



Monitorização e Caracterização do Esforço em Diferentes Ergómetros

Dissertação apresentada com o objectivo de obtenção do grau de Mestre (Decreto-Lei 216/92 de 13 de Outubro) em Ciência do Desporto, na área de especialização de Recreação e Lazer.

Orientador: Professor Doutor Rui Garganta

César Filipe Chaves de Oliveira

Outubro de 2006

Oliveira, C.C. (2006). Monitorização e Caracterização do Esforço em Diferentes Ergómetros. Dissertação apresentada com o objectivo de obtenção do grau de Mestre (Decreto-Lei 216/92 de 13 de Outubro) em Ciência do Desporto, na área de especialização de Recreação e Lazer. FADEUP.

Palavras-chave: FC, VO₂, LIMAR VENTILATÓRIO, ERGÓMETROS, EXERCÍCIO CARDIOVASCULAR.

Agradecimentos

A DEUS e aos meus Pais, ISIDRO OLIVEIRA e MARIA DE FÁTIMA OLIVEIRA, por TUDO.

À Natália Oliveira, cada vez mais GIBI!

Ao Professor Doutor Rui Garganta. As suas qualidades pedagógicas são apenas excedidas pelas notáveis qualidades humanas. Um amigo e referência a quem devo muito. Ainda que o proclame, de “enganador” não tem nada!

Ao Professor Doutor Jorge Roig pela sua imprescindível cooperação, mas sobretudo (e sempre) pela definitiva influência na minha postura profissional e pedagógica.

Ao Professor Doutor Paulo Colaço, pela sua preciosa colaboração, sobretudo nos momentos iniciais.

Ao Departamento de Motricidade Humana da Escola Superior de Educação do Instituto Politécnico de Viana do Castelo, por possibilitar a realização de um sonho.

Aos indivíduos que constituíram esta amostra, pela sua prestabilidade, suor e sangue... literalmente!

A todos que directa ou indirectamente possam ter contribuído para a realização deste trabalho.

Índice

Agradecimentos	I
Índice geral	III
Índice de figuras	V
Índice de quadros	VII
Resumo	IX
Abstract	XI
Résumé	XIII
Lista de abreviaturas	XV
1. Introdução	1
1.1. Pertinência do estudo	6
1.2. Definição de objectivos	7
1.3. Estrutura do trabalho	8
2. Revisão da literatura	11
2.1. Actividade física e saúde	13
2.2. Aptidão física	16
2.3. Locais para a prática de actividade física	21
2.4. Os ergómetros	23
2.4.1. Tapete rolante	24
2.4.2. Elíptica	25
2.4.3. Bicicleta	26
2.4.4. Manivela	26
2.5. Indicadores fisiológicos	28
2.5.1. Frequência cardíaca	
2.5.1.1. Conceito e caracterização	29
2.5.1.2. Frequência cardíaca e intensidade do exercício	32
2.5.1.3. Determinação da frequência cardíaca	34
2.5.2. Lactatemia	
2.5.2.1. Conceito e caracterização	35
2.5.2.2. Lactatemia e intensidade do exercício	36

2.5.2.3. Determinação da lactatemia	39
2.5.3. Consumo máximo de oxigénio	
2.5.3.1. Conceito e caracterização	41
2.5.3.2. Consumo máximo de oxigénio e intensidade do exercício	43
2.5.3.3. Determinação do consumo máximo de oxigénio.....	44
2.5.4. Limiar ventilatório	
2.5.4.1. Conceito e caracterização	47
2.5.4.2. Limiar ventilatório e intensidade do exercício.....	48
2.5.4.3. Determinação do limiar ventilatório.....	49
2.5.5. Relações entre os vários indicadores	50
2.6. Recomendações para o treino cardiovascular	56
3. Material e métodos.....	63
3.1. Amostra.....	65
3.2. Protocolo dos testes	66
3.3. Monitorização dos testes.....	67
3.4. Material utilizado	68
3.5. Condições dos testes.....	69
3.6. Procedimentos estatísticos.....	70
4. Apresentação e discussão dos resultados	71
4.1. Frequência cardíaca	
4.1.1. Frequência cardíaca máxima por indivíduo.....	74
4.1.2. Frequência cardíaca máxima por ergómetro	76
4.1.3. Frequência cardíaca ao limiar ventilatório.....	78
4.2. Consumo de oxigénio	
4.2.1. Consumo máximo de oxigénio por indivíduo	82
4.2.2. Consumo máximo de oxigénio por ergómetro	83
4.2.3. Consumo de oxigénio ao limiar ventilatório	85
4.3. Discussão global dos resultados	88
4.4. Considerações	92
4.5. Sugestões	93
5. Conclusões.....	99
Bibliografia.....	103
Anexos	139

Índice de figuras

Figura 1. Modelo exemplificativo da evolução da frequência cardíaca com o aumento da intensidade do exercício.....	33
Figura 2. Modelo exemplificativo da evolução da concentração de lactato sanguíneo com o aumento da intensidade do exercício e limiar de lactato (a tracejado)	38
Figura 3. Modelo exemplificativo da evolução do consumo de oxigénio com o aumento da intensidade do exercício.....	44
Figura 4. Modelo exemplificativo da evolução das curvas do $\dot{V}O_2$ (equivalente ventilatório para o oxigénio) e do $\dot{V}CO_2$ (equivalente ventilatório para o dióxido de carbono), com o aumento da intensidade do exercício e limiar ventilatório (a tracejado)	50
Figura 5. 1ª proposta para a Actividade Física, segundo cada objectivo	57
Figura 6. 2ª proposta para a Actividade Física, segundo cada objectivo	58
Figura 7. Resumo das propostas para a Actividade Física, segundo cada objectivo	58
Figura 8. Valores da $FC_{m\acute{a}x}$ (frequência cardíaca máxima), alcançados por cada sujeito, em cada ergómetro	74
Figura 9. Média das $FC_{m\acute{a}x}$ (frequências cardíacas máximas) alcançadas em cada ergómetro	77

