atletas de *kitesurf*. Neste estudo, foi efetuado um teste incremental de esforço de 400 metros numa pista de atletismo dois dias antes da regata. Neste teste, a cada 25 metros, era feito uma marcação e emitido um sinal sonoro para controlar a intensidade. O resultado do teste de 400 metros para determinação da frequência cardíaca máxima (FC_{max}), foi de 191 bpm. A FC durante a simulação da regata foi avaliada em condições de vento moderado entre os 11 e os 15 nós de velocidade por um anemómetro, e a FC registada durante a prática foi de 80,6% da FC_{max} previamente determinada durante o teste de 400 metros. Já Guével *et al.* (1999) verificou a FC durante a simulação de regata olímpica de *windsurf* em oito atletas da modalidade. Estes sujeitos realizaram um teste máximo na passadeira de forma a calcular a FC_{max} e VO_{2max} , onde obtiveram resultados de 202 ± 6 bpm e $66,8 \pm 3,7$ ml.kg⁻¹.min⁻¹, respetivamente. Durante a simulação de regata, a FC foi avaliada com vento fraco e moderado, tendo esta alterado de $87,4 \pm 4,3\%$ da FC_{max} e $82,9 \pm 5,3\%$ da FC_{max} respetivamente. Com este estudo, Guével *et al.* (1999) concluiu que com ventos fracos, aos sujeitos são requeridos maiores exigências cardíacas e metabólicas que em ventos de intensidade moderada, sendo possível que esta diferença de FC esteja relacionada com o facto do atleta necessitar de efetuar um maior esforço muscular sob o efeito de ventos fracos, a fim de atingir as velocidades desejadas.

Por seu lado, Chamari *et al.* (2003) realizaram um estudo, também com atletas de *windsurf*, onde efetuaram também, em laboratório, um teste progressivo na passadeira para identificar o VO_{2max} e a FC_{max} , tendo registado os valores, 62,48 ml.kg⁻¹.min⁻¹ e 194,10 bpm, respetivamente. Depois de realizadas 22 regatas, as médias de FC de todos os sujeitos com condições de vento fraco e

moderado foram $80,51 \pm 6,82\%$ e $76,20 \pm 8,47\%$ da FC_{max} , respetivamente. Como conclusão Chamari *et al.* (2003) afirmam que sob condições de ventos fracos e moderados, a performance dos atletas é altamente dependente da capacidade de manterem uma elevada FC durante longos períodos de tempo.

Castagna *et al.* (2007) num estudo também na modalidade de *windsurf* obtiveram resultados idênticos aos de Chamari *et al.* (2003) com condições de vento de intensidade fraco (4-8 nós) e moderado (16-22 nós) e em condições de sotavento e barlavento. Em condições de sotavento, a FC, expressa em % da FC_{max} , foi semelhante entre as intensidades de vento, fraco ($92,9 \pm 3,5\%$) e moderado ($90,9 \pm 2,6\%$). Durante o barlavento, a FC foi maior durante os ventos fracos, $89,1 \pm 21\%$, que nos ventos moderados, $66,8 \pm 8,1\%$ com diferenças significativas entre as FC atingidas nas diferentes intensidades de vento. Assim, e segundo os autores, em condições de menos vento, os atletas de *windsurf* recrutam a musculatura de forma mais dinâmica, fazendo com que exista uma maior exigência cardiorrespiratória. Por outro lado, com ventos moderados, a musculatura é exigida de forma mais estática, realizando menos movimentos para velejar o que resulta em respostas cardiorrespiratórias menores.

Já Castagna *et al.* (2008), pretenderam verificar os efeitos dos movimentos realizados pelos atletas de *windsurf* para atingir maiores velocidades principalmente em situações de ventos fracos, dando a estes movimentos o nome de *Pumping* (PP). Neste estudo, foram verificadas as exigências fisiológicas em 19 homens atletas, utilizando duas diferentes técnicas de PP. A uma das técnicas chamaram de antigo *Pumping* (APP), em que são utilizados apenas os membros superiores, e a outra de novo *Pumping* (NPP), em que são utilizados tanto os membros superiores como os inferiores. O VO_{2max} ($65,1 \pm 5,9 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) e a FC_{max} ($193 \pm 7 \text{ bpm}$) foram calculados mais uma vez através de um teste máximo de esforço em corrida realizado num laboratório. Posteriormente com intensidade de vento de 8 a 12 nós, num percurso de 1800 m, as respostas fisiológicas obtidas foram diferentes. O NPP obteve um velocidade maior em menor tempo e valores maiores de VO_2 ($80,5 \pm 5,2\%$ do VO_{2max}) e de FC ($87 \pm 4\%$ da FC_{max}). Já o APP obteve menor velocidade, maior tempo a percorrer a distância e valores menores de VO_2 ($72,7 \pm 4,5\%$ do VO_{2max}) e da FC ($83 \pm 4\%$ da FC_{max}). Como conclusão, o NPP apesar de ser mais eficiente, necessita de um maior condicionamento cardiorrespiratório para ser utilizada, pois utiliza mais grupos musculares aumentando o VO_2 e a FC.

RESPOSTAS FISIOLÓGICAS AO EXERCÍCIO

Nas últimas décadas tem sido demonstrada a importância da atividade física, na vida das pessoas. De entre outras finalidades, a atividade é praticada com o objetivo de manter uma boa saúde e prevenir doenças. A importância da atividade física regular na prevenção de doenças e de mortes prematuras assim como na manutenção de uma boa qualidade de vida recebeu, recentemente, reconhecimento como objetivo de saúde pública. São citados como benefícios da atividade física regular a redução do risco de incidência e prevalência de doenças cardiovasculares, diabetes, hipertensão e obesidade, contribuindo para o fortalecimento do sistema músculo-esquelético e ajuda no controlo da massa corporal (Pollock e Wilmore, 1993; U.S. Dept. of Health and Human Services, 1996). Sabe-se que é necessário um determinado dispêndio energético (DE) total para que possam ser alcançados esses benefícios. Muito embora esses níveis de exercício não tenham sido ainda devidamente identificados, o ACSM (2005), sugere que o exercício deve ser realizado 5 a 7 dias por semana e cada sessão deve ter um dispêndio calórico de 4 Kcal/Kg corporal (aproximadamente 200 a 400 Kcal por sessão).

Para Wilmore e Costill (2001), a quantidade de energia despendida em diferentes atividades varia com a intensidade e com o tipo de exercício. Entretanto, há variações individuais devido a diferenças no nível de atividade, idade, género, estatura, massa e composição corporal. O que justifica a existência de vários métodos para a medição e estimativa do DE do exercício.

Para a medição do DE, é mais frequentemente utilizada a calorimetria indireta pela medida do consumo de oxigénio, mas tal método depende de procedimentos complexos que fazem com que fique restrito, quase e exclusivamente, a ambientes laboratoriais e situações de pesquisa. Nas situações de campo é mais viável a estimativa do DE realizada através de cardio frequencímetros, acelerómetros, pedómetros, etc. (Hendelman *et al.*, 2000; Welk *et al.*, 2000; Strath *et al.*, 2000; Ainsworth *et al.*, 2000).

FREQUÊNCIA CARDÍACA

No exercício existe uma predominância dos nervos cardiorreguladores simpáticos sobre o nervo vago, fazendo com que a frequência cardíaca (FC) aumente acima dos níveis de repouso (Almeida & Araújo, 2003). As hormonas produzidas pelas glândulas suprarrenais (adrenalina e noradrenalina) incrementam este aumento de frequência de contração (ACSM, 2001). Concomitante a estes mecanismos, a produção de metabolitos musculares promove a vasodilatação da musculatura ativa, reduzindo a resistência vascular periférica, permitindo assim

aumento da pressão arterial sistólica e redução ou manutenção da diastólica. No caso dos exercícios dinâmicos, ou seja, que envolvem movimento articular, ocorre um aumento da FC, volume sistólico e débito cardíaco à medida que se aumenta a intensidade do exercício (Brum *et al.*, 2004). Todas estas alterações ocorrem durante a prática da atividade e são consideradas adaptações cardiovasculares agudas. São também observadas adaptações crónicas ao exercício, decorrentes de treino regular e adaptação de carga aplicada (Thompson *et al.*, 2001). Relativamente à FC, ocorre uma redução dos níveis de repouso e uma diminuição significativa da resposta durante a atividade. Isto está, provavelmente relacionado com mecanismos como o aumento do retorno venoso, do volume sistólico, da contractilidade miocárdica (Yoshiga & Higushi, 2002), e/ou à melhora da extração de oxigénio resultando na diminuição da FC para determinados níveis de exigência (Almeida & Araújo, 2003). Contudo não é prudente afirmar que a melhoria de algum destes mecanismos necessários para a diminuição da FC é resultante somente do treino, ou se a predisposição genética para estes mecanismos é que resulta em indivíduos mais aptos para determinado nível de condicionamento. Certo é que, independentemente dos mecanismos necessários para esta promoção da diminuição da FC, os indivíduos treinados apresentam uma FC de repouso mais baixa que os indivíduos sedentários. Uma FC de repouso baixa, tende a representar uma boa condição de saúde e condicionamento físico, enquanto os valores mais altos parecem estar relacionados com o aumento da mortalidade (Greenland *et al.*, 1999).

As análises da concentração sanguínea de lactato e as trocas gasosas respiratórias são métodos tradicionalmente usados para identificar a transição de produção de energia pelo metabolismo muscular. Embora bastante fidedignas, tais medições são dispendiosas em termos de tempo e recursos financeiros, sendo realizadas em laboratório em condições controladas. Neste caso é necessário que exista um balanço equilibrado entre a validade, utilidade e aplicabilidade de tais instrumentos. A medição da FC, embora menos fiável que a utilização da ergo espirometria e das análises ao lactato sanguíneo é uma forma indireta para a estimativa da intensidade do exercício e da utilização de oxigénio pelo corpo (Foss, Keteyian & Fox, 2000). Alguns estudos têm verificado uma relação linear entre a FC e o VO_2 nas intensidades submáximas do exercício (Achten & Jeukendrup, 2003). A utilização da regressão linear entre as percentagens de FC_{max} e o VO_{2max} parece ser bastante útil para a prescrição da intensidade do exercício em percentuais da FC, bastante mais aplicável e prático que a utilização do VO_2 . Desta forma, basta monitorar a frequência cardíaca do indivíduo para se poder estimar o VO_2 da atividade.

A FC aumenta linearmente ao ritmo de trabalho e à captação de oxigénio durante o exercício dinâmico, visando auxiliar o aumento do débito cardíaco. A magnitude desta resposta está relacionada, entre outros, com a posição corporal e a aptidão física. Londeree *et al.* (1995) verificaram que os exercícios realizados em posição ereta e com sustentação do peso corporal, como a corrida, apresentam regressões satisfatórias para a utilização da FC como preditor de intensidade, sendo que ao contrário, exercícios que utilizam os membros superiores, como o remo, e sem a sustentação do peso corporal apresentaram um erro superior na regressão, sendo necessárias equações específicas para utilização da FC como monitor de intensidade de treino. Em relação à aptidão física do indivíduo, Swain, Abernathy, Smith Lee e Bunn (1994) verificaram que a maior ou menor aptidão aeróbia modifica a relação entre a $\%VO_{2max}$ e a $\%FC_{max}$ no exercício submáximo, onde os indivíduos com maior aptidão aeróbia apresentam uma $\%FC_{max}$ maior do que os indivíduos de menor aptidão, para o mesmo $\%VO_{2max}$. O tipo de atividade, a existência de problemas cardiovasculares, medicação e fatores ambientais também podem influenciar a relação entre a FC e o VO_2 .

Numa abordagem diferenciada Pólipo e Farinatti (2003), sugerem a utilização do duplo produto (FC pela pressão arterial sistólica) como melhor método não invasivo de avaliação do trabalho do coração, durante o repouso ou nos exercícios aeróbios, pois apresenta uma forte correlação com o VO_2 , podendo ser utilizado como monitor e controlador de segurança na atividade física, principalmente em ginásios, por ser um método viável tanto no que diz respeito à facilidade de medição, quanto aos baixos custos de sua utilização.

A FC, sendo fácil de obter, é o parâmetro cardiovascular mais simples e que mais informação fornece (Wilmore & Costill, 1999). A FC corresponde ao número de ciclos cardíacos, contrações ou batimentos, realizados por minuto (Espanha, 2001). Segundo Soares (2000), a FC permite uma avaliação contínua ao longo de toda a atividade física e para Barata (1997), a FC é uma das respostas agudas ao esforço.

A FC_{max} não é significativamente afetada pelo treino e, por isso, depende menos do estado físico do atleta e mais da idade (Soares, 2005).

Para Alves (2002), a função cardiorrespiratória é um dos sistemas biológicos que fornece uma série de variáveis possíveis de ser analisadas, permitindo um conhecimento e uma avaliação do organismo face ao esforço.

Apesar da FC ser um instrumento válido de avaliação e prescrição da intensidade do exercício, devemos ter em conta que esta variável é influenciada por diversos fatores, dos quais Alves (2002) destaca:

- Idade – com o avançar dos anos a FC_{max} diminui;
- Sexo – a FC é mais elevada no sexo feminino;
- Motivação/ansiedade – estado de grande ansiedade aumentam os valores de FC;
- Tipo de exercício;
- Posição do indivíduo;
- Medicação – os agentes beta bloqueadores reduzem a FC_{rep} e de treino;
- Cafeína – a cafeína pode levar à ocorrência de taquicardia;
- Tabaco – leva ao aumento da FC
- Hora do dia;
- Condições ambientais.

Dos fatores enunciados, a idade é o mais importante no presente estudo, pois no que se refere às crianças, e devido ao menor tamanho do coração e ao menor volume total de sangue, estas apresentam um menor volume de bombeamento de sangue pelo coração, comparativamente, aos adultos, tanto em repouso como em exercício. Deste modo, numa tentativa de compensação, a resposta da criança a uma determinada taxa de trabalho submáximo é maior do que a verificada no adulto (Wilmore & Costill, 1999).

Já Rieckert e Schönle (1983), relatam que a atividade muscular aumenta com a intensidade do vento, logo, a FC também tende a aumentar.