Figura 10. Valores médios e intervalos de confiança para a média das $FC_{máx}$ (frequências cardíacas máximas) alcançadas em cada ergómetro.....	77
Figura 11. Valores da frequência cardíaca a que ocorre o limiar ventilatório (FCLim), segundo cada ergómetro.....	79
Figura 12. Valores médios e intervalos de confiança para a frequência cardíaca média alcançada ao limiar ventilatório (FCLim), em cada ergómetro.....	80
Figura 13. Valores do $VO_2máx$ (consumo máximo de oxigénio) alcançados por cada sujeito, em cada ergómetro	82
Figura 14. Média do $VO_2máx$ (consumo máximo de oxigénio) alcançado em cada ergómetro	83
Figura 15. Valores médios e intervalos de confiança para o $VO_2máx$ (consumo máximo de oxigénio) em cada ergómetro	84
Figura 16. Valores do consumo de oxigénio ao limiar ventilatório, por ergómetro (VO_2Lim).....	85
Figura 17. Valores médios e intervalos de confiança para a média do consumo de oxigénio alcançado ao limiar ventilatório, por ergómetro (VO_2Lim).....	86
Figura 18. Zonas sub e supralimiais para o tapete rolante, segundo o exemplo considerado.....	96
Figura 19. Zonas sub e supralimiais para a manivela, segundo o exemplo considerado.....	96

Índice de quadros

Quadro 1 – Síntese dos resultados de estudos que investigaram a relação entre a actividade física e a sua incidência sobre as enfermidades crónicas seleccionadas (ACSM – American College of Sports Medicine, 2004)	15
Quadro 2 – Tempo (em segundos), das duas fases do ciclo cardíaco, em repouso e em exercício (adaptado de Powers e Howley, 1997)	29
Quadro 3 – Comparação entre os 4 indicadores fisiológicos considerados para o presente estudo (adaptado de Howley e Franks, 1992).....	55
Quadro 4 – Evolução das recomendações para a Actividade Física (Caspersen, 2006)	56
Quadro 5 – 3ª proposta para a Actividade Física, segundo cada objectivo.....	58
Quadro 6 – Resumo das características dos sujeitos avaliados	65
Quadro 7 – Comparação das $FC_{máx}E$ (frequências cardíacas máximas de esforço), com as $FC_{máx}T$ (frequências cardíacas máximas teóricas) obtidas por cada indivíduo em cada ergómetro e a diferença entre as duas (dif.).....	75
Quadro 8 – Valor da prova (p) relativo às múltiplas comparações entre ergómetros, para a frequência cardíaca máxima	77
Quadro 9 – Estimativa da correspondência entre as frequências cardíacas máximas obtidas nos vários ergómetros, tendo como referência os valores obtidos no tapete rolante.....	78
Quadro 10 – Valor da prova (p) relativo às múltiplas comparações, para a frequência cardíaca ao limiar ventilatório	79

Quadro 11 – Valores médios das percentagens da frequência cardíaca máxima a que ocorrem os limiares ventilatórios em cada ergómetro (PerFC _{máx}).....	80
Quadro 12 – Valor da prova (p) relativo às múltiplas comparações entre ergómetros, para o consumo máximo de oxigénio.....	84
Quadro 13 – Estimativa da correspondência entre os consumos máximos de oxigénio obtidos nos vários ergómetros, tendo como referência os valores obtidos no tapete e/ou elíptica.....	84
Quadro 14 – Valor da prova (p) relativo às múltiplas comparações entre ergómetros, para o consumo de oxigénio ao limiar ventilatório.....	86
Quadro 15 – Valores médios das percentagens do consumo máximo de oxigénio a que ocorrem os limiares ventilatórios, por ergómetro (PerVO ₂ máx).....	86
Quadro 16 – Resumo dos resultados encontrados das diferentes variáveis para cada ergómetro	88
Quadro 17. Estimativa da correspondência entre as frequências cardíacas máximas obtidas nos vários ergómetros, tendo como referência aquela obtida no tapete rolante	93
Quadro 18. Estimativa da correspondência entre os consumos máximos de oxigénio obtidos nos vários ergómetros, tendo como referência os valores obtidos no tapete e/ou elíptica.....	94
Quadro 19. Percentagem da frequência cardíaca máxima a que ocorre o limiar ventilatório em cada ergómetro	94
Quadro 20. Percentagem do consumo de oxigénio a que ocorre o limiar ventilatório em cada ergómetro	94
Quadro 21. Comparação de três métodos de identificação de zonas alvo de treino	95

Resumo

O exercício cardiovascular tem-se constituído como um dos meios fundamentais para a promoção da saúde e bem-estar das populações. As possibilidades para a sua aplicação são cada vez mais variadas, sobretudo nos ginásios, onde se pode recorrer a vários tipos de ergómetros. Todavia, a prescrição deste tipo de exercício é normalmente efectuada de forma indiferenciada, não contemplando as contingências específicas de cada ergómetro ou modo de exercício, que parecem condicionar o comportamento das respostas fisiológicas e, assim, não corresponder aos objectivos de quem o pratica. O presente trabalho tem como objectivo: monitorizar e caracterizar o esforço subjacente à utilização de diferentes ergómetros utilizados no treino cardiovascular. No que se refere à metodologia, a amostra é constituída por 6 sujeitos (5 homens e 1 mulher) adultos com idades médias de 30 ± 8 anos, fisicamente activos e aparentemente saudáveis. Todos os sujeitos realizaram testes de esforço máximo, nos quatro ergómetros testados (tapete rolante, elíptica, ciclo-ergómetro vertical e manivela). Os critérios de confirmação da maximalidade dos testes foram a constatação de um platô na curva do consumo de oxigénio, um quociente respiratório superior a 1,10, percepção subjectiva máxima de esforço através da escala de Borg adaptada e concentração de lactato sanguíneo pós esforço superior a 8 mmol/l. As variáveis em análise foram a frequência cardíaca máxima, a frequência cardíaca ao limiar ventilatório, o consumo máximo de oxigénio e o consumo de oxigénio ao limiar ventilatório (através da frequência cardíaca e da oximetria). A análise da diferença entre os indicadores avaliados, foi efectuada a partir da Análise de Variância de medidas repetidas (General Linear Model). No caso de se registarem diferenças com significado estatístico, as múltiplas comparações foram realizadas através do “teste de Bonferroni”. O nível de significância foi mantido em 0,05. Os resultados obtidos sugerem que, de uma forma geral, os valores alcançados nas variáveis em análise, nos vários ergómetros, são substantivamente distintos. Os mais elevados são geralmente obtidos no tapete rolante, seguido da elíptica, do ciclo-ergómetro e, por último, da manivela, sendo possível detectar diferenças com significado estatístico na maior parte dos ergómetros. Para além disso, as frequências cardíacas máximas reais e as calculadas teoricamente ($220 - \text{idade}$), também resultaram em valores consideravelmente distintos. Conclusões: a utilização de fórmulas teóricas para a predição da frequência cardíaca máxima deve ser evitada; a prescrição do exercício cardiovascular deve considerar cada ergómetro ou modo de exercício, atendendo a que as frequências cardíacas máximas, os consumos máximos de oxigénio e os limiares ventilatórios apresentam-se substantivamente distintos entre a maioria dos ergómetros.

Palavras-chave: FC, VO₂, LIMIAR VENTILATÓRIO, ERGÓMETROS, EXERCÍCIO CARDIOVASCULAR.

Abstract

The cardiovascular exercise has long been one of the fundamental means for the promotion of health and well-being of the populations. The possibilities for its applications are growing more and more, mainly in gyms, where we can find several ergometer types. Though, the prescription of this kind of exercise is usually made independently of the specific contingencies of each ergometer or exercise mode, which may condition the behaviour of the physiologic responses, and thus, not matching the individual goals of one who exercises it. The main objective of this work is: to monitorize and characterize the exercise work in different types of ergometers used in cardiovascular training. In relation to the methodology, the sample is constituted by 6 subjects (5 men and 1 woman), adults with medium ages of 30 ± 8 years, physically active and apparently healthy. All subjects accomplished maximum exercise tests, on all four ergometers used (treadmill, elliptic, vertical cycle-ergometer and arm crank). The criteria for confirming the maximality of the tests were the presence of a plateau in the curve for oxygen consumption, a respiratory exchange ratio superior to 1,10, maximum perceived exertion using Borg's adapted scale, and concentration of blood lactate superior to 8 mmol/l. The variables in analysis were the maximum heart rate, the heart rate at the ventilatory threshold, the maximum oxygen consumption and the oxygen consumption at the ventilatory threshold (thru heart rate and oxymetrics). The comparison of the results among ergometers, was accomplished through the analysis of variance (ANOVA) of measures repeated Lineal "General Model". In case of statistical differences, the multiple comparisons were accomplished through the "test of Bonferroni". The significance level was of 0.05. The main results suggest that, in general, the values reached in all ergometers are different. Of these, the highest, in all the considered variables, are usually obtained in the treadmill, followed by the elliptic, cycle-ergometer, and arm crank, with statistical differences in most of the comparisons. The real maximum heart rate and that calculated theoretically ($220 - \text{age}$), also resulted in values considerably different. Conclusions: the usage of theoretical formulas for predicting the maximal heart rate should be avoided; the prescription of cardiovascular exercise should regard each ergometer or exercise mode, considering that the maximum heart rate, the maximum oxygen consumption and the ventilatory thresholds are different among most of the exercise modes.

Key-words: FC, VO₂, VENTILATORY THRESHOLD, ERGOMETERS, CARDIOVASCULAR EXERCISE.

Résumé

L'exercice cardiovasculaire a longtemps été un des moyens fondamentaux pour la promotion de la santé et du bien-être des populations. Les possibilités pour ses applications grandissent de plus en plus, principalement dans les gymnases où nous pouvons trouver plusieurs types d'ergomètres. Bien que, la prescription de ce genre d'exercice est faite habituellement indépendamment des contingences spécifiques de chaque ergomètre ou du mode d'exercice qui peuvent conditionner les réponses physiologiques et donc, ne pas évaluer les buts individuels de qui l'exerce. L'objectif principal de ce travail est de diriger et caractériser l'effort sous-jacent à l'usage d'ergomètres différents, utilisés dans l'exercice cardiovasculaire. Par rapport à la méthodologie, l'échantillon est constitué par 6 sujets (5 hommes et 1 femme), adultes avec l'âge moyen de 30 ± 8 années, physiquement actifs et apparemment sains. Tous les sujets ont accompli des épreuves d'exercice maximales, sur tous les quatre ergomètres utilisés (tapis roulant, elliptique, cycle-ergomètre vertical ou bicyclette et manivelle). Les critères de la confirmation de la maximalité d'épreuves étaient la présence d'un plateau dans la courbe de la consommation d'oxygène, un quotient respiratoire supérieur à 1,10, perception subjective maximale d'effort à travers l'échelle adaptée de Borg, et concentration de lactate sanguin supérieur à 8 mmol/l. Les variables analysées étaient la fréquence cardiaque maximale, la fréquence cardiaque au seuil ventilatoire, la consommation maximale d'oxygène et la consommation d'oxygène au seuil ventilatoire (à travers de la fréquence cardiaque et la oximétrie). La comparaison des résultats parmi les ergomètres, a été accomplie à travers l'analyse du désaccord (ANOVA) de mesures "Général Model Linéal". En cas de différences statistiques, les multiples comparaisons ont été accomplies à travers la "épreuve de Bonferroni". Le niveau de la signification était de 0.05. Les principaux résultats suggèrent que, en général, les valeurs atteintes dans tous les ergomètres sont différentes. De ceux-ci, les plus hauts, dans toutes les variables considérées, sont obtenus habituellement sur le tapis roulant, en suite par l'elliptique, suivi de la bicyclette, et finalement la manivelle, avec les différences statistiques dans la plupart des comparaisons. La fréquence cardiaque maximale réelle et celle calculée théoriquement ($220 - \text{âge}$), aussi a résulté en valeurs considérablement distinctes. Conclusions: l'usage de formules théoriques pour prédire la fréquence cardiaque maximale devrait être évité; la prescription d'exercice cardiovasculaire devrait être considérée par chaque ergomètre ou du mode d'exercice, vu que la fréquence cardiaque maximale, la consommation maximale d'oxygène et les seuils ventilatoires sont différents parmi la plupart des modes d'exercices.

Mot-clef: FC, VO₂, SEUILS VENTILATOIRES, ERGOMÈTRES, EXERCICE CARDIOVASCULAIRE.