Para MacArdle *et al.* (1998), a regulação da FC, pode ser feita de duas formas, intrínseca e/ou extrinsecamente. Intrinsecamente é feita através do nódulo sinusal ou nódulo S-A, também, denominado de “marca-passo” cuja despolarização e polarização proporciona o autoestímulo do coração gerando uma FC regular e estável. Este nódulo encontra-se, usualmente, sob a influência extrínseca das duas divisões do sistema nervoso autónomo (SNA), o sistema nervoso simpático (SNS) aumenta o automatismo através do nervo cardíaco, e do sistema nervoso parassimpático (SNP), via nervo vago, que o inibe. As alterações da FC, normalmente, envolvem a ação recíproca destas duas partes do SNA, isto é, verifica-se um aumento da FC originado pela diminuição da atividade parassimpática havendo, em simultâneo, aumento da atividade simpática, verificando-se, por outro lado, um decréscimo dos valores da FC que é efeito do mecanismo oposto.

A estimulação do SNS liberta adrenalina e noradrenalina, hormonas denominadas de catecolaminas, que atuam acelerando o nódulo sinusal e, desta forma, induzindo o coração a bater mais rapidamente (taquicardia). Para além deste aumento da FC, as catecolaminas também proporcionam um aumento significativo da contratilidade do miocárdio.

Segundo Moreno (1992), a acetilcolina, hormona do SNP, retarda o ritmo da descarga sinusal, tornando a FC mais lenta (braquicardia, ou seja, valores de FC menores que 60 batimentos por minuto). Este efeito é mediado pela ação do nervo vago, que não exerce, praticamente, qualquer efeito sobre a contractilidade do músculo do miocárdio. Normalmente, em indivíduos saudáveis, e em situação de repouso, a influência parassimpática predomina.

A regulação extrínseca ocorre ainda através de diversos sensores (especialmente os baro e quimiorreceptores carotídeos e aórticos), que medem continuamente a pressão sanguínea e o seu conteúdo em oxigénio, dióxido carbono e iões hidrogénio, e adaptam a FC em cada momento de acordo com as necessidades do organismo (Moreno,1992).

É em relação a esta necessidade e respetivos valores de FC, que se considera a existência de diversos “estados” deste parâmetro fisiológico, nomeadamente, a FC basal, FC de repouso, FC de reserva, FC submáxima e FC máxima (Souza, 2005).

FREQUÊNCIA CARDÍACA BASAL

Segundo Alves (2002) a Frequência Cardíaca Basal (FC_{Bas}) é a frequência que o indivíduo apresenta quando se encontra num estado de relaxamento total. O momento ideal para obter uma FC_{Bas} é após uma noite de sono recuperador, com o indivíduo ainda deitado, em jejum, quando o seu metabolismo se encontra no mínimo, com o sujeito em descontração psíquica e a uma temperatura ambiente entre os 17 e os 30°C.

FREQUÊNCIA CARDÍACA DE REPOUSO

Para alguns autores os valores de referência da Frequência Cardíaca de Repouso (FC_{Rep}) em adultos normais situam-se entre os 70 e os 80 bat/min (Barata, 1997; McArdle *et al.*, 1998), para Maglischo (1999) os batimentos situam-se entre os 60 e os 80 bat/min.

A FC_{rep} diminui consideravelmente como consequência do treino de resistência, podendo verificar-se uma diminuição de um batimento por minuto nas primeiras semanas de prática de atividade física (Alves, 2002). Os atletas bem treinados podem apresentar uma FC_{rep} com valores compreendidos entre os 28 e os 60 bat/min (Alves, 2002).

FREQUÊNCIA CARDÍACA MÁXIMA

A Frequência Cardíaca Máxima (FC_{max}) é aquela que é verificada aquando da concretização de um exercício progressivo máximo (Heyward, 1997).

A FC tem sido frequentemente utilizada para caracterizar a intensidade de um exercício, sendo denominada de FC máxima o valor obtido no final de um teste de exercício máximo (Pinto & Araújo, 2006).

Segundo Wilmore & Costill (1999), a FC é mais elevada nas crianças do que nos adultos, mas ela diminui de forma linear à medida que as crianças vão crescendo. Os mesmos autores referem ainda que, as crianças com menos de 10 anos de idade, apresentam frequentemente uma FC_{max} superior a 210 bat/min, enquanto a média para indivíduos com 20 anos, é de aproximadamente 195 bat/min. Este aspeto, demonstra claramente que a idade é um fator que influencia a FC.

Domingues Filho (1998) defende que a melhor forma para se saber a FC_{max} de um indivíduo é através de um teste de esforço máximo. No entanto, são poucos os profissionais na área da educação física e desporto que possuem ou tem acesso a instrumentos para determinar com precisão a FC_{max} ; também são poucas as pessoas que no dia-a-dia tem condições para realizar um teste de esforço máximo em clínicas especializadas, tendo em conta os custos associados (Campana, 2003). Estas foram as razões que levaram ao aparecimento e difusão de algumas fórmulas de modo a simplificar os processos.

Wilmore e Costill (1999), Mesquita *et al.* (1996), Cheung *et al.* (2002) e Bird *et al.* (2003), propõem a estimação da FC_{max} a partir da seguinte fórmula:

$$220 - \text{Idade (em anos)} \quad (1)$$

Porém esta fórmula apresenta um erro estimado de ± 11 batimentos cardíacos por minuto (bpm). Podendo esta variação ser prejudicial à prescrição de exercícios físicos ou expor os sujeitos a riscos desnecessários, devido à subestimação ou superestimação das suas capacidades cardiorrespiratórias (Tanaka, 2000).

A fórmula proposta por Tanaka *et al.* (2000) e por Campana (2003) é:

$$FC_{max} = 208 - (0,7 \times \text{idade}) \quad (2)$$

Que parece ser a mais recomendada para sujeitos saudáveis, visto ter sido elaborada após uma pesquisa que utilizou 351 estudos, envolvendo 492 grupos e 18.712 indivíduos. Posteriormente,

a nova equação foi validada transversalmente num estudo laboratorial controlado, onde a fórmula foi aplicada em 514 indivíduos saudáveis. Nesse estudo, *Tanaka et al.* (2000) chegaram à conclusão que a variação da FC_{max} se baseia na idade, sendo independente do género e nível de condição física.

FREQUÊNCIA CARDÍACA DE RESERVA

Segundo Alves (2002), considera-se a frequência cardíaca de reserva (FC_{Res}) como a diferença entre a FC_{max} e a FC_{Rep} , e corresponde aos sucessivos níveis de intensidade que é possível realizar ao esforço máximo.

FREQUÊNCIA CARDÍACA E CONTROLO DA INTENSIDADE DE ESFORÇO

Segundo Soares (2005), a relação da frequência cardíaca e a intensidade do esforço é a seguinte:

Tabela 1 - A relação da frequência cardíaca e a intensidade do esforço

<i>Intensidade</i>	<i>% da FC</i>
Baixa	40 – 70 %
Média	70 – 80 %
Alta	80 – 100 %

A intensidade o treino pode ser quantificada pela FC, de acordo com Wilmore e Costill (1999). Para Pereira (1997), esta ideia é baseada na relação linear entre a FC e o volume de oxigénio, e ao valor máximo da FC corresponde ao valor máximo de consumo de oxigénio.

Wilmore & Costill (1999) propõem que se considere que a FC varie um pouco com o treino de resistência. Alguns estudos indicam que para a mesma idade, os indivíduos sujeitos a alto condicionamento aeróbio, apresentam valores mais baixos do que os indivíduos não treinados.

Mallo & Navarro (2007) definem 4 zonas de intensidade do esforço:

- Intensidade Baixa (<75% FC_{max})
- Intensidade Média (76 – 85% FC_{max})
- Intensidade Alta (86 – 95% FC_{max})
- Intensidade Máxima (> 96% FC_{max})

VANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DA FREQUÊNCIA CARDÍACA

Para Soares (2005), a utilização da FC, no controlo do treino, apresenta algumas vantagens, nomeadamente:

- monitorizar a intensidade do treino de forma contínua e rigorosa;
- fornecer indicações ao treinador de forma a ajustar a intensidade dos treinos;
- monitorizar o nível de condição física dos jogadores;
- despistar eventuais situações de sobre treino;
- analisar a capacidade de recuperação dos atletas em esforços intermitentes;
- motivar e informar os atletas da sua participação no treino ou jogo.

A partir da década de 90, tornou-se possível a monitorização da FC pela telemetria, e os valores medidos no campo, tanto no treino como na competição (Padilla, Mujika, Orbananos, & Angulo, 2000; Padilla *et al.*, 2001). Costa e Oliveira (2007) acrescentam ainda que por ser de fácil medição, a FC é um dos indicadores de intensidade de esforço mais utilizado no ciclismo, podendo ser utilizado tanto em treino e competição, como em avaliação, em campo ou laboratório.

Segundo Jeukendrup e Van Diemen (1998), para se obter um efeito ótimo de treino e das sobrecargas é necessário monitorar a intensidade, não sendo, no ciclismo, a velocidade um indicador preciso da intensidade do exercício, a FC tem sido utilizada pelos ciclistas no treino e na competição, ou para determinar a intensidade do treino.

Padilla *et al.* (2001) e Lucía, Hoyos, Santalla, Earnest e Chicharro (2003) constataram que a FC é o melhor indicador para o controlo da intensidade durante eventos de resistência e competições, quando comparado com a capacidade de produção de lactato. Também Chicharro, Carvajal, Pardo, Pérez e Lucía (1999) e Lucía *et al.*, (2000) defendem que é o mais preciso índice de intensidade de exercício no ciclismo.

Para García-Manso *et al.* (2007) a FC é também um bom indicador para controlo da fadiga, assimilação de cargas de treino, prognóstico de rendimentos e, mais recentemente, para o desenho de cargas de treino a partir de parâmetros determinados na avaliação dos desportistas. Stapelfeldt, Scwartz, Shumacher, e Hillebreckt (2004) descrevem o comportamento constante da FC, a qual se mantém habitualmente elevada durante as provas de ciclismo, apesar das grandes oscilações na potência produzida, especialmente em função da variabilidade do terreno, direção e velocidade do vento e exposição no pelotão.

Fernandes *et al.* (2005) demonstraram que a relação FC vs. carga de trabalho não é linear, o que pode representar algumas limitações na sua utilização.

Já anteriormente Conconi *et al.* (1982), mostraram a existência de um ponto de deflexão da curva da FC, que estaria relacionada com o LA, apresentando na parte superior da curva de FC, uma tendência de diminuição da progressão da FC.

Uma vertente a ter em ponderação na observação das pressões arteriais (PA) é o evento dos atletas transportarem cargas adicionais. O transporte dessas cargas adicionais pode acarretar um acréscimo do esforço, e conseqüentemente da FC, que deve ser tido em consideração na execução deste tipo de provas (Falola, Delpech & Brisswalter, 2000).

Salomé *et al.* (2003) afirma que nos seus estudos sobre o VO_{2max} um dos parâmetros abordados com grande importância, tanto em testes diretos como em indiretos, foi a FC, devido à sua forte relação. A FC é considerada o índice fisiológico mais simples e que mais nos fornece informações cardiovasculares, facilitando a monitorização e controlo do esforço. (Foss & Keteyian, 2000; Wilmore & Costill, 2001).

Também Branco, Lima e Vianna (2003), referem que a FC pode ser utilizada para prescrição de treino com grande fidedignidade, pois a FC e o VO_2 aumentam linearmente com a intensidade do exercício. Para a utilização dos valores da FC obtidos durante um treino é necessário ter conhecimento da FC_{max} do individuo e da relação FC x VO_2 .

Segundo o estudo de Sagiv, Ben-Gal e Ben-Sira (2000) o aumento do volume da carga não é muito significativo para o VO_2 , apresentando uma menor expressão durante a marcha. Um dos fatores determinantes do aumento do VO_2 é o acréscimo do declive.

Tendo como fundamento o princípio de que quando não é exequível ou fiável mensurar o VO_2 de forma direta este pode ser referenciado com certa fiabilidade através da FC durante o exercício, foram desenvolvidas e divulgadas equações que fazem a conexão entre as taxas de trabalho mecânico com os seus equivalentes metabólicos (Nagle, Balke & Naughton, 1971; Duggan & Haisman, 1992; Viru & Viru, 2001).

Os resultados dos testes realizados por Salomé *et al.* (2003) indicaram, uma média de VO_{2max} de $31,0 + 7,0 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$, para o método de medição direto; em relação à FC_{max} média de $180 + 12 \text{ bpm}$. Para o método indireto VO_{2max} de $53,3 \pm 6,99 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$; em relação à FC_{max} média de $178 \pm 18 \text{ bpm}$.

No seu estudo referente aos efeitos do treino aeróbio sobre a FC, Almeida e Araújo (2003), defendem que talvez algumas das modificações que ocorrem no controlo da FC em repouso e nos níveis submáximos do exercício, sejam consequência de adaptações intrínsecas do próprio

nódulo sinusal ou ainda decorrentes de outras modificações fisiológicas, como o aumento do retorno venoso e do volume sistólico, e melhora da contratilidade miocardia ou periféricas, como melhora da extração de oxigénio ou melhoria da sua utilização para gerar mais trabalho (eficiência mecânica), resultando na diminuição da FC para estes níveis (submáximos) de exigência.

Ainda segundo os mesmos autores, a grande variedade de métodos de medição da variabilidade da FC, assim como as peculiaridades e características das amostras e dos delineamentos utilizados em cada experiência para a recolha de dados, contribuem para as divergências entre os resultados e as suas interpretações quanto aos efeitos do exercício e do treino sobre o controlo da FC.

Verificou-se que a FC e o VO_2 são linearmente relacionados nas diversas intensidades submáximas do exercício. Com base nesta relação, tem sido proposto que a regressão linear entre a $\%VO_{2max}$ e a $\%FC_{max}$, pode ser útil para a prescrição da intensidade de exercício. O uso destas equações permite que a intensidade de exercício possa ser prescrita com base na $\%FC_{max}$ (Caputo, Greco & Denadai, 2005)

Nos quatro grupos constituídos por 7 sujeitos de atletismo, 9 ciclistas, 11 triatletas e 12 sedentários, que foram analisados por Caputo, Greco e Denadei (2005), não foram encontradas diferenças significativas na $\%FC_{max}$ para cada uma das $\%VO_{2max}$ avaliadas. As médias das $\%FC_{max}$ correspondentes a 50, 60, 70, 80 e 90% da $\%VO_{2max}$ foram 67, 73, 80, 87, e 93% respetivamente. O que leva a concluir, que nos grupos analisados a relação entre a $\%VO_{2max}$ e $\%FC_{max}$ durante o exercício incremental no ciclismo não é dependente do estado e especificidade do treino aeróbio.