Lista de abreviaturas

ACSM	American College of Sports Medicine
AF	Actividade Física
AHA	American Heart Association
ANOVA	Analysis of Variance
ApF	Aptidão Física
ATP	Adenosina trifosfato
bpm	batimentos por minuto
CDC	Centers for Disease Control and Prevention
CO ₂	Dióxido de carbono
DCV	Doenças Cardiovasculares
DHHS	Department of Health and Human Services
dif(a-v)O ₂	Diferença artério-venosa de oxigénio
EM	Enfarte do miocárdio
EV	Equivalente ventilatório
EVCO ₂	Equivalente ventilatório para o dióxido de carbono
EVO ₂	Equivalente ventilatório para o oxigénio
FAD	Flavo andenina dinucleótido
FADH	Flavo andenina dinucleótido (reduzida)
FC	Frequência cardíaca
FCLim	Frequência cardíaca ao limiar ventilatório
FC _{máx}	Frequência cardíaca máxima
FC _{máx} E	Frequência cardíaca máxima de esforço
FC _{máx} pico	Frequência cardíaca máxima pico
FC _{máx} T	Frequência cardíaca máxima teórica
FC _{reserva}	Frequência cardíaca de reserva
INE	Instituto Nacional de Estatística
IOM	Institutes of Medicine
Kcal	Quilocaloria(s)

LDH	Lactato desidrogenase
LL	Limiar de lactato
l/min.....	litros por minuto
LV	Limiar ventilatório
MaxLaSS.....	Maximum Lactate Steady State
MI	membros inferiores
min	minuto(s)
ml	mililitro(s)
mmol/l.....	milimole(s) por litro
MS	membros superiores
NAD.....	Nicotinamida adenina dinucleótico
NADH	Nicotinamida adenina dinucleótico (reduzida)
NASPE	National Association for Sport and Physical Education
NIH	National Institutes of Health
O ₂	Oxigénio
PerFC _{máx}	Percentagem da frequência cardíaca máxima
PerVO ₂ máx	Percentagem do consumo máximo de oxigénio
pH.....	potencial de Hidrogénio
PSE	Percepção Subjectiva de Esforço
Q	Débito Cardíaco
SPSS.....	Statistical Products and Service Solutions
UMTT	Université de Montreal Track Test
US	United States
VO ₂	Consumo de oxigénio
VO ₂ Lim	Consumo de oxigénio ao limiar ventilatório
VO ₂ máx.....	Consumo máximo de oxigénio
VO ₂ pico	Consumo pico de oxigénio
VO ₂ reserva.....	Consumo de oxigénio de reserve
VS	volume sistólico
YMCA.....	Young Men`s Christian Association

1 - Introdução

1 – Introdução

Na história da evolução humana, mais de 99% do nosso tempo foi vivido como caçadores e recolectores (Heizmann e Begun, 2001). No entanto, nos últimos 200 anos, com o advento da revolução industrial, o homem afastou-se, como nunca o fizera antes, do seu comportamento natural, fruto de factores tecnológicos, socio-económicos e morais, entre outros. A evolução da sociedade, a crescente industrialização e mecanização das tarefas têm contribuído para a modificação do padrão de vida das populações, levando-as a uma diminuição nos seus níveis de actividade física (AF), (Costa, 1996). O sedentarismo, condição de alcance praticamente global, afecta, em Portugal, quase 90% da população adulta (Varo et al., 2003), um dos valores mais elevados em toda a Europa. Esta situação acarreta graves consequências a vários níveis, particularmente no campo da saúde, onde tem dado origem a uma penosa factura (Barata, 2003). Actualmente, as Doenças Cardiovasculares (DCV), apresentam-se como uma das principais causas de morte nos países industrializados, senão mesmo a maior (Ventura et al., 1998), e só em Portugal as mesmas foram responsáveis por quase 40% dos óbitos, no ano 2000 (segundo os dados fornecidos pelo Instituto Nacional de Estatística – INE, em 2002).

Às DCV, mas também a outros tipos de doenças crónicas e/ou agudas, foram identificados e associados vários factores de risco, modificáveis e não modificáveis. O sexo e a história familiar são exemplos de factores de risco não modificáveis, enquanto nos primeiros podemos encontrar o sedentarismo ou a inactividade física (AHA – American Heart Association, 1998; ACSM – American College of Sports Medicine, 2004). Neste contexto, vários autores (Caspersen et al., 1985; Mota e Appel, 1995; Blair e Connelly, 1996; Mota, 1997; Garde e Devís-Devís, 2002), constataram que a AF tem vindo a assumir um papel muito importante na procura e manutenção do bem-estar das populações e na qualidade de vida dos indivíduos, dado que, a maior parte das

investigações aponta claramente para uma relação directa entre a prática regular de AF e uma redução dos índices de mortalidade, (Berlin e Colditz, 1990; DHHS – Department of Health and Human Services, 1996; Eriksson et al., 1998; Lee e Skerritt, 2001).

A AF surge assim como uma parte integral e complexa do comportamento humano, envolvendo componentes culturais, socio-económicas e psicológicas, sendo inclusivamente dependente de vários factores, como o tipo de actividade profissional, características físicas e/ou da personalidade, o tempo livre disponível e a possibilidade de acesso a locais e instalações desportivas, entre muitos outros aspectos (Caspersen et al., 1985). Com todos estes componentes, alguns dos quais potencialmente condicionantes, a correcta prescrição da AF ou do exercício (passaremos a utilizar os ambos os termos para designar o conjunto de comportamentos físicos conducentes à melhoria ou manutenção dos níveis de saúde), assume uma importância cada vez maior. Paralelamente a esta crescente relevância, os locais específicos para a prática desportiva têm-se multiplicado nos últimos anos, particularmente quando nos reportamos ao número de ginásios e *health clubs* presentes no nosso país. Aqui, os seus utentes, começam a procurar, e diga-se, mesmo a exigir, excelentes instalações bem como profissionais competentes, de forma a alcançar e manter os seus objectivos. Neste sentido, uma ajuda fundamental é facultada pelos programas de treino, que, actualmente, permitem considerar os objectivos e as limitações de cada indivíduo, potenciando os benefícios do exercício e minimizando o tempo necessário para o alcance dos mesmos. Consequentemente, têm sido desenvolvidas a nível global, diversas linhas orientadoras para a realização da AF. Grandes instituições, como o ACSM, a AHA, o *Centers for Disease Control and Prevention* (CDC), o DHHS, o *Institute of Medicine* (IOM), o *National Association for Sport and Physical Education* (NASPE), o *National Institutes of Health* (NIH), o *Surgeon General* e o *US (United States) Dietary Guidelines*, entre muitos outros, propõem várias directrizes, algumas das quais tendo inclusivamente em conta diferentes populações, (crianças, adultos, idosos, gestantes, etc.), e patologias (diabetes,

problemas cardíacos, osteoporose, etc.), tentando, desta forma, personalizar e potenciar cada vez mais qualquer programa de exercícios.

Todavia, e para além do tipo de população e sua condição, outras variáveis devem ser ponderadas na prescrição do treino. Uma das formas que mais tem evoluído é o treino cardiovascular, onde as possibilidades de exercitação nos ginásios são geralmente muito diversificadas, indo desde o conhecido tapete rolante até outros aparelhos mais específicos, como é o caso da manivela. Esta diversidade origina respostas fisiológicas substancialmente distintas de ergómetro para ergómetro ou modo de exercício, e as mesmas devem ser tomadas em consideração aquando da prescrição deste tipo de treino. Esta não é, contudo, uma prática comum, pois apesar de serem conhecidas algumas particularidades de alguns ergómetros, não nos foi possível encontrar qualquer recomendação ou investigação aprofundada nesta temática, em Portugal ou no estrangeiro, em papel ou suporte informático. As recomendações tradicionais referem-se geralmente aos estudos realizados em apenas um modo de exercício (geralmente o tapete rolante/pista ou bicicleta), sendo posteriormente inferidos os resultados obtidos para todos os outros modos de exercício, o que poderá originar alguns (muitos), erros de prescrição.

Esta parca informação quanto às recomendações próprias para cada ergómetro, impede que os programas de treino sejam mais específicos do que são actualmente, sendo que a investigação e compreensão nesta área permitirá colmatar a lacuna existente, possibilitando um planeamento cada vez mais preciso, individualizado e, em última análise, eficaz, das actividades físicas possíveis nos diferentes ergómetros analisados e avaliados para este trabalho.

1.1 – Pertinência do estudo

Considerando a estreita relação entre a função cardiovascular, a síndrome metabólica (conjunto de condições médicas com distintas etiologias, entre as quais o sedentarismo), as patologias adstritas a este sistema, e a possibilidade que a AF proporciona para limitar os malefícios inerentes a um estilo de vida sedentário ou menos saudável, pensamos ser de inegável importância o estudo das exigências que se observam na utilização de diferentes ergómetros para o treino cardiovascular, dada a sua contribuição para a potencial efectividade dos programas de treino e, conseqüentemente, da saúde e bem-estar dos seus praticantes.

Este assunto tem sido objecto de uma alargada discussão e, fundamentalmente, muita especulação, sobretudo em Portugal, onde não existe informação sólida e fundamentada. Daí a justificação desta pesquisa pelo menos, por três ordens de razão: 1) a literatura é escassa neste contexto informacional; 2) a aptidão cardiovascular constitui-se como um tópico essencial na prescrição de exercício físico para a saúde e para a gestão do peso e composição corporal; e 3) para a prática do treino cardiovascular existe um conjunto alargado de propostas, centradas no uso extensivo e exclusivo destes ergómetros, que colocam exigências, necessariamente diferenciadas na gestão da intensidade de esforço em função do objectivo.

1.2 – Definição de objectivos

Tendo em conta a crescente importância da actividade cardiovascular no contexto da AF relacionada com a saúde, é nosso objectivo fundamental monitorizar e caracterizar o esforço subjacente à utilização de diferentes ergómetros (através de testes de esforço máximo), com o intuito de perceber os constrangimentos que se colocam na utilização de cada um deles. Decorre daqui a importância deste propósito na prescrição de exercício e a sua relevância em termos da aquisição de um estilo de vida activo e saudável, de fortes implicações na redução de factores de risco de doenças cardiovasculares, entre outras, e no controlo e manutenção de um peso e composição corporal adequados.

Assim, formulámos as seguintes hipóteses:

1 – Os valores máximos da FC e do VO_2 são distintos em todos os ergómetros;

2 – Os valores da $FC_{máx}$ obtidos teoricamente são diferentes daqueles obtidos na realidade;

3 – Os limiares ventilatórios ocorrem a percentagens diferentes dos valores máximos da FC e do VO_2 obtidos em cada ergómetro.

Para dar resposta a estas questões, serão identificados os valores obtidos na $FC_{máx}$ e no $VO_{2máx}$, determinados os limiares ventilatórios e verificados os valores da FC e do VO_2 a que estes ocorrem, em cada ergómetro. Adicionalmente, e com base nos resultados obtidos, serão apresentadas algumas estratégias de utilização prática para a prescrição do exercício nos ergómetros analisados.

1.3 – Estrutura do trabalho

Este trabalho está estruturado em 6 capítulos, organizados da seguinte forma:

Capítulo 1 (Introdução) – Apresenta uma descrição resumida, clara e o mais actualizada possível do estado do conhecimento na área da avaliação e prescrição do exercício cardiovascular em ginásios, sendo definidos os seus principais problemas não resolvidos. São igualmente apresentados os objectivos do trabalho e a sua estruturação.

Capítulo 2 (Revisão da literatura) – Define o estado actual do conhecimento no campo da prescrição de exercício cardiovascular. Fornece uma caracterização histórica dos conhecimentos, desde a actividade e aptidão físicas e suas relações com a saúde, até à caracterização dos parâmetros fisiológicos empregados, efectuando igualmente uma breve incursão na evolução dos ginásios e de alguns dos ergómetros aí utilizados. Este capítulo contempla uma extensa e actual revisão da literatura, particularmente no ponto dos parâmetros fisiológicos, sem no entanto se desviar da respectiva contextualização e relevância para a presente investigação.

Capítulo 3 (Material e métodos) – Descreve e caracteriza a amostra. É descrita a metodologia e os materiais utilizados na realização dos testes, bem como as condições nas quais os mesmos se efectuam. São ainda apresentados todos os procedimentos estatísticos utilizados.