Os autores Spelman *et al.* (1993) e Di Prampero (1986) relataram que a marcha em terreno inclinado pode alterar significativamente a quantidade de energia necessária para realizar a tarefa, logo, conclui-se que o organismo também se vai adaptar, aumentando a sua FC. Segundo estudos desenvolvidos por Lovejoy (1988), a energia despendida na locomoção tem um papel analítico no desempenho funcional, pois a mesma nem sempre é a mais eficiente no que se refere à relação custo vs. eficácia.

A FC tem sido frequentemente utilizada para caracterizar a intensidade de um exercício, sendo denominada de FC máxima o valor obtido ao final de um teste de exercício máximo (Pinto & Araújo, 2006).

CONSUMO DE OXIGÉNIO

A monitorização da FC tem sido bastante utilizada como meio para estimar o gasto energético da atividade física, devido à facilidade da sua medição, principalmente com a popularização dos monitores de FC e devido à forte correlação que tem com o gasto energético durante o exercício dinâmico que envolva grandes massas musculares (Goldsmith *et al.*, 1967).

Devido às dificuldades de medição do consumo de oxigénio (VO_2) no terreno, os investigadores interessaram-se pela criação de um método direto e simples de registo de variáveis fisiológicas associadas ao gasto energético.

Das variáveis fisiológicas, a FC é a de mais fácil medição no terreno. A relação entre FC e DE foi estudada desde 1907, quando Benedict relatou que as alterações no pulso estavam relacionadas com as alterações na produção de calor em qualquer indivíduo. Mais recentemente, vários autores sugeriram que a FC poderia ser utilizada como um método prático e satisfatório para estimar o metabolismo total (Montoye *et al.*, 1996). Murlin e Greer em 1914, confirmaram os resultados de Benedict. Estes autores mediram o metabolismo respiratório e a FC em simultâneo em sujeitos no estado de repouso e de trabalho moderado. Os resultados indicaram que a FC era um bom índice do consumo de oxigénio. A FC e o VO_2 apresentam uma relação linear durante o exercício. Montoye (1970) verificou a mesma relação entre a FC e o VO_2 em indivíduos, durante a realização de marcha em tapete rolante em diferentes inclinações. A relação linear da FC e do VO_2 pode ser entendida através da equação de Fick:

$$VO_2 = FC \times VS(a - vO_2 dif) \quad (3)$$

Durante a realização de exercício a diferentes intensidades o volume sistólico e a diferença arteriovenosa não sofrem grande alteração, conseqüentemente, o aumento da FC reflete o aumento do VO_2 . Alguns investigadores apresentaram dados que revelam que a relação não é linear durante toda a amplitude de intensidades, do repouso até à exaustão (Berg, 1971; Booyens & Hervey, 1960; Bradfield, Huntzicker & Fruehan, 1969; Henderson & Prince, 1914; Malhotra, Sem Gupta & Rai, 1963; Viteri *et al.*, 1971; Warnold & Lenner, 1977). A maioria destes autores concorda que a linearidade da relação é mais consistente durante o exercício e que a maior variabilidade se verifica na medição dos valores em repouso.

É vasto o número de autores (Nagle, Balke e Naughton, 1965; Nagle, Balke & Naughton, 1971; Duggan & Haisman, 1992; Viru & Viru, 2001) que afirma que quando não é possível ou viável medir o VO_2 de forma direta, este pode ser estimado com alguma viabilidade através da

estabilização do consumo durante o exercício. Com base neste princípio foram desenvolvidas e difundidas equações que relacionam as medidas das taxas de trabalho mecânico com os seus equivalentes metabólicos. Estas equações podem ser usadas para estimar ou prever o DE. Contudo, estas equações são mais apropriadas para uso clínico e laboratorial, quando é possível usar ergómetros, pois os estudos que as fundamentam são geralmente de cariz laboratorial. Não obstante, a escassez de estudos de terreno determina que por vezes essas equações sejam usadas para estimar o DE em atividades fora do meio laboratorial.

O *surf*, que constitui uma prática física também realizada em meio aquático natural e que tem sido pouco abordada pelo mundo científico, sobretudo quanto aos aspetos fisiológicos que ocorrem durante sua prática, é caracterizada metabolicamente no estudo de Fernanda *et al.* (2000). Tendo em consideração as condições do local para a prática do *surf* e as características dos surfistas, a FC média durante o *surf* recreativo foi de $134,3 \pm 24,0$ bpm, sendo que 43,8 % do tempo total de *surf*, a FC manteve-se em níveis acima de 140 bpm. Individualmente, os surfistas permaneceram de 43,8 a 72,5% do tempo de *surf*, em atividades onde a FC se manteve acima de 140 bpm. Os resultados do presente estudo sugerem então, uma intensidade vigorosa durante o *surf* recreativo.

A componente respiratória está diretamente ligada à saúde do indivíduo, podendo a capacidade cardiorrespiratória ser definida como a capacidade de realizar atividades que envolvam grande massa muscular, com intensidade moderada/alta por períodos prolongados (Fernandes Filho, 2001). Assim sendo, é diretamente dependente dos sistemas respiratório, cardiovascular, muscular e das suas relações fisiológico-metabólicas para captação, transporte e utilização do oxigénio. O estudo do consumo de oxigénio (VO_2) e sua regulação são importantes devido ao metabolismo oxidativo ser o principal meio através do qual o organismo humano gera energia para realizar as atividades do quotidiano (Astrand & Rodahl, 1986).

Durante o exercício, o organismo depara-se com necessidades crescentes de captação e utilização do oxigénio de forma a suportar a exigência energética. O organismo atinge, eventualmente, um limite máximo de consumo de oxigénio que se mantém ou diminui ligeiramente mesmo que a intensidade do exercício continue a aumentar (Franklin, 2003). A este facto designamos consumo máximo de oxigénio. Atualmente, para a medição da capacidade cardiorrespiratória individual de indivíduos não atletas, utiliza-se a capacidade aeróbia máxima (VO_{2max}), que permite a avaliação global do sistema, em vez de cada componente em separado (Machado *et al.*, 2004).

Existem basicamente dois métodos de medição da capacidade cardiorrespiratória: o direto e o indireto, que assume também o carácter duplamente indireto. A medida direta é feita através de um circuito fechado em forma de câmara isolada que controla além dos gases, toda a energia que se desprende em forma de calor. Este calor é utilizado para aumentar a temperatura da água que circunda a câmara e através deste aumento calcula-se a energia despendida. A medida indireta é feita através do gás expirado pelo indivíduo durante o esforço (Reeves, Davies, Bauer & Battistutta, 2004), sendo o avaliado submetido em laboratório, a cargas crescentes, onde são analisadas as quantidades de oxigénio e dióxido de carbono inspiradas e expiradas. Essa medida é mais fidedigna, mas o seu custo é elevado em relação à medida duplamente indireta. Na medição duplamente indireta são utilizadas variáveis recolhidas em testes de campo pré estabelecidos, e estas são utilizadas em nomogramas para se chegar ao resultado do teste. Pode ser realizado em vários indivíduos ao mesmo tempo, e tem um baixo custo (Wilmore, Costill & Kenney, 2008). Porém, a sua viabilidade é por vezes questionada, uma vez que as equações são específicas para determinados grupos (Lima *et al.*, 2005).

O uso de novas tecnologias remete à utilização da medida do consumo máximo de oxigénio computadorizada – A ergo espirometria ou teste de esforço cardiopulmonar. Trata-se de um procedimento não invasivo para avaliar o desempenho físico e/ou a capacidade funcional de pacientes, atletas e outros indivíduos, que alia ao teste ergométrico tradicional à análise de variáveis ventilatórias, gases expirados e oximetria (Guimarães *et al.*, 2003). O desenvolvimento de analisadores rápidos de oxigénio e gás carbónico e sistemas computadorizados de integração de dados simplifica a técnica de medida das variáveis de troca gasosas. As medidas das variáveis obtidas pelos gases expirados incluem o consumo máximo de oxigénio (VO_2), a produção de dióxido de carbono (VCO_2), ventilação pulmonar (VE), equivalentes de ventilação (VE/VO_2 , VE/VCO_2), quociente respiratório (VCO_2/VO_2), pressão de O_2 (PO_2), saturação arterial (O_2SaT), espaço morto (VD/VT), etc. Com estes dados obtêm-se importantes informações para avaliar a capacidade funcional e separar as limitações cardiovasculares e pulmonares, determinar a continuidade do exercício a ser empregado, predição da performance, prescrição e controle do treino e detetar o limiar anaeróbio, além de permitir o cálculo do gasto energético da atividade (Yazbek Jr. *et al.*, 2001).

O limiar ventilatório (LV) foi proposto por Wasserman e McIlroy (1964) com o objetivo de determinar, de forma indireta, a intensidade de esforço em que o lactato no sangue sofre elevação em relação aos valores de repouso, durante teste de esforço progressivo. Esse índice tem sido utilizado para estimar o limiar de lactato (Caiozzo *et al.*, 1982; Davis *et al.*, 1976), indicar

a capacidade aeróbia de indivíduos saudáveis (Amann, Subudhi, Foster, 2004) e não saudáveis (Matsumura *et al.*, 1983), e controlar os efeitos do treino sobre a função aeróbia (Davis *et al.*, 1979; Santa-Clara *et al.*, 2002).

Têm sido utilizados vários critérios para a deteção do LV. Três dos mais empregues são: (1) aumento do equivalente ventilatório de O₂ (VE/VO₂) sem aumento concomitante do equivalente ventilatório de CO₂, (2) quebra da linearidade do aumento da ventilação-minuto (VE) e, (3) quebra da linearidade entre os aumentos do VCO₂ e VO₂ (V-slope). No entanto, apesar desses critérios estarem bem descritos na literatura, existe um componente subjetivo associado à determinação da intensidade de LV, dependente, sobretudo, da experiência do avaliador e do seu entendimento sobre os critérios; dependendo também da concordância e consistência inter e intra-avaliador na deteção desse índice, por meio dos diferentes critérios, entre os diferentes avaliadores.

O VO₂ tem sido pouco utilizado pela dificuldade de medição durante o exercício e pela falta de equipamentos específicos para o mesmo. Por outro lado, o VO₂ tem sido utilizado, tendo como base a relação linear que apresenta com a FC (Vercruyssen *et al.*, 2009).

Ao medir o VO₂ nos atletas de *kitesurf* e nos atletas de *windsurf* ambos têm mostrado valores diferentes com as mesmas intensidades de vento. Os atletas de *windsurf* apresentam valores mais elevados, entre 62,5 e 66,8 ml.kg⁻¹.min⁻¹, contra aproximadamente 54 ml.kg⁻¹.min⁻¹ dos atletas de *kitesurf*. Esta diferença pode ser explicada pelo facto dos movimentos de *windsurf* serem mais dinâmicos nos membros superiores e inferiores quando comparados ao *kitesurf*, que é mais estático (Vercruyssen *et al.*, 2009).

No estudo de Vercruyssen *et al.* (2009), onde avaliaram os atletas de *kitesurf*, verificaram que os valores encontrados de VO_{2max}, durante o teste de 400 metros em pista de atletismo foi de 54,8 ml.kg⁻¹.min⁻¹. Os autores observaram uma correlação linear entre o VO₂ e a FC nos 10 atletas, no teste de 400 metros (r=0,92 – 0,98; p<0,005) e propuseram uma equação para estimar o VO₂ pela frequência cardíaca, durante a prática de *Kitesurf*.

$$VO_2 = 0,44(FC) - 28,96 \quad (4)$$

A construção desta equação é semelhante às publicadas anteriormente usando passadeira e ciclo ergómetro (Bernard *et al.*, 1997). A partir dos dados da FC, foi estimado o consumo de VO₂ durante a simulação de regata. Os valores foram de aproximadamente 70% do VO_{2max}, os quais foram menores em atletas de *windsurf* (Chamari *et al.*, 2003) e semelhantes aos atletas de *laser* (Castagna & Brisswalter, 2007). Os diferentes valores de VO₂ podem estar relacionados com o

facto de o *windsurf* requerer atividades mais dinâmicas de membros superiores e inferiores, já o *kitesurf* requer atividades isométricas de ambos os membros, sendo semelhante ao observado em velejadores de *laser*.

Castagna *et al.* (2007) num estudo sobre *windsurf* referido anteriormente, avaliaram o VO_2 durante intensidades de vento fraca (4-8 nós) e moderada (16-22 nós) e em condições de sotavento e barlavento, para o estudo utilizaram o analisador de gases portátil durante a prática. Os resultados obtidos durante as condições de vento fraco referentes ao VO_{2max} foram semelhantes tanto em sotavento (86,6%) como em barlavento (82,6%), não existindo diferenças significativas nesta intensidade. Já no que diz respeito às condições de vento moderado, aí sim, verificaram-se algumas diferenças significativas entre o sotavento (84,6%) e o barlavento (61,9%), sendo como é óbvio os valores de barlavento significativamente inferiores às outras condições.

DISPÊNDIO ENERGÉTICO

A estimativa da quantidade de energia despendida em diferentes atividades varia com a intensidade, duração, tipo de exercício e adicionalmente de fatores como idade, sexo, altura, peso e composição corporal, bem como eficiência do movimento (Maiolo *et al.*, 2002).

Segundo Marchinni *et al.* (2005), são três os principais componentes do consumo energético diário: a taxa metabólica basal (TMB), o efeito térmico do alimento (ETA) e a termogénese da atividade física (TAF). A TMB é a estimativa da energia despendida quando um indivíduo se encontra na posição supina, pela manhã, depois de dormir, ou em estado pós-absortivo. Esta é determinada, entre outras formas, pela quantidade de massa livre de gordura e o volume corpóreo do indivíduo. A taxa metabólica de repouso (TMR) é a estimativa da energia despendida em estado de repouso em qualquer hora do dia e é geralmente 10% maior que a TMB. O ETA é o aumento do gasto energético associado à digestão, absorção e armazenagem dos alimentos, sendo influenciado pela seleção dos macro nutrientes da dieta. A TAF está associada à termogénese da atividade física formal ou informal, ou seja, ao gasto energético relativo às atividades de vida diária, ou ao exercício físico sistematizado.

O consumo energético da ação muscular não pode ser diretamente medido porque uma percentagem da energia das reações biológicas é libertada sob a forma de calor (Wilmore, Costill & Kenney, 2008). Esta quantidade de calor pode ser medida de forma direta através de uma câmara com dimensões de um pequeno quarto, em que são analisados os gases para determinação do metabolismo dos alimentos e a dissipação de calor através da elevação em

graus celsius da temperatura da água circundante à câmara (Calorimetria direta). Cada aumento de uma unidade por quilograma de água equivale a 1 kcal de energia. É necessário que o indivíduo permaneça horas, ou até dias dentro da câmara, onde poderá executar diversas atividades, inclusive protocolos de atividade física. Contudo, trata-se de um método muito complexo e caro, não sendo conveniente a sua utilização para pesquisas de campo (Marchinni *et al.*, 2005).

Tendo por base a dependência dos metabolismos de gordura e glicose na disponibilidade de O₂ e na produção de CO₂ e água, a estimativa do dispêndio energético pode ser feita através da medição das trocas de O₂ e CO₂ nos pulmões por calorimetria indireta. (Wilmore, Costill & Kenney, 2008; Robergs & Burnett, 2003). A calorimetria indireta mede a produção de energia a partir das trocas gasosas do organismo com o meio ambiente. Admitindo-se que todo o oxigênio consumido é utilizado para oxidar os substratos energéticos e que todo o gás carbônico produzido é eliminado pela respiração, é possível calcular a quantidade total de energia produzida. Essa "produção de energia" significa a conversão da energia química armazenada nos nutrientes em energia química armazenada no ATP mais a energia dissipada como calor durante o processo de oxidação (Diener, 1997).

**CAPITULO III: DEFINIÇÃO DE PROBLEMA, HIPÓTESES,
PRESSUPOSTOS, LIMITAÇÕES E PERTINÊNCIA**

DEFINIÇÃO DE PROBLEMA

O objetivo deste estudo consistiu em identificar as exigências fisiológicas impostas pelo *kitesurf* aos seus sujeitos, através da monitorização da FC durante o exercício e estimação do VO_2 , com base na relação quási-linear da FC e do VO_2 .

HIPÓTESES DO ESTUDO

As hipóteses de estudo foram:

H0: A intensidade média da prática de *kitesurf* em águas com ondulação acentuada a velocidades de 16 a 25 nós do vento, situa-se nos 40 a 60% da $FC_{máx}$.

H1: A intensidade média da prática de *kitesurf* em águas com ondulação acentuada a velocidades de 16 a 25 nós do vento, situa-se nos acima dos 60% da $FC_{máx}$.

PRESSUPOSTOS

- A relação quási-linear da FC e do VO_2 ;
- A similitude dos equipamentos utilizados por cada sujeito;
- A manutenção das condições de execução no que se refere ao plano de água.

LIMITAÇÕES

- O reduzido N da amostra;
- As condições em que a modalidade se desenrola são um constrangimento para a avaliação de outras variáveis fisiológicas;
- As condições do plano de água e o movimento das marés.

PERTINÊNCIA DO ESTUDO

A falta de informação sobre os efeitos fisiológicos da prática de *kitesurf* dificulta a prescrição do treino, mais especificamente, o controlo da intensidade (Delmonego Junior *et al.*, 2008).

Pretendeu-se com este estudo caracterizar as respostas fisiológicas da atividade de *kitesurf*, produzindo informação que contribua para a correta avaliação e prescrição desta atividade.

Pretendeu-se ainda proporcionar informação que ajude a uma melhor classificação do nível de exigência destas provas, através da caracterização das respostas fisiológicas em diferentes contextos.

Como objetivo específico pretendeu-se estudar o comportamento dos seguintes parâmetros:

- Comportamento da frequência cardíaca (FC) durante a prática de *kitesurf*.
- Caracterização da intensidade de esforço.
- Caracterização da relação intensidade do esforço e velocidade do vento
- Velocidade de deslocação.

CAPITULO IV: METODOLOGIA

METODOLOGIA

SELEÇÃO DA AMOSTRA

A amostra em estudo foi constituída por um conjunto de 10 sujeitos praticantes de *kitesurf*, 8 do género masculino e 2 do género feminino com elevado nível competitivo. Esta amostra foi selecionada segundo critérios de conveniência e acessibilidade.

Para caraterizar os elementos da amostra, os mesmos foram submetidos a um processo de avaliação de idade, género, peso, altura, anos de prática, dimensão da asa a utilizar na recolha, tamanho da prancha a utilizar na recolha, tendo sido efetuada a recolha dos dados antes do aquecimento para a realização do protocolo.

INSTRUMENTOS DE PESQUISA

Os instrumentos utilizados foram:

- 10 Polares RS800CX (Polar Electro Oy, Kempele, Finland)
- Anemómetro da marca Xplorer, modelo SkywatchXplorer 3 (JDC Electronic, Yverddon-les-Bains, Suíça)
- Adipómetro (Slim Guide, Creative Health products, Michigan)
- Balança (220, Seca, Hamburgo)
- Fitamétrica (Anthrotape, Rosscraft Innovations Inc., Vancouver)
- Analisador de gases portátil Cosmed K4b2 (Cosmed, Roma)

VARIÁVEIS DE ESTUDO

Variáveis Independentes

- Os praticantes da modalidade de *kitesurf*.
- É necessário avaliar se a velocidade do vento e o equipamento individual constituem como dependentes ou independentes (igual velocidade do vento; o mesmo equipamento para todos, ou a mesma relação área da “asa” e da prancha relativamente ao peso corporal).

Variáveis Dependentes

As variáveis dependentes são a FC e a distância percorrida por cada atleta.

RECOLHA DE DADOS

Avaliação cardiorrespiratória

O protocolo do teste esforço máximo utilizado no presente estudo para determinar o VO_{2max} dos atletas foi o seguinte:

Tabela 2 – Teste máximo realizado em passadeira rolante

	<i>Velocidade (Km/h)</i>	<i>Inclinação (graus)</i>	<i>Tempo (min)</i>
1º Patamar	3	0	1
2º Patamar	4	1	1
3º Patamar	5	2	1
4º Patamar	6	3	1
5º Patamar	7	4	1
6º Patamar	8	5	1
7º Patamar	9	6	1
8º Patamar	10	7	1
9º Patamar	11	8	1
10º Patamar	12	9	1
11º Patamar	13	10	1
12º Patamar	14	11	1
13º Patamar	15	12	1
14º Patamar	16	13	1
15º Patamar	17	14	1
16º Patamar	18	15	1
17º Patamar	19	16	1

Antes da realização dos testes, os participantes, foram elucidados do funcionamento e critérios de êxito do teste. O teste era dado como terminado quando os sujeitos, atingiam a exaustão, não conseguindo prosseguir com o mesmo.

Avaliação antropométrica

Antes da realização dos testes procedeu-se à medição e registo da altura e peso de cada praticante, assim como à determinação do índice de massa corporal. Os sujeitos encontravam-se descalços e em calção de banho no momento da medição, para que fosse visível a posição do

corpo. Depois de aferida a balança, os indivíduos colocavam-se no centro da plataforma da balança com o peso bem distribuído sobre os dois pés e a olhar em frente. A leitura foi feita com aproximação aos quilogramas. O peso e a altura foram medidos com uma balança com estadiómetro da marca SECA, (SECA, Hamburgo, Alemanha) com margem de erro de 100g. Para a medição da altura os sujeitos foram colocados em pé e de costas para o estadiómetro, e foi realizada uma ligeira pressão ascendente por debaixo do maxilar e no occipital com as duas mãos para garantir a máxima extensão da coluna vertebral sendo que a medida é tomada como a distância máxima que vai desde o chão ao ponto mais elevado do crânio quando a cabeça está segura numa posição conhecida como “Frankfort Plane” (Bar-Or, 1996). O Índice de Massa Corporal (IMC) foi calculado através da divisão do peso (kg) pela altura (m) ao quadrado de cada sujeito (Cole *et al.*, 2000).

Recolha e Preparação dos dados

Os dados da frequência cardíaca (FC) foram recolhidos através do cardio frequencímetro Polar – RX800 Sport Watch (Polar, Finland), a FC foi registada a cada 5 segundos (Castagna *et al.*, 2009; Wong *et al.*, 2009; Barbero-Alvarez *et al.*, 2008; Stroyer *et al.*, 2004; Capranica *et al.*, 2001) e a distância percorrida, velocidade média e máxima através do G3 GPS sensor da marca Polar a 5hz de frequência.

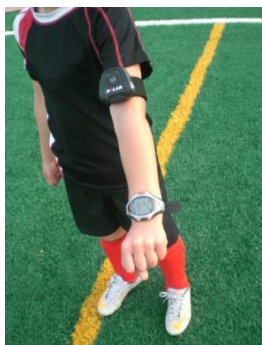


Figura 1 - Unidade de pulso e o GPS sensor

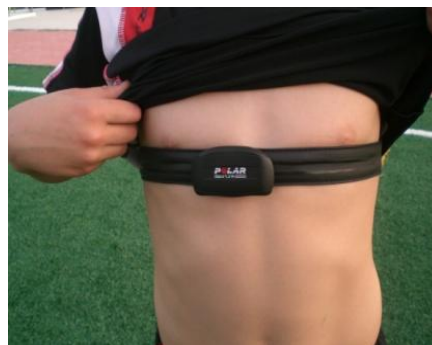


Figura 2 - Banda elástica e o transmissor

Todos os registos obtidos no cardio frequencímetro, foram descarregados para um computador portátil (Sony Vaio VGN-FW31J) através de um USB interface infravermelhos adequado (Polar AdvantageTM) para posterior análise dos dados recolhidos, utilizando os programas de software Polar Pro Trainer 5 e Microsoft Office Excel 2007, bem como aos dados adquiridos anteriormente, como peso, altura, distâncias e tempos de teste, que foram organizados numa folha de cálculo Excel reservada para a caracterização dos dados da amostra.

Procedimentos

Teste Máximo em Passadeira

Aquando da realização do teste máximo, todo o procedimento a ser realizado foi explicado ao praticante para que este não tivesse dúvidas no mesmo.

As variáveis cardiorrespiratórias foram medidas, com o analisador de gases Cosmed K4b2 (Cosmed, Rome, Italy), foram determinadas por oximetria direta. A FC foi medida pelo sensor Polar (Polar electro, Kempele, Finlândia) associado ao K4b2. Para analisar os dados recolhidos pelo analisador de gases portátil foi utilizado o software do Cosmed K4b2 versão 7.4b (Cosmed, Rome, Italy).

Durante o teste os indivíduos tiveram os valores da FC e VO_2 continuamente monitorizados por telemetria. O arnês do aparelho foi adaptado ao tronco dos indivíduos, sendo que a unidade portátil ficou junto à zona do peito enquanto a bateria ficou ao nível das omoplatas. Foram realizados testes de calibração do analisador antes de cada utilização seguindo as instruções do fornecedor e procedeu-se da seguinte forma: 45 minutos para aquecimento do aparelho; calibração com ar ambiente; calibração com gás de referência (16% O_2 e 5% CO_2); calibração do tempo de transição do gás e calibração da turbina (com seringa de 3000ml).

Os valores de VO_2 foram registados “respiração-a-respiração”, tendo sido depois expurgados os dados inválidos e realizadas médias de dados em intervalos de 15 segundos (Aisbett & Rossignol, 2003). Segundo diversos autores (Lamarra *et al.*, 1987; Rossiter *et al.*, 2000) as flutuações no VO_2 medido através do método de “respiração-a-respiração”, em conjunto com as flutuações do volume tidal e as consequentes alterações no fluxo sanguíneo pulmonar resultante de alterações na pressão pleural, são fortemente influenciadas por respirações mais ou menos esforçadas, tais como “tosses” ou “expirações forçadas”. A diferença permitida entre os 3 valores médios consecutivos de 15 segundos (filtragem efetuada no software por *averaging*) para se obter a estabilização no VO_2 foi inferior a $2,1 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ (Whipp & Rossiter, 2005).

Ao realizarem o teste os sujeitos iam-se deslocando na passadeira a uma velocidade e inclinação colocada pelo investigador. No 1º patamar a velocidade foi de 3 km/h e com inclinação de 0 graus, sendo que os patamares iam subindo de minuto a minuto, com a velocidade e inclinação a subirem um valor respetivamente, tal como demonstra o Quadro 2. Ao mudar de patamar, o investigador ia registando essa mesma mudança no analisador de gases. Durante o teste o

investigador ia questionando os sujeitos, através de linguagem gestual se tudo estava bem com os mesmos. O término do teste era ditado pela incapacidade do sujeito em manter a velocidade requerida.

Os critérios utilizados para a garantia da obtenção do VO_{2max} foram os seguintes:

- Valor de consumo de oxigénio a partir do qual um aumento da intensidade do esforço provoca uma estabilização ou mesmo uma ligeira queda do VO_2 ;
- Exaustão volitiva;
- Obtenção de 95% da FC máxima determinada previamente;
- Razão de trocas respiratórias superior a 1,15

Com o término do teste, esse momento era registado no analisador de gases através do investigador e aos sujeitos era pedido que continuassem em movimento ao longo da sala por forma a recuperar do teste que acabara de efetuar. Posteriormente era retirada a máscara, bem como a totalidade do analisador de gases.