Capítulo 4 (Apresentação e discussão dos resultados) – Apresenta os resultados obtidos e devidamente tratados, relativos a todas as avaliações consideradas para o estudo. Analisa a coerência dos mesmos, discutindo, comparando e procurando a sua correcta interpretação. Discorre acerca das

futuras implicações e estabelece recomendações para a utilização prática dos resultados obtidos.

Capítulo 5 (Conclusões) – Apresenta as principais conclusões do trabalho, como resultado final da discussão desenvolvida no capítulo anterior.

Capítulo 6 (Bibliografia) – Expõe as referências bibliográficas consultadas na pesquisa efectuada para a realização desta dissertação.

2 – Revisão da literatura

2 – Revisão da literatura

2.1 – Actividade física e saúde

A actividade física (AF), parece contribuir para a redução da incidência das Doenças Cardiovasculares (DCV) e outras patologias através de diversos mecanismos, muitos dos quais ainda não completamente estabelecidos. O aumento do suprimento de oxigénio ao coração, a diminuição do consumo desse para um mesmo esforço e a melhoria da estabilidade dos impulsos eléctricos, com conseqüente melhoria da contracção ventricular (Saltin, 1990; Bouchard et al., 1994), são apenas alguns exemplos conhecidos dos benefícios da AF para a saúde. Para além disso, o aumento do tónus parassimpático e a diminuição do tónus simpático promovem uma redução da frequência cardíaca (FC), e da pressão arterial (PA), em repouso, atenuando os efeitos deletérios que estes últimos provocam no endotélio vascular. Assim, a redução da disfunção endotelial, será um dos objectivos terapêuticos da AF, tanto em indivíduos saudáveis como nos portadores de DCV, dado que um endotélio lesionado perde a capacidade de resposta de dilatação normal (entre outros eventos igualmente nefastos), favorecendo a vasoconstrição, com as conseqüências esperadas e bem documentadas (Esper et al., 2006). Adicionalmente, a AF também incrementa o diâmetro e a capacidade de dilatação das artérias coronárias, estimula a angiogénese e reduz a taxa de progressão da aterosclerose (Krams et al., 1981; Fuster et al., 1992a; Fuster et al., 1992b; Hambrecht et al., 1993). Mas a AF pode ainda influenciar positivamente outros factores de risco, baixando a pressão arterial (Hagberg e Brown, 1995), melhorando o perfil lipídico (Wood et al., 1991; Williams, 1996; Stefanick et al., 1998), e aumentando a sensibilidade à insulina (Holloszy et al., 1986; Mayer-Davis et al., 1998). Alguns estudos indicam também que a AF poderá desempenhar um papel importante na redução dos níveis de agregação

plaquetária e aumento da actividade fibrinolítica (Kestin et al., 1993; Szymansky et al., 1994), redução dos níveis de homocisteína (Nygard et al., 1995), e finalmente, a constatação de que os indivíduos fisicamente activos têm menor probabilidade de serem obesos, quando comparados com os indivíduos sedentários (DHHS, 1996).

Todavia, a AF também apresenta alguns riscos, que, não sendo preocupantes quando analisados globalmente, não devem ser negligenciados. Os estudos sobre exercício físico realizados com adultos aparentemente saudáveis, indicam uma taxa de eventos agudos de 1 por cada 187 500 indivíduos/hora de exercício e uma taxa de falecimento de 1 para 396 000 homens/hora de *jogging* (corrida a intensidade geralmente moderada) (Thompson et al., 1982). A incidência de paragem cardíaca durante a prática de *jogging* é de aproximadamente 1 caso por ano em cada 18 000 homens aparentemente saudáveis (Siscovik et al., 1984). Este último estudo reporta ainda que o risco de morte súbita por problemas cardíacos parece ser menor entre os homens com os níveis mais elevados de AF, o que sugere que, embora o risco de morte súbita possa aumentar nos exercícios mais intensos, ele será globalmente menor entre os homens que são fisicamente mais activos. Os resultados de outro estudo, com indivíduos participantes num programa de reabilitação cardíaca, indicam uma paragem cardíaca por cada 111 996 horas/paciente, um enfarte do miocárdio por cada 293 990 horas/paciente e um caso fatal por cada 783 972 horas/paciente (Van Camp e Peterson, 1986). No entanto, convém salientar que estes resultados foram obtidos em programas de AF medicamente supervisionados, onde cerca de 90% dos indivíduos que entraram em paragem cardíaca foram reanimados com sucesso. Outro estudo mais recente indica que o risco de falecimento durante a realização de programas de reabilitação cardíaca é de cerca de 1 por cada 60 000 participantes/hora (Haskell, 1994). De qualquer forma, e para a grande maioria da população, os benefícios continuam a exceder largamente os riscos associados à AF, justificando a aderência à sua prática.

No quadro 1 é possível observar uma síntese dos resultados de estudos que investigaram a relação entre a AF e a sua incidência sobre as enfermidades crónicas seleccionadas (ACSM, 2004).

Quadro 1 – Síntese dos resultados de estudos que investigaram a relação entre a actividade física e a sua incidência sobre as enfermidades crónicas seleccionadas (ACSM – American College of Sports Medicine, 2004).

Doença ou processo	N.º de estudos	Tendência
Mortalidade por todas as causas	★★★	↓↓↓
Enfermidade crónica	★★★	↓↓↓
Hipertensão	★★	↓↓
Obesidade	★★★	↓↓
Apoplexia	★★	↓
Enfermidade vascular periférica	★	→
Cancro		
Cólon	★★★	↓↓
Recto	★★★	→
Estômago	★	→
Mama	★	↓
Próstata	★★	↓
Pulmão	★	↓
Pâncreas	★	→
Diabetes não Insulino Dependente	★	↓↓
Osteoartrite	★	→
Osteoporose	★★	↓↓

Legenda: ★ Poucos estudos, provavelmente <5; ★★ Entre 5 a 10 estudos; ★★★ >10 estudos. → Não existe diferença aparente entre as taxas de enfermidade e os níveis de AF; ↓ Alguma evidência da redução das taxas de enfermidade devido à AF; ↓↓ Boa evidência da redução das taxas de enfermidade devido à AF; ↓↓↓ Excelente evidência da redução das taxas de enfermidade devido à AF, incluindo um bom controlo dos factores de confusão, excelente metodologia, larga evidência de mecanismos biológicos, sendo considerada uma relação causal.