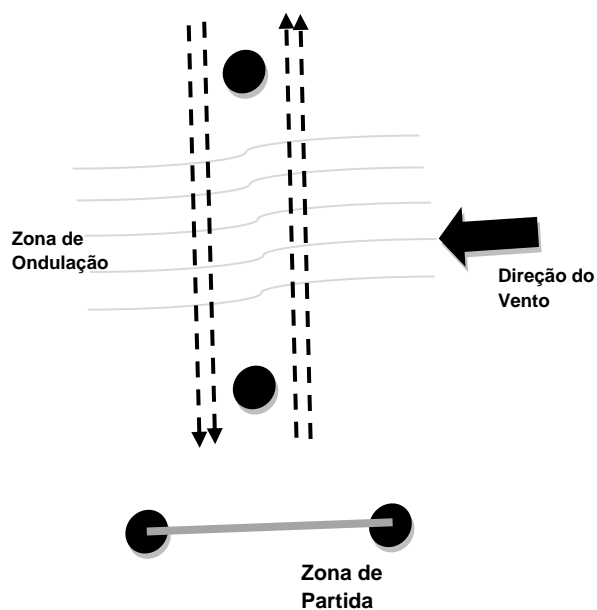


Figura 3 - Teste na água

Teste na água

Após uma semana da realização do teste máximo em passadeira, cada sujeito foi testado na Praia do Guincho, concelho de Cascais (Portugal). A Praia do Guincho é um local bastante frequentado por sujeitos da modalidade, uma vez que durante quase todo o ano ali se registam ventos de elevada intensidade aliado, também, às características do mar. Relativamente à intensidade do vento, esta é, tal como já foi referido, característica da zona e da altura do ano em que foi realizado o teste (Novembro). Os sujeitos usaram neste teste “*asas*” com dimensões entre os 9 e os 12 m² para otimizar ao máximo a sua performance.



Figura 4 - Posição do corpo durante a travessia (esquerda) e antes da saída da água (direita).

Durante o teste as condições de vento encontravam-se entre os 16 e 25 nós de velocidade. A velocidade do vento foi medida por um anemómetro (Xplorer, modelo SkywatchXplorer 3, JDC Electronic, Yverddon-les-Bains, Suíça) no início do teste e a cada 5 minutos aproximadamente.

Antes da realização do teste foi colocado em cada praticante, um GPS no braço e a unidade de receção no pulso, designada por relógio, e colocada a tira com o transmissor sobre o apêndice xifoide dos sujeitos e ajustadas com bandas elásticas. Os mesmos realizaram um breve aquecimento de 5 a 10 minutos ao longo da praia utilizando o equipamento necessário para o estudo.

Este decorreu na prática do *kitesurf*, num percurso balizado. O percurso tinha início na zona de partida e tinha como objetivo, os sujeitos atravessarem a zona de ondulação em direção à boia de sinalização colocada fora dessa zona e posteriormente, nova deslocação em direção à boia colocada junto à zona de partida (Figura 3). A duração do teste foi de 30 minutos uma vez que essa é a duração dos provas oficiais. Durante o teste, a frequência cardíaca e distância estavam constantemente a ser monitorizadas e gravadas através do Polar RS800CX, colocado no braço de cada sujeito. A FC registada na água é expressa em percentagem individual de FC_{max} para fornecer uma medida de intensidade relativa. Os valores de VO_2 de cada sujeito, foram calculados através da FC registada durante o teste de 30 minutos. Foram registados valores médios da FC, do VO_2 , e da distância percorrida a cada 5 minutos, nos seguintes períodos de tempo: T1 (0-5min), T2 (5-10min), T3 (10-15min), T4 (15-20min), T5 (20-25min) e T6 (25-30min).

TRATAMENTO E ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

Todos os dados foram analisados com o software de tratamento e análise estatística *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS Science, Chicago, EUA) versão 18,0. Foram utilizados procedimentos estatísticos para caracterizar os valores das diferentes variáveis em termos de tendência central e dispersão. Foi verificada a homogeneidade das variâncias através do teste de *Levene*. Na análise inferencial dos dados foi utilizada a técnica de comparação de médias ANOVA one-way com o objetivo de comparar os valores das médias parciais de cada variável. Foi utilizado o teste de múltiplas comparações de *Tukey* sempre que se verificaram diferenças significativas nas comparações.

Para todos os procedimentos estatísticos o nível mínimo de significância admitido foi de $P \leq 0,05$.

CAPITULO V: APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS

APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS

Os resultados apresentados e abordados são aqueles que revelaram maior significado para esta investigação, sendo a sua discussão realizada no capítulo seguinte. Em primeiro lugar são expostos os dados relativos a cada uma das variáveis. Na análise descritiva são referidos o valor mínimo, máximo, média e desvio-padrão. A apresentação e discussão dos resultados evidenciam primeiramente, a caracterização da amostra, em segundo lugar, a comparação das variáveis em estudo entre as posições da amostra. Os resultados são apresentados sob a forma de tabelas e figuras.

A amostra é composta por oito atletas de competição masculinos (n=8) e dois femininos (n=2) de *kitesurf* de nível nacional e internacional. A média de idade, peso e altura são apresentados na tabela 3. A maioria dos sujeitos participou em dois em três eventos a nível nacional e internacional no último ano. As sessões de treino físico, praticadas semanalmente pelos sujeitos constavam de corrida, ginásio e treinos de *kitesurf*, duas a três vezes por semana mediante as condições de vento.

Tabela 3 - Caracterização da totalidade da amostra (n=10)

	Idade (anos)	Peso (kg)	Altura (cm)
$\bar{x} \pm DP$	34,1 \pm 4,3	74,0 \pm 10,2	176,9 \pm 9,1
Min-Max	27-41	63-96	162-198

* $\bar{x} \pm DP$, média \pm desvio padrão; Min-Max, mínimo e máximo;

Na tabela 4, podemos observar o comportamento do VE, VO_{2max} , R e da FC em todos os sujeitos, durante o teste máximo em passeadeira.

Tabela 4 - Valores do consumo máximo de oxigénio (VO_{2max}), frequência cardíaca (FC), ventilação (VE) e razão de trocas respiratórias (R), durante o teste de esforço máximo em passeadeira (n=10).

	VO_{2max} (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	FC _{max} (bpm)	VE (l min ⁻¹)	R
$\bar{x} \pm DP$	48,5 \pm 6,2	184 \pm 7,3	124,1 \pm 19,3	1,1 \pm 0,1
Min-Max	37,3-55,0	171-192	89,4-141,9	1,1-1,3

* $\bar{x} \pm DP$, média \pm desvio padrão; Min-Max, mínimo e máximo;

Os valores registados relativamente ao consumo máximo de oxigénio a média foi de 48,5 \pm 6,2 ml.kg⁻¹.min⁻¹, a frequência cardíaca média foi 184 \pm 7,3 bpm, a ventilação média foi de 124,1 \pm 19,3 e a média da razão de trocas respiratórias foi 1,1 \pm 0,1. Os valores do R e da FC_{max} cumprem os critérios indicados por Howley, Bassett e Welch (1995) para que um teste seja considerado

MESTRADO EM DESPORTO, ESPECIALIZAÇÃO EM DESPORTO NATUREZA 2013

máximo. Os testes máximos realizados em passeadeira registam solicitações musculares diferentes daquelas que são observadas durante a prática do *kitesurf*, mas permitiram caracterizar o nível de capacidade cardiorrespiratória dos sujeitos, e determinar as retas de regressão que expressam a relação da FC com o VO_2 de cada sujeito a diferentes intensidades de esforço. (Chamari *et al.* 2003; Castagna *et al.* 2007).

Para análise das respostas fisiológicas dos atletas no teste de água, o tempo de registo durante o exercício de *kitesurf* foi fraccionado em períodos de 5 minutos para uma análise da evolução do esforço durante os 30 minutos de exercício. Foi determinada a média, desvio padrão das variáveis FC, VO_{2max} e distância percorrida. (Tabela 5).

Tabela 5 - Valores médios do consumo máximo de oxigénio (VO_{2max}), frequência cardíaca (FC), ventilação (VE) e razão de trocas respiratórias (R), durante o teste de água (n=10).

Tempo fraccionado	Variáveis	Min	Max	$\bar{x} \pm DP$
T1 (0-5 min)	FC (bpm)	108,42	152,62	138,06±14,41
	%FC _{max}	56,47	89,25	75,22±9,50
	VO_2 (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	13,49	42,43	29,59±9,52
	% VO_{2max}	26,61	81,91	60,58±15,93
	Distância (m)	250,00	700,00	470,00±176,64
T2 (5-10 min)	FC (bpm)	123,00	172,06	150,55±15,53
	%FC _{max}	66,13	100,62	81,99±10,23
	VO_2 (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	18,28	52,07	35,03±10,64
	% VO_{2max}	48,62	100,52	71,28±17,06
	Distância (m)	580,00	2300,00	1352,00±588,78
T3 (10-15 min)	FC (bpm)	123,00	182,57	154,87±20,71
	%FC _{max}	66,13	106,77	84,37±12,96
	VO_2 (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	18,28	57,02	36,66±12,24
	% VO_{2max}	48,62	110,08	74,43±20,28
	Distância (m)	550,00	2090,00	1388,00±585,60
T4 (15-20min)	FC (bpm)	123,00	177,00	146,85±20,34
	%FC _{max}	65,17	99,38	80,01±12,52
	VO_2 (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	18,28	50,84	32,57±10,77
	% VO_{2max}	43,67	98,15	66,77±18,98
	Distância (m)	260,00	2250,00	1263,90±629,18
T5 (20-25 min)	FC (bpm)	93,83	179,93	142,95±24,12
	%FC _{max}	49,65	99,81	77,84±13,91
	VO_2 (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	12,34	51,49	31,05±11,71
	% VO_{2max}	22,44	99,40	63,88±20,92
	Distância (m)	330,00	2240,00	1220,10±521,41
T6 (25-30min)	FC (bpm)	123,00	165,79	148,11±14,38
	%FC _{max}	66,13	93,21	80,60±8,86
	VO_2 (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	18,28	45,52	33,43±8,86
	% VO_{2max}	48,62	92,27	68,51±14,49
	Distância (m)	900,00	2220,00	1372,00±363,10

(FC – frequência cardíaca; %FC – percentagem da frequência cardíaca; VO_{2max} – consumo de oxigénio; % VO_{2max} – percentagem de consumo de oxigénio; Distância – medida percorrida durante o exercício).

MESTRADO EM DESPORTO, ESPECIALIZAÇÃO EM DESPORTO NATUREZA 2013

Com condições de vento moderado (16-25 nós), a análise estatística indica um efeito do período de tempo na FC, %FC, VO₂ e %VO_{2max} (P < 0,005, Tabela 5) caracterizado por valores significativamente mais elevados nestas variáveis durante a sessão T1 e T5 em relação aos restantes. Os valores médios da distância percorrida situam-se entre os 470,00±176,64m e 1388,00±585,78m durante a sessão de 30 minutos.

Tabela 6 - Valores individuais da frequência cardíaca (FC), consumo de oxigénio estimado (VO_{2max}) e distância percorrida durante o exercício de *Kitesurf* (n=10).

Sujeitos	Variáveis	Tempo faccionado					
		T1 (0-5 min)	T2 (5-10 min)	T3 (10-15 min)	T4 (15-20min)	T5 (20-25 min)	T6 (25-30min)
1	FC (bpm)	108,42±1,00	156,38±2,65	167,16±1,53	163,86±1,00	154,24±1,00	160,26±1,00
	VO _{2max} (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	13,49±0,30	27,91±0,79	31,10±0,45	29,99±0,30	27,28 ±0,30	28,94±0,30
	Distância (m)	0,45±0,01	1,65 ±0,01	2,97±0,01	4,56±0,00	5,20 ±0,00	6,25±0,00
2	FC (bpm)	152,62±1,00	172,06±1,00	182,57±1,00	169,94±1,00	170,68±5,13	159,39±2,65
	VO _{2max} (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	42,43±0,49	52,07±0,49	57,02±0,49	50,84±0,49	51,49±2,51	45,52±1,30
	Distância (m)	0,69±0,00	2,66±0,01	4,29±0,00	5,39±0,01	6,80±0,01	8,07±0,00
3	FC (bpm)	143,49±1,00	155,73±1,00	156,72±1,00	150,58±6,51	144,60±3,79	141,56±1,53
	VO _{2max} (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	29,17±0,54	35,71±0,53	36,25±0,53	32,86±3,47	29,71±2,02	28,18±0,82
	Distância (m)	0,39±0,01	2,42±0,00	4,72±0,01	6,97±0,01	9,21±0,00	11,43±0,01
4	FC (bpm)	148,56±1,00	163,28±1,53	172,93±1,00	160,78±1,00	140,38±1,00	158,55±1,00
	VO _{2max} (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	39,98±0,47	46,99±0,71	51,32±0,47	45,54±0,47	36,11±0,47	44,75±0,47
	Distância (m)	0,70±0,01	2,79±0,01	4,95±0,01	6,62±0,01	8,10±0,02	9,34±0,01
5	FC (bpm)	137,70±1,00	153,00±4,36	151,29±2,08	139,25±1,00	145,51±1,00	150,61±1,00
	VO _{2max} (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	31,76±0,53	40,00±2,30	38,68±1,09	32,71±0,53	35,83±0,53	38,51±0,53
	Distância (m)	0,52±0,01	1,78± 0,00	3,03±0,00	4,43±0,00	5,36±0,01	6,75±0,01

(FC – frequência cardíaca; VO_{2max} – consumo de oxigénio; Distância – medida percorrida durante o exercício)

MESTRADO EM DESPORTO, ESPECIALIZAÇÃO EM DESPORTO NATUREZA 2013

Sujeitos	Variáveis	Tempo faccionado					
		T1 (0-5 min)	T2 (5-10 min)	T3 (10-15 min)	T4 (15-20min)	T5 (20-25 min)	T6 (25-30min)
6	FC (bpm)	126,84±1,00	125,22±1,00	124,49±1,00	135,98±1,00	131,23±1,00	135,56±1,00
	VO _{2max} (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	20,88±0,38	20,28±0,38	19,96±0,38	24,39±0,38	22,69±0,38	24,01±0,38
	Distância (m)	0,69±0,00	2,66±0,01	4,29±0,01	5,39±0,01	6,80±0,01	8,06±0,00
7	FC (bpm)	147,88±1,53	146,00±0,00	147,68±1,00	124,98±17,04	93,83±1,00	131,39±1,00
	VO _{2max} (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	39,01±0,76	38,08±0,00	38,94±0,50	27,26±8,44	12,34±0,50	31,00±0,50
	Distância (m)	0,45±0,00	1,31±0,00	2,48±0,00	3,45±0,01	4,52±0,00	5,76±0,00
8	FC (bpm)	151,55±3,21	157,77±1,00	177,61±1,00	177,0±5,29	179,93±3,21	165,79±3,00
	VO _{2max} (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	32,02±1,35	34,61±0,42	43,03±0,42	42,73±2,22	43,93±1,35	37,91±1,26
	Distância (m)	0,25±0,01	1,48±0,00	2,33±0,01	4,23±0,01	5,58±0,01	7,17±0,01
9	FC (bpm)	140,58±1,53	153,03±7,81	145,24±1,00	123,17±1,00	146,07±1,00	155,00±0,00
	VO _{2max} (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	29,90±0,78	36,34±3,98	32,04±0,51	21,05±0,51	32,87±0,51	37,24±0,00
	Distância (m)	0,26±0,00	0,81±0,00	1,44±0,00	1,70± 0,00	2,03±0,01	2,93±0,00
10	FC (bpm)	123,00±2,08	123,00±0,00	123,00±0,00	123,00±0,00	123,00±0,00	123,00±0,00
	VO _{2max} (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	18,28±0,79	18,28±0,00	18,28±0,00	18,28±0,00	18,28±0,00	18,28±0,00
	Distância (m)	0,26±0,00	0,81±0,00	1,44±0,00	1,70±0,00	2,03±0,01	2,93±0,00

(FC – frequência cardíaca; VO_{2max} – consumo de oxigénio; Distância – medida percorrida durante o exercício)

De forma a caracterizar a intensidade de esforço adotamos a categorização proposta por Marion *et al.* (1994), a qual estabelece uma relação em termos percentuais entre a FC e o VO_2 , relativamente aos respetivos valores máximos.

Tabela 7 – Relação percentual da frequência cardíaca (% $FC_{máx}$) e percentual do consumo máximo de oxigénio (% $VO_{2máx}$), proposta por Marion *et al.* (1994)

$\%FC_{máx}$	$\%VO_{2máx}$
50	28
60	42
70	56
80	70
90	83
100	100

Como se pode constatar na figura 4 a FC durante uma prova de *kitesurf* apresenta uma tendência de estabilização independentemente da distância percorrida, caso não se verifiquem alterações na velocidade do vento (Vercruyssen *et al.*, 2009).

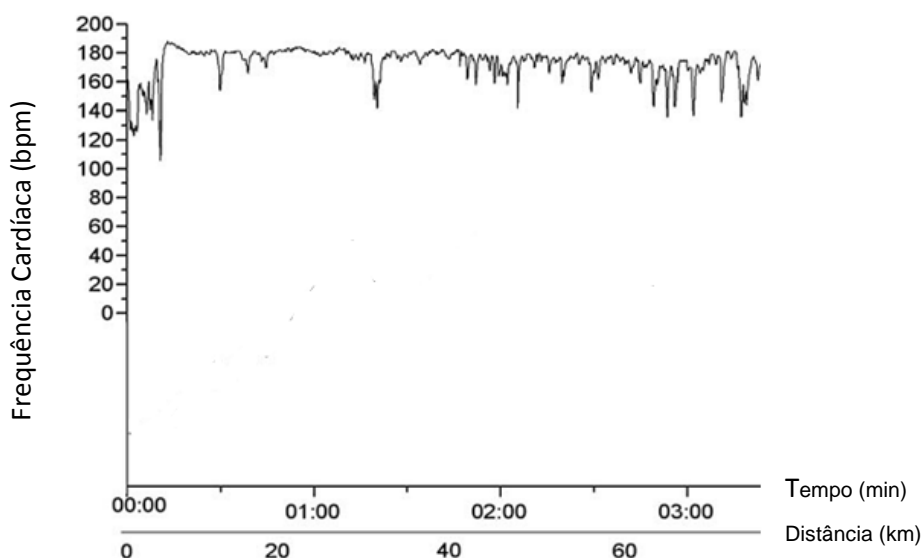


Figura 5 - Perfil da frequência cardíaca de um sujeito e a distância e tempo percorridos durante a prática de *Kitesurf*

Durante a prática de *kitesurf* a $\%FC_{máx}$ tende a situar-se entre os 70 e os 80% aquando de prática inferior a 20 minutos, o que não sucede quando essa mesma prática regista uma duração de 120 minutos, para tal a essa mesma $\%FC_{máx}$ irá situar-se entre os 80 e os 90%. Sendo que para uma duração de aproximadamente 60 minutos a $\%FC_{máx}$ correspondente situa-se sempre abaixo dos 90%.

Na figura 6 verifica-se que os parâmetros cardiorrespiratórios apresentam variações das curvas similares à da velocidade do vento.

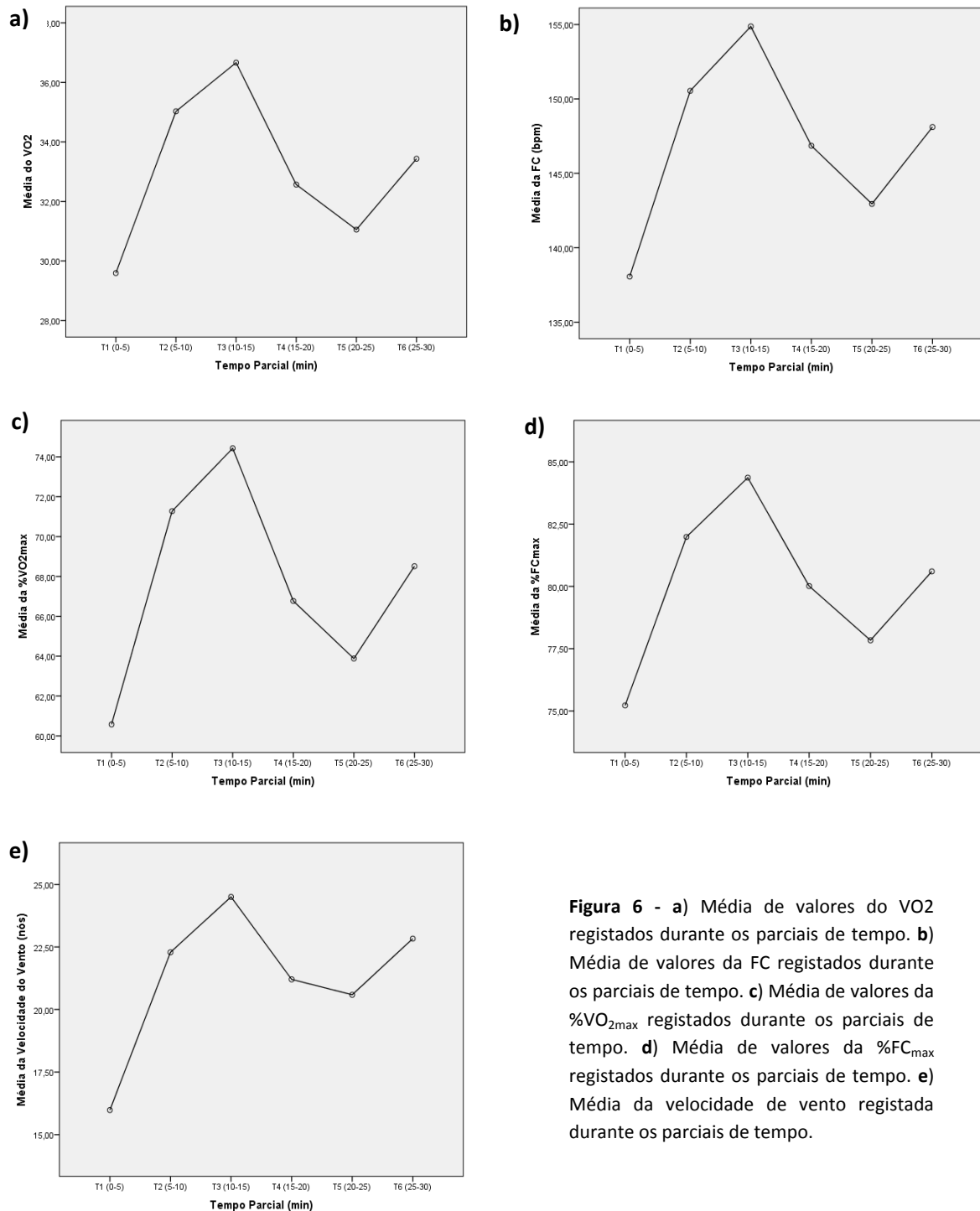


Figura 6 - a) Média de valores do VO2 registados durante os parciais de tempo. **b)** Média de valores da FC registados durante os parciais de tempo. **c)** Média de valores da %VO_{2max} registados durante os parciais de tempo. **d)** Média de valores da %FC_{max} registados durante os parciais de tempo. **e)** Média da velocidade de vento registada durante os parciais de tempo.

CAPITULO VI: DISCUSSÃO DE RESULTADOS

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos através da monitorização da FC forneceram informações importantes e relevantes no que diz respeito ao nível de intensidade que poderá ser usada pelos indivíduos na preparação de programas de treino específicos. Contudo, a falta de monitorização de VO_2 durante a prática de atividade de *kitesurf* na água, constitui uma das maiores limitações do nosso estudo e torna difícil comparar esta variável fisiológica com as mencionadas noutros estudos.

No único estudo realizado sobre o comportamento de variáveis fisiológicas durante a prática de *kitesurf* (Vercruyssen *et al.*, 2009) os autores referem uma FC média de 154 bpm e %FC com valores a rondar os 81%. Valores estes registados com ventos na ordem dos 11-15 nós, enquanto neste estudo se registaram valores idênticos de FC em T3 e %FC_{max} média registada em T2 de 81,99±10,23%, valores próximos dos referidos mas com condições de vento entre os 16-25 nós.

Já no que diz respeito ao VO_{2max} , os valores mencionados (Vercruyssen *et al.*, 2009) foram de 54,8 ml.kg⁻¹.min⁻¹, enquanto nos resultados obtidos neste estudo, apenas o sujeito 2 esteve próximo desses valores, registando os restantes sujeitos valores mais baixos. De referir também que ambos os testes de água tiveram a duração de 30 minutos. Os autores (Vercruyssen *et al.*, 2009) referem uma associação entre um VO_{2max} mais elevado e uma melhor performance, sugerindo que o treino físico pode melhorar o desempenho dos praticantes de *kitesurf*.

Os autores (Vercruyssen *et al.*, 2009), referem ainda que o *crossing* (deslize ao longo da superfície da água) requer um trabalho de intensidade moderada, ou seja, 81% do consumo máximo de oxigénio (VO_{2max}), envolvendo uma posição do corpo principalmente estática, semelhante à da vela (classe laser) e *windsurf*.

Na ausência de estudos relacionados com o *kitesurf*, as respostas fisiológicas adquiridas através deste estudo foram comparadas com outros estudo realizados em modalidades aquáticas como o *windsurf*.

Segundo Vogiatzis, De Vito, Rodio, Madaffari (2002), no *windsurf*, na vertente de *not pumping*, os velejadores atingiram valores de FC entre os 100 e os 120 bpm tanto a favor do vento como contra o vento, já no que diz respeito ao VO_2 os valores andaram próximos dos 20 ml.kg⁻¹.min⁻¹. Neste estudo, os valores da FC compreenderam-se num intervalo entre os 94 e os 183 bpm. Já em relação ao VO_2 o valor mais baixo registado foi de 12,34 ml.kg⁻¹.min⁻¹, sendo o valor mais elevado de 110,08 ml.kg⁻¹.min⁻¹. Também é de referir, que segundo os autores, as mulheres tendem a atingir valores mais elevados no que diz respeito à FC, enquanto que os homens apresentam valores superiores nas outras variáveis. Apesar dos atletas do sexo feminino estarem

em desvantagem em termos de massa muscular, estatura e massa corporal, quando comparados aos os seus homólogos masculinos, estas têm de produzir o mesmo esforço adicional porque o tamanho da vela é o mesmo para os dois atletas, masculinos e femininos.

De acordo com Castagna, Pardal e Brisswalter (2007) além de aspetos táticos ou estratégicos, o desempenho no *windsurf* está diretamente relacionado com a capacidade do atleta de superar as forças externas impostas pela prancha e pela retranca. Em estudos anteriores, foi demonstrado que o *windsurf* pode ser uma atividade muito exigente fisicamente com base na frequência cardíaca e medidas de lactato no sangue (Rieckert & Schönle, 1983). Os autores Rieckert e Schönle (1983) afirmam que durante a atividade os valores de FC aumentam com a velocidade do vento, de 60 a 200 bpm.

Mais recentemente, o consumo energético durante o *windsurf* foi avaliado através de um método direto por De Vito *et al.*, (1997). Estes autores referem que durante a navegação com uma velocidade de vento entre $\approx 7-10$ nós, o valor do VO_2 foi de $43 \pm 4 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ (73% $VO_{2\text{max}}$) e o valor médio da FC foi de $169 \pm 12 \text{ bpm}$ (92% da FC_{max}). Além disso, essa resposta fisiológica parece variar de acordo com as condições de vento. Em contrapartida, para os mesmos sujeitos a FC média e média pós-corrída em ventos mais fortes ($\approx 25-30$ nós), foi 154 bpm, sugerindo que a FC mais elevada é devida à ação de bombeamento da vela (manobra habitual no *windsurf* com vento fraco) contínuo necessário para aumentar a velocidade. No entanto, embora reconhecendo que a ação de bombeamento em *windsurf* é considerado como uma atividade aeróbia altamente exigente (De Vito *et al.*, 1997; Vogiatzis *et al.*, 2002) em comparação com manobras específicas observadas no *kitesurf*, a média das respostas de FC desses desportos de vela são compreendidos entre 72-85 % FC_{max} .

Na figura 5 (capítulo de apresentação de resultados), a similitude das curvas permite-nos concluir que a velocidade do vento condiciona os parâmetros cardiorrespiratórios. Da mesma forma, podemos observar que, com a variabilidade da velocidade do vento, a FC e o VO_2 também variam.