2.2 – Aptidão física

Intimamente associada à AF organizada no contexto desportivo surge, em meados do séc. XX, o conceito de Aptidão física (ApF). A sua definição universal e consensual tem colocado sérias dificuldades à comunidade dos investigadores desta área de estudo, devido essencialmente a dois grandes factores: 1) a grande complexidade que está subjacente à sua estrutura e direcção e, 2) ao facto de fazer parte de uma rede multivariada de relações que se prendem com exigências colocadas pelo rendimento desportivo e, também, pelas conexões que estabelece com a saúde e o bem-estar físico e psicológico (Marques et al., 1991; Howley e Franks, 1992; Bouchard e Shephard, 1994). Segundo Nahas (2003), a ApF pode ser definida como a capacidade de realizar actividades físicas, distinguindo-se duas formas de abordagem: (a) ApF relacionada com a performance motora – que inclui componentes necessários para uma performance máxima no trabalho ou no desporto; e (b) ApF relacionada com a saúde – que congrega características que, em níveis adequados, possibilitam mais energia para o trabalho e o lazer, proporcionando, paralelamente, um menor risco em desenvolver doenças ou condições crónico-degenerativas associadas a baixos níveis de AF habitual. Os componentes da ApF relacionada com a saúde incluem os que aparentemente mais estão ligados a esta e que podem ser mais influenciados pelas actividades físicas habituais: a aptidão cardiorespiratória, a força/resistência muscular, a flexibilidade, e a composição corporal (índices de gordura corporal e distribuição da gordura subcutânea). Assim, a ApF engloba duas vertentes essenciais, uma associada à performance desportiva e outra ligada à saúde (Bouchard et al., 1994). Especificamente no enquadramento desta última, de maior interesse para o nosso trabalho, a ApF poderá ser definida como a obtenção e/ou manutenção de uma dada expressão das capacidades físicas associadas à saúde e que são necessárias para a realização de actividades diárias (Shephard, 1994). Sendo a ApF e a AF conceitos algo distintos mas estreitamente relacionados, julgamos poder simplificar a utilização dos mesmos

no nosso trabalho, designando a segunda como o conjunto de procedimentos necessários à obtenção da primeira, isto é, o conjunto de exercícios que se podem utilizar de forma a alcançar e manter adequados níveis de ApF.

O reconhecimento da importância do treino de resistência no contexto da saúde e bem-estar foi evidenciado, nas últimas décadas do século XIX, pela Young Men`s Christian Association (YMCA). De um vasto rol de informações relevantes, sobressai o facto de terem registado uma redução significativa da saúde dos cidadãos americanos, em consequência da diminuição dos respectivos níveis de ApF (Golding et al., 1989). No séc. XX, com a crescente industrialização, foi-se notando, com maior evidência, o aumento do sedentarismo e, conseqüentemente, da quebra dos níveis de ApF, um pouco por todo o “mundo ocidental”. No entanto, a chamada de atenção para a importância da AF não é, de forma alguma, uma atitude recente. Hipócrates (séc. IV A.C.), sugeria que todas as partes do corpo deveriam ser exercitadas para se desenvolverem. Se mobilizadas envelheceriam com lentidão, caso contrário, estariam sujeitas a doenças e ao envelhecimento precoce (Ferreira, 1991). Por sua vez, um filósofo francês do início do séc. XIX, J. B. Salgues, numa crónica sobre a sociedade escreveu: “O homem não foi concebido para a inactividade. O longo repouso entorpece e enerva o corpo. Se tiver hábitos regulares de exercício físico terá menor necessidade de recorrer a medicamentos”. No entanto, a comprovação científica dos verdadeiros efeitos da AF tem o seu início há pouco mais de meio século, num estudo de cariz epidemiológico levado a cabo por Morris et al. (1953), onde se estudaram dois tipos de populações: os sedentários (representados por condutores de autocarros ingleses), e os activos (representados pelos cobradores nos mesmos autocarros). Os resultados obtidos revelaram que os sedentários sofriam um risco de enfarte do miocárdio não fatal, 50% maior que os mais activos (Morris et al., 1953). Todavia, as grandes evidências são ainda mais recentes. Diferentes estudos de natureza epidemiológica vieram sugerir que níveis moderados a elevados de ApF estão inversamente associados à morbidade e à mortalidade, que algumas causas de morte têm uma relação inversa com os valores da aptidão cárdio-vascular e ainda que a AF regular,

para além de aumentar a esperança média de vida, é um contributo precioso na saúde das populações (Morris et al., 1953; Paffenbarger et al., 1986; Casperson, 1987; Blair et al., 1989; AHA, 1992; Paffenbarger et al., 1993; Bouchard e Shephard, 1994; Paffenbarger, 1990; DHHS, 1996; ACSM, 2004).

Outro evento marcante para o desenvolvimento da AF e da ApF é o que ocorre no final dos anos 60, e principalmente no início dos anos 70 do século passado, onde surge, nos Estados Unidos, o "movimento para a aptidão física", preconizado pelo Dr. Kenneth Cooper (1972). Nesses anos, foi notório um desenvolvimento, muito significativo, das actividades de cariz predominantemente aeróbio, e igualmente do número dos seus praticantes. O título do seu livro publicado em 1969 "Aerobics", viria a ser utilizado para designar um quase infindável número de actividades físicas de características comuns (utilização de uma grande percentagem muscular corporal, movimentos relativamente cíclicos, de longa duração e geralmente de reduzida a moderada intensidade). Foram inúmeras as pessoas que quiseram conhecer o significado e o alcance sócio-cultural da actividade "aeróbia" e, fundamentalmente, experimentar os efeitos da sua prática, começando assim a correr, a nadar, a pedalar e a caminhar (Barbanti, 1990).