As diferenças nos valores de $VO_{2\text{max}}$ entre praticantes de *windsurf* treinados e os nossos sujeitos podem dever-se à especificidade de treino, mas também com a natureza das contrações musculares necessárias durante a prática da modalidade. O *windsurf* exige uma maior e mais energética atividade da parte superior e inferior do corpo, enquanto o *kitesurf* compreende uma ativação mais estática, dos músculos da parte superior e inferior do corpo.

Castagna *et al.* (2007), indicaram um $VO_{2\text{max}}$ elevado ($65,3 \pm 3,5 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) em praticantes de *windsurf* registado durante o teste em passadeira, valores esses, similares a outros estudos em

atletas bem treinados em provas de longa distância, e também um volume de treino mais intenso por semana (> 25 horas entre vela, treino de resistência e treino de musculação). Assim, os praticantes de *kitesurf* podem adotar um programa de treino semelhante aos de *windsurf*, incluindo assim mais prática da modalidade, mais treino de resistência e de força, numa tentativa de aumentar o nível de aptidão física.

Segundo Castagna *et al.* (2007), a prática de *windsurf* exige uma quantidade de energia significativa, com o consumo médio de oxigênio, maior que 80% do %VO_{2max} e uma concentração de lactato sanguíneo no final da corrida perto dos valores máximos registados durante o teste máximo em passadeira. Ambos os exercícios (aeróbio e anaeróbico), parecem estar significativamente envolvidos com condições de vento diferentes, indicando a ligação entre a exigência energética e a ação de bombeamento.

No nosso estudo é possível verificar uma correlação significativa entre o VO_{2max} e a distância percorrida durante o teste de água (Tabela 5), que nos indica que os praticantes de *kitesurf* com valores maiores de VO_{2max} registaram valores mais elevados de distâncias percorridas. Embora variados fatores estejam correlacionados com o sucesso em desportos de resistência (Schabert *et al.*, 2000), os resultados obtidos sugerem que um bom nível de aptidão física constitui um fator muito importante na performance de *kitesurf*.

Durante a navegação, a monitorização da FC demonstra ser uma interessante ferramenta para estimar as respostas cardiorrespiratórias e caracterizar o nível de intensidade (Guével *et al.*, 1999; Chamari *et al.*, 2003); contudo, a FC expressa em %FC_{max} é mais representativa da intensidade do exercício do que os valores absolutos de FC (Chamari *et al.* 2003).

Os dados obtidos indicam que os praticantes de *kitesurf* que navegaram durante 30 min, com um valor médio de FC representando aproximadamente 80% da FC_{max} numa condição vento moderado (Tabela 5). Isto é, a %FC_{max} aumenta a partir do T1 (75%) até ao período de T3 (84%) voltando posteriormente a diminuir até ao T5 (78%), registando uma ligeira subida no último período, T6 (81%), de referir que a redução mais significativa ocorre entre o T3 e o T4 (80%). Dada a instabilidade da intensidade do vento durante o teste de água (16-25 nós), especulamos que a adaptação cardiovascular que ocorreu a partir da T3 está ligada à capacidade dos sujeitos de procurar uma maior velocidade e uma posição mais confortável na prancha por forma a permitir-lhes manipular a “asa” com maior eficácia.

As características de projeto experimental associado à especificidade do modo de navegação tornam difícil comparar as respostas da FC em *kitesurf* com as observadas em *windsurf* e vela Laser (Guevel *et al.* 1999; Chamari *et al.* 2003; Castagna & Brisswalter 2007).

A falta de medição do VO_2 durante os testes de água constitui uma importante limitação do nosso estudo, uma vez que existe elevada dificuldade em utilizar um analisador de gases, devido à posição instável do praticante de *kitesurf* na prancha, em comparação com a vela ou *windsurf*, logo, é de extrema importância ter em consideração a validade dos valores estimados de VO_2 através da relação FC- VO_2 .

Durante um evento de *kitesurf*, a atividade muscular é principalmente isométrica para a parte muscular inferior e superior do corpo, próximo aos observados no barco à vela, sendo que os membros superiores do praticante de *kitesurf* estão numa posição elevada, o que pode induzir respostas cardiovasculares específicas, resultando num aumento dos valores da FC não acompanhados de correspondente aumento do VO_2 (Felici *et al.*, 1999). Além disso, o método da regressão linear utilizado no nosso estudo para estimar o VO_2 através da monitorização FC durante a navegação é similar ao utilizado no exercício de passadeira e de bicicleta (Bernard *et al.*, 1997). Considerando os estudos anteriores, é provável que os valores médios previstos de VO_2 em água (80% VO_{2max}) estejam sobrestimados neste estudo. Tal fato pode explicar parcialmente porque é que os valores de VO_2 estimado em água dos nossos sujeitos sejam substancialmente mais elevados do que os medidos anteriormente na vela classe Laser (De Vito *et al.*, 1996, Castagna & Brisswalter, 2007).

Este estudo suporta que a prática de *kitesurf* pode ser considerada uma tarefa física associada a uma exigência aeróbia de nível elevado a moderado. Tal fato sugere que os sujeitos que competem a um nível internacional devem considerar o custo energético do *kitesurf* como um fator no seu desempenho. As características fisiológicas dos nossos sujeitos fornecem evidências indiretas para este fato, já que neste estudo, os valores do VO_{2max} avaliados durante o teste máximo em passadeira ($48,5 \pm 6,2 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) são similares aos relatados em estudos com indivíduos treinados recreacionalmente em provas de longa distância, tal como relata Castagna, Pardal, Brisswalter (2007).

CAPITULO VII: CONCLUSÕES

CONCLUSÕES

O presente estudo pretendeu constituir informação sobre parâmetros fisiológicos e indicadores externos de sujeitos de *kitesurf* de forma a promover um maior conhecimento das exigências da modalidade, para poder programar treinos de acordo com as características somáticas e fisiológicas dos sujeitos.

Assim as conclusões do estudo são as seguintes:

1. A atividade de *kitesurf* pode ser considerada como uma atividade de intensidade moderada, caracterizada por valores médios estimados de VO_2 de $(33,00 \pm 2,91 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1})$ durante uma condição de vento moderado.
2. No treino da capacidade cardiorrespiratória devem ser considerados estes resultados para projetar planos de desenvolvimento e de treino físico.
3. Pela intensidade registada no estudo, o *kitesurf* pode englobar tanto aspetos de lazer como de competição.
4. A intensidade da prática de *kitesurf* está dependente da velocidade do vento.

CAPITULO VIII: RECOMENDAÇÕES

RECOMENDAÇÕES

Porque o conhecimento está sempre em renovação, a investigação não para e o futuro traz-nos mais e melhor informação, expomos aqui algumas ideias que pensamos serem uma mais-valia para novos estudos, dentro da mesma temática.

Assim sugerimos que em estudos futuros a amostra utilizada seja mais alargada, pois permite retirar mais conclusões e generalizá-las com maior segurança a uma maior percentagem de sujeitos de *Kitesurf*.

Efetuar esforços para que todos os testes realizados na prática do *Kitesurf*, sejam todos no mesmo dia e se possível ao mesmo tempo, por forma a ter as mesmas condições atmosféricas para todos os sujeitos

A utilização de um teste máximo em passadeira para a medição do VO_{2max} dos sujeitos pode ser uma limitação do presente estudo, uma vez que não impõe exigências similares às do *Kitesurf*. Por outro lado, apenas um simulador de *Kitesurf* capaz de reproduzir a atividade muscular de todo o corpo durante a prática da modalidade representa uma solução válida para o problema. No entanto, julgamos que esse simulador ainda não está disponível.

A acessibilidade a monitores de FC permite durante o treino de água ou em terra controlar a intensidade do esforço e recomenda-se o seu uso.

Futuros estudos são necessários para analisar as exigências fisiológicas em atletas de *Kitesurf* de elite com diferentes velocidades do vento e noutros eventos de *Kitesurf*, que caracterizem este novo desporto.

BIBLIOGRAFIA

Achten J, Jeukendrup AE. (2003) Heart rate monitoring: applications and limitations. *Sports Medicine*, 33: 517-38;

Ainsworth, B. E., *et al.* (2000). Compendium of Physical Activities: an update of activity codes and MET intensities. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32, 9, 481-469.

Almeida, M. ; Araújo, C.. (2003) Efeitos do treinamento aeróbico sobre a frequência cardíaca. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, Niterói, vol. 9, n.º 2, 104-112, mar./abr..

Almeida, M.B., Araújo, C.G.S. (2003) Efeitos do treinamento aeróbico sobre a Frequência Cardíaca. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, vol.9, nº2, Março/Abril;

Amann M; Subudhi A; Foster C. (2004) Influence of testing protocol on ventilatory thresholds and cycling performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36: 613-622.

American College Of Sports Medicine (2001) Appropriate intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 12: 2145-56;

American College of Sports Medicine. (2005). ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. 7th Edition. Lippincott Williams e Wilkins.

Astrand, P.O., Rodahl, K. (1986) Textbook of Work Physiology. 3ª Ed New York: McGraw-Hill;

Bar-Or, O. (1996) Anaerobic performance. In: David Docherty (ed.). Measurement in pediatric exercise science. *Human Kinetics*. Windsor, Canada.

Beudonnat, E. (2009). *Kitesurf*, Manual para principiantes, sujeitos e verdadeiros apaixonados. 1ª Edição, Julho de 2009. *Edições Arte Plural*, Lisboa.

Berg, K. (1971). Heart rate telemetry for evaluation of the energy expenditure of children with cerebral palsy. *American Journal of Clinical Nutrition*, 24, 1431.

Bernard T, Gavarry O, Bermon S, Giacomoni M, Marconnet P, Falgairette G (1997) Relationships between oxygen consumption and heart rate in transitory and steady states of exercise

and during recovery: influence of type of exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 75: 170–176.

Bird, S.; George, M.; Davison, R. C.. (2003) Heart rate responses of women aged 23-67 years during competitive orienteering. *American Journal of Sports Medicine*, 37: 257-7.

Booyens, J., Hervery, G. R. (1960). The pulse rate as a means of measuring metabolic rate in man. *Canadian Journal of Biochemical Physiology*, 38, 1301.

Bradfield, R. B., Huntzicker, P. B., Fruehan, G. J. (1969). Simultaneous comparison of respirometer and heart rate telemetry techniques as measures of human energy expenditure. *American Journal of Clinical Nutrition*, 22, 696-700.

Branco, F. ; Lima, J. ; Vianna, J.. (2003) Frequência cardíaca na prescrição de treinamento de corredores de fundo. Artigo original – Pós graduação em Lato-Senso em Fisiologia do Exercício e avaliação Morfo-Funcional. Universidade Gama Filho. Brasil.

Brum, P.C., Forjaz, C.L.M., Tinucci, T. & Negrão, C.E. (2004) Adaptações agudas e crônicas do exercício físico no sistema cardiovascular. *Revista Paulista de Educação Física*, vol.18, 21-31, Agosto;

Caiozzo V.J. *et al.* (1982) A comparison of gas exchange indices used to detect the anaerobic threshold. *Journal of Applied Physiology*, 53: 1184-1189.

Campana, M.; (2003) Revisão Bibliográfica Sobre a Formula $FC_{max} = 220 - Idade$. Campinas, SP. Dezembro.

Caputo, F.; Greco, C.; Denadai, B.. (2005) Efeitos do estado e especificidade do treinamento aeróbio na relação $\%VO_{2max}$ versus $\%FC_{max}$ durante o ciclismo. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, São Paulo, vol. 84, n.º 1, 20-23, jan.

Castagna, C., Impellizeri F., Cecchini, E., Rampinini, E. & Barbero-Alvarez (2009). Effects of intermitente-endurance fitness on match performance in young male soccer players. *Journal of Strenght and Conditioning Research*, 23 (7): 1954-1959

Castagna, O., Brisswalter, J. (2007) Assessment of energy demand in Laser sailing: influences of exercise duration and performance level. *European Journal of Applied Physiology*, 99: 95–101.

Castagna, O., Vaz Pardal, C., Brisswalter, J. (2007) The assessment of energy demand in the new Olympic windsurf board: Neilpryde RS:X. *European Journal of Applied Physiology*, 100: 247–252.

Chamari K, Moussa-Chamari I, Galy O, Chaouachi M, Koubaa D, Hassen CB *et al.* (2003) Correlation between heart rate and performance during Olympic windsurfing competition. *European Journal of Applied Physiology*. 89: 387–392.

Cheung, M. M.; Weintraub, R. G.; Cohen, R. J.; Wilkinson, J. L.. (2002) T wave alternans threshold late after repair of tetralogy of Fallot. *Journal of Cardiovascular Electrophysiology*, 13: 657-61.

Cole, J., Bellizzi, C., Flegal, M., Dietz, H. (2000). Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey, *British Medical Journal*, 320: 1-6

Curi, R; Lagranha, C. J.;Jr, G; Jair, R; Pithoncuri, T. C; Lancha, Jr, A. H;Pellerinotti, I. L. & Procopio, J. (2005) Ciclo de Krebs como fator limitante na utilização de ácidos graxos durante o exercício aeróbico. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia*, vol.47 n.º2, São Paulo, Abril 2003;

Davis JA; Frank MH; Whipp BJ; Wasserman K. (1979) Anaerobic threshold alterations caused by endurance training in middle-aged men. *Journal of Applied Physiology*, 46: 1039-1046.

Davis JA; Vodak P; Wilmore JH; Vodak J; Kurtz P. (1976) Anaerobic threshold and maximal aerobic power for three modes of exercise. *Journal of Applied Physiology*, 41: 544-550;

De Vito G., Di Filippo L., Felici F., Gallozzi C., Madaffari A., Marino S. *et al.* (1996) Assessment of energetic cost in Laser and mistral sailors. *International Journal Sports Medicine Cardiology*, 5: 55–59

De Vito G, Di Filippo L, Rodio A, Felici F, Madaffari A (1997) Is the Olympic boardsailor an endurance athlete? *International Journal Sports Medicine*, 18: 281–284.

Delmonego Junior, J. A.; Lima-Silva, A. E.; Gress, F. A. G.; Zimmermann, A. C.. (2008) Determinação da Intensidade da Corrida de Aventura a Partir da Frequência Cardíaca. *Revista Mackenzie de Educação Física e Esportes*, 7 (1): 89-97.

Di Prampero, P.. (1986) The energy cost of human locomotion on land and in water. *International Journal of Sports Medicine*, 7, 55-72.

Diener, J.R.C. (1997) Calorimetria indireta. *Revista da Associação Médica Brasileira*, vol. 43 n.º 3, São Paulo, jul./set;

Domingues Filho L. A.. (1998) Manual do Personal Trainer Brasileiro. São Paulo. Ícone Editora.

Duggan, A.; Haisman, M.. (1992) Prediction of the metabolic cost of walking with and without loads. *Ergonomics*, April, 35(4), 417-426.

Falola, J. Delpech, N.; Brisswalter, J.. (2000) Optimization characteristics of walking with and without a load on the trunk of the body. *Perceptual and Motor Skills*, 91, 261-272.

Felici F, Rodio A, Madaffari A, Ercolani L, Marchetti M (1999) The cardiovascular work of competitive dinghy sailing. *Journal of Sports Medicine Physiology Fitness*, 39: 309–314

Fernandes, C.A.M, Junior, N.N, Tasca, R.S, Pelloso, S.M & Cuman, K.N (2005) A importância da associação de dieta e de atividade física na prevenção e controle do Diabetes mellitus tipo 2. *Maringá*, Vol. 27,n.º 2, 195-205;

Foss M.L; Keteyian S.J & Fox, E.L (2000) Bases Fisiológicas do exercício e do esporte. 6ª Edição *Rio de Janeiro*: Guanabara Koogan.

Franklin, B (2003) Respostas cardiorrespiratórias normais ao exercício aeróbio agudo. In: ACSM (Eds.) *Manual de Pesquisa das diretrizes do ACSM para os testes de esforço e sua prescrição*. 4ª Edição *Rio de Janeiro*: Guanabara Koogan.

García-Manso, J. M., Martín-González, J. M., Sarmiento, S., Calderón, J., Medina, G., & Benito, P. (2007) Análise da resposta HRV em uma prova de esforço incremental: análise tempo-frequência. *Journal Fitness e Performance*, 6(3), 181-187.

Goldsmith, *et al.* (1967). The use of long-term measurements of heart rate to assess energy expenditure. *Journal of Physiology*. 189.

Greenland, P., Daviglius, M.L., Dyer, A.R., Liu, K., Huang, C.F., Goldberger, J.J (1999) Resting heart rate is a risk factor for cardiovascular and noncardio-vascular mortality: the Chicago Heart Association Detection Project in Industry. *American Journal Epidemiology*, 149: 853-62;

Guével A., Maisetti O., Prou E., Dubois J.J., Marini J.F. (1999) Heart rate and blood lactate responses during competitive Olympic boardsailing. *Journal of Sports Sciences*, 17: 135–141.

Guimarães, J.I., Stein, R., Vilas-Boas, F., Galvão, F., Nóbrega, A.C.L., Castro, R.R.T., Herdy, A.H., Chalella, W.A., Araújo, C.G.S. & Brito, F.S. (2003) Normatização de técnicas e equipamentos para realização e exames em ergometria e ergo espirometria. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, nº 80, 458-64, 2003;

Hendelman, D. K. *et al.* (2000). Validity of accelerometry for the assessment of moderate intensity physical activity in the field. *Medicine and Sciences in Sports and Exercise*, vol. 32, n.º 9, 442-449.

Henderson, Y., Prince, A. L. (1914). The oxygen pulse and the systolic discharge. *American Journal of Physiology*, 35, 1214-1220.

Howley E.T., Bassett D.R. Jr, Welch HG (1995) Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27: 1292–1301.

Keytel LR., Goedecke JH., Noakes TD., Hiilloskorpi H., Laukkanen R., van der Merwe L. *et al.* (2005) Prediction of energy expenditure from heart rate monitoring during submaximal exercise. *Journal of Sports and Science*, 23: 289–297.

Londeree, B.R, Thomas T.R, Ziogas, G, Smith, T.D, Zhang Q. (1995) %VO_{2max} versus %HRmax regressions for six modes of exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27: 458-61;

Lovejoy, C.. (1988) Evolution of human walking. *Scientific American*. 259, 118-125.

Machado, C.E.P., Caputo, F.& Denadai, B.S. (2004) Intensidade do exercício correspondente ao VO₂ máximo do ciclismo: análise de diferentes critérios em indivíduos treinados. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte*, São Paulo, vol. 18, nº4, 333-41, out/dez;

Malhotra, M. S., Sen Gupta, J., Rai, R. M. (1963). Pulse count as a measure of energy expenditure. *Journal of Applied Physiology*, 18, 994-996.

Marchinni S.M., Fett, C.A., Fett, W.C.R., Suen, V.M.M. (2005) Calorimetria – Aplicações práticas e considerações críticas. *Fitness e Performance Journal*, vol. 4, n.º2, 91;

Marion, A.; Kenny, G.; Thoden, J. (1994) Heart Rate response as a means of quantifying training loads: Practical considerations for coaches. *Sports*; 14 (2).

Matsumura N.; Nishuima H.; Kojima S.; Hashimoto F.; Minami M.; Yasuda H. (1983) Determination of anaerobic threshold for assessment of functional state in patients with chronic heart failure. *Circulation*. 68: 360-367.

McArdle, W., Katch, F., Katch, V. (1998) Exercise Physiology – Energy, Nutrition and Human Performance. 4ª Edição Rio de Janeiro, Guanabara.

McLaughlin JE, King GA, Howley ET, Bassett DR Jr, Ainsworth BE (2001) Validation of the COSMED K4 b2 portable metabolic system. *International Journal of Sports Medicine*, 22: 280–284.

Mesquita, A.; Trabulo, M.; Viana, J. F.; Seabra-Gomes, R.. (1996) The maximum heart rate in the exercise test: the 220-age formula or Sheffield's table? – Rev Port Cardiol. 15:139-44, 101.

Nagle, F. J., Balke, B., Naughton, J. P. (1965). Gradiational step tests for assessing work capacity. *Journal of Applied Physiology*. 20: 745-748

Nagle, F.; Balke, B.; Batista, G.; Thon, C.. (1971) Compatibility of progressive treadmill, bicycle, and step tests based on oxygen uptake responses. *Medicine Sciences in Sports*. 3: 149-154.

Nickel C, Zernial O, Musahl V, Hansen U, Zantop T, Petersen W (2004) A prospective study of Kitesurfing injuries. *American Journal of Sports Medicine*, 32: 921–927.

Oliveira, A.M., Ramires, P.R., Lancha Jr, A.H. (2002) Nutrição e bioquímica do exercício. *Revista Paulista de Educação Física*, vol.18, 7-19, Agosto;

Petersen W, Hansen U, Zernial O, Nickel C, Prymka M (2002) Mechanisms and prevention of Kitesurfing injuries. *Sportverletz Sportschaden*, 16: 115–121.

Petersen W, Nickel C, Zantop T, Zernial O (2005) Kitesurfing injuries. A trendy youth sport. *Orthopade*, 34: 419–425.

Pinto, V. L., & Araújo, C. S. (2006) Medida da Frequência Cardíaca Máxima por Diferentes Intervalos de Amostragem. *Revista Treinamento Desportivo*, 7(1), 15-20.

Polipo, M.D., Farinatti, P.T.V. (2003) Respostas da frequência cardíaca, pressão arterial e duplo produto ao exercício contra resistência: uma revisão de literatura. *Revista Portuguesa de ciências do desporto*, Vol.3, nº1, 79-91;

Pollok, M. L., *et al.* (1993). Exercícios na Saúde e na Doença. Avaliação e Prescrição para Prevenção e Reabilitação. 2ª Edição. Rio de Janeiro: Médica Científica.

Powers, S.K., Howley, E.T. (2000) Fisiologia do Exercício - Teoria e Aplicação ao Condicionamento Físico e ao Desempenho, São Paulo: Manole;

Pyne DB, Boston T, Martin DT, Logan A (2000) Evaluation of the Lactate Pro blood lactate analyser. *European Journal of Applied Physiology*, 82: 112– 116.

Reeves, M. M., Davies, P. S. W., Bauer, J., Battistutta, D. (2004) Energy expenditure measurements by indirect calorimetry. *Journal of Applied Physiology*, 97(1), 130-134;

Robergs, R.A. & Burnett, A.F. (2003) Methods used to process data from indirect calorimetric application to VO_{2max} . *An International Electronic Journal*, Vol.6, nº2, May;

Sagiv, M.; Ben-Gal, S.; Ben-Sira, D., (2000) Effects of gradient and load carried on human haemodynamic responses during treadmill walking. *European Journal of Applied Physiology*. Set. 83 (1), 47-50.

Santa-Clara H; Fernhall B; Mendes M; Sardinha LB. (2002) Effect of a 1 year combined aerobic- and weight-training exercise programme on aerobic capacity and ventilatory threshold in patients suffering from coronary artery disease. *European Journal of Applied Physiology*. 87: 568-575.

Schabort EJ, Killian SC, St Clair Gibson A, Hawley JA, Noakes TD (2000) Prediction of triathlon race time from laboratory testing in national triathletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32: 844–849.

Schönle, C. and Rieckert, H. (1983) Cardiovascular reactions during exhausting isometric exercise while windsurfing on simulator or at sea. *International Journal of Sports Medicine*, 4, 260-264.

Spanjersberg WR, Schipper IB (2007) Kitesurfing: when fun turns to trauma-the dangers of a new extreme sport. *Journal of Trauma*, 63: E76–E80.

Spelman, C.; Pate, R.; Macera, C.; Ward, D.. (1993) Self-selected exercise intensity of habitual walkers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. Vol. 25, n.º 10, 1174-1179.

Spurway NC (2007) Hiking physiology and the “quasi-isometric” concept. *Journal of Sports and Science*, 25: 1081–1093.

Strath, J. G., *et al.* (2000). Evaluation of heart rate as method for assessing moderate Intensity physical activity. *Medicine and Sciences in Sports and Exercise*, Vol. 32, n.º 9, 481-469.

Stroyer, J., Hansen, L. & Klausen, K. (2004). Physiological Profile and Activity Pattern of Young Soccer Players during Match Play. *Medicine and Science of Sports and Exercise*, Vol. 36, n.º1, 168-174

Swain DP, Abernathy KS, Smith CS, Lee SJ, Bunn SA. (1994) Target heart rates for the development of cardiorespiratory fitness. *Medicine and Science of Sports and Exercise*, 26: 112-6;

Tanaka, H., Manahan, K.; Seals, D.. (2001) Age-predicted maximal heart rate revised. *Journal of American College of Cardiology*, Vol. 37, n.º1.

Tanaka, H; Manahan, K.; Seals, D.. (2000) Age-predicted maximal rate revisited. *American College of Cardiology*.

Thompson, P.D., Crouse, S.F., Goodpaster, B., Kelley, D., Moyna, D. & Pescello, L. (2001) The acute versus the chronic response to exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 6, 438-445;

U. S. Department of Health and Human. (1996). Physical Activity and Health: Report of the Surgeon General et a Glance. Atlanta, GA: U. S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion.

Vercruyssen F, Blin N, L’Huillier D, Brisswalter J (2009) Assessment of physiological demand in kitesurfing. *European Journal of Applied Physiology*, 105, 103–109

Viru, A.; Viru, M.. (2001) Biochemical Monitoring of Sport Training. *Human Kinetics*.

Viteri, F. E., Tourin, B., Galicia, J., e Herrera, E. (1971). Determining energy costs of agricultural activities by respirometer and energy balance techniques. *American Journal of Clinical Nutrition*, 24, 1418-1430.

Vogiatzis I, De Vito G, Rodio A, Madaffari A, Marchetti M (2002) The physiological demands of sail pumping in Olympic level windsurfers. *European Journal of Applied Physiology*, 86, 450–454.

Vogiatzis I, Roach N (1993) Cardiovascular, muscular and blood lactate responses during dinghy 'hiking'. *Medicine of Science Research*, 21, 861–863.

Vogiatzis I, Spurway N, Wilson J (1994) On water oxygen uptake measurements during dinghy sailing. *Journal of Sports Science*, 12, 153.

Vogiatzis I, Spurway NC, Jennett S, Wilson J, Sinclair J (1996) Changes in ventilation related to changes in electromyograph activity during repetitive bouts of isometric exercise in simulated sailing. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 72, 195–203.

Vogiatzis I, Spurway NC, Wilson J, Boreham C (1995) Assessment of aerobic and anaerobic demands of dinghy sailing at different wind velocities. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 35, 103–107.

Vogiatzis I, Tzineris D, Athanasopoulos D, Georgiadou O, Geladas N (2008) Quadriceps oxygenation during isometric exercise in sailing. *International Journal of Sports Medicine*, 29, 11–15.

Warnold, T., Lenner, A. R. (1977). Evaluation of the heart rate method to determine the daily energy expenditure in disease. A study in juvenile diabetics. *American Journal of Clinical Nutrition*, 30, 304-315.

Wasserman K; McIlroy MB. (1964) Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise. *The American Journal of Cardiology*, 14, 844-852.

Welk, J. G., et al. (2000). The utility of the Digi-Walker step counter to assess daily physical activity patterns. *Medicine and Sciences in Sports and Exercise*, v.32, n. 9, pp. 481-487.

Wilmore, J. H., Costill, D. L. (2001). *Fisiologia do Esporte e do Exercício*. 2ª Edição. São Paulo. Manole.

Wilmore, J.H. & Costill, D.L. & Kenney, L (2008) *Physiology of Sport and Exercise*. 4ª ed. Champaign: Human Kinetics;

Wong, P., Chamari, K., Dellal, A. & Wisloff, U. (2009). Relationship between anthropometric and physiological characteristics in youth soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23 (4). 1204-1210

Yazbek JR., P., Tuda, C.R., Sabbag, L.M.S., Zarzana, A.L., Battistella, L.R. (2001) Ergoespirometria: Tipos de equipamentos, aspetos metodológicos e variáveis úteis. *Revista da Sociedade de Cardiologia*, Estado de São Paulo, vol. 11, n.º3, Maio/Junho;

Yoshiga C.C., Higuchi, M. (2002) Heart rate is lower during ergometer rowing than during treadmill running. *European Journal of Applied Physiology*, 87, 97-100;