Com o "movimento para a aptidão física", surgem também os primeiros ergómetros estacionários que procuraram superar as dificuldades inerentes à falta de espaços e de tempo para a prática de exercício físico em contacto directo com a natureza. Este tipo de actividade foi-se desenvolvendo à medida que os ergómetros se tornaram mais sofisticados e parece estar a atingir um ponto alto neste início de século, atendendo a que vem assumindo um papel de destaque nos instrumentos sugeridos para a prescrição de exercício em ginásios e academias. De resto, refira-se que estas instituições têm desempenhado um papel relevante na promoção da AF organizada e encarada numa perspectiva de saúde. O mercado do *fitness* tem vindo a apresentar um conjunto cada vez mais alargado de propostas que procuram corresponder aos diferentes objectivos das pessoas que frequentam estes espaços. De um modo geral, estas propostas podem ser divididas em duas grandes categorias: as modalidades de grupo, das quais são exemplo a hidroginástica ou o *step*, e as

modalidades de cariz individual, sendo nesta última que podemos encontrar os ergómetros para o treino de natureza cardiovascular, como o tapete rolante ou a bicicleta estacionária.

Assim, a adesão à prática de exercício físico parece poder ser explicada, por um lado, pelo facto de inúmeros estudos de natureza epidemiológica sugerirem a adopção de um estilo de vida activo como forma de prevenir as chamadas doenças da civilização resultantes da inactividade física. Neste ponto, acrescente-se que a expressão “síndrome da morte por sedentarismo” começa a ser utilizada para caracterizar o conjunto de doenças causadas ou ampliadas pela falta da AF e que resultam em consequências fatais (Booth et al., 2000). Por outro lado, pelo facto do exercício físico, e do corpo esbelto que lhe está associado, corresponder a um ideal de beleza física contemporâneo (lado visível da modernidade atribuída ao corpo). Desta forma, e em nosso entender, são dois os motivos fundamentais que levam presentemente as pessoas à prática de AF nos ginásios: 1) a depleção de gordura e/ou a melhoria da estética; e 2) a melhoria dos níveis de ApF.

Uma das actividades que mais se tem vindo a destacar, precisamente pela sua importância na saúde e pelo facto de ter como um dos principais objectivos o controlo do peso, é o treino cardiovascular, também designado de *cardiofitness*. Esta modalidade tem vindo a ser reconhecida como um dos pilares fundamentais na prescrição de exercício para a saúde, principalmente pela amplamente reconhecida e discutida influência positiva no controlo e redução da incidência dos problemas cardiovasculares e outras patologias. Todavia, a prescrição adequada de exercício cardiovascular depende, entre outros aspectos, de um triângulo de conhecimentos que consideramos da maior relevância e que importa considerar: num vértice temos os objectivos de cada utente (passíveis de serem conhecidos através de uma avaliação física adequada); noutra, temos a intensidade ou zona alvo de treino que importa sugerir para cumprir os objectivos definidos no programa (neste tópico existe um conjunto alargado de informações em função de diferentes indicadores de esforço); por último, no terceiro vértice, temos as exigências que a utilização de diferentes ergómetros nos colocam para um planeamento eficaz (a informação,

neste contexto, é bem menos consistente devido ao número reduzido de indicadores e ergómetros que são cruzados e, particularmente, pelo facto das metodologias utilizadas recorrerem a valores de indicadores fisiológicos ou mecânicos sem grande consistência).

É assim que, o planeamento de um dos mais relevantes tipos de AF praticados nos ginásios (senão mesmo o mais importante), e seguramente aquele que quantitativamente é mais exercitado pela maioria dos seus utentes, continua a ser efectuado sem uma sólida base de investigação que permita suplantiar as simples e tradicionais recomendações de carácter demasiado generalista que caracterizam a prescrição deste tipo de AF, nos ginásios em especial, mas também em muitos outros locais desportivos actualmente presentes na nossa sociedade.

2.3 – Locais para a prática de actividade física

São vários os locais, bem como o tipo de práticas físicas que se podem realizar. Contudo, na presente pesquisa vamos centrar-nos nos ginásios, pois foi no seu contexto que ela decorreu.

O termo “ginásio” deriva do grego *gymnasium*, ou “local para estar nu”, e era usado na Grécia antiga para designar um local de educação dos jovens adultos, onde estes estudavam, tomavam banho e praticavam exercício físico, geralmente sem qualquer tipo de roupa ou cobertura (Enciclopédia Britânica, 2006). No entanto, estes locais de exercício não singraram nas civilizações seguintes, e somente no século XIX, começaram a ser construídos amiúde, edifícios próprios para a prática da AF, geralmente nas escolas. Uma das instituições responsáveis por esse desenvolvimento foi a já referenciada YMCA, que, poucos anos após a sua criação, em Boston, no ano de 1851, já possuía largas dezenas de locais específicos para o exercício e para os jogos desportivos. Apesar dos benefícios do exercício físico serem conhecidos há algumas décadas, é só a partir dos anos 60 do século XX, que a população começa a revelar um interesse especial na sua prática, especialmente devido aos anteriormente referidos trabalhos publicados por Kenneth Cooper (1968b), que associavam um tipo específico de AF, o exercício aeróbio, como estando fortemente relacionado com a promoção da saúde, tópico cada vez mais relevante, dado o incremento das evidências dos malefícios do sedentarismo. A popularidade alcançada pelo livro e seu autor, justificam-se, para além do *timing* e das fortes bases científicas, pela apresentação de programas de exercício específicos, utilizando actividades relativamente acessíveis à maioria da população, como a caminhada, corrida, natação ou o ciclismo.

Actualmente, os termos “ginásio” (que não o escolar), e outros relacionados como *health-club* ou “academia”, referem-se usualmente a um local onde se pode praticar AF, e estão associados, nas últimas décadas a um tipo específico da mesma, como o exercício de musculação com aparelhos ou pesos livres e a exercitação de actividades de cariz aeróbio, como a utilização

dos ergómetros, natação, hidroginástica ou as comumente designadas “aulas de grupo”. Contudo, a crescente importância atribuída às questões da saúde, estética e socialização, têm conduzido os ginásios modernos a brindar os seus clientes com muito mais do que simples locais de exercitação. A ampliação das suas dimensões, criação de espaços amplos e luminosos, incremento de serviços disponíveis desportivos e extra-desportivos (que são exemplos os cabeleireiros, *spa`s* e as galerias de arte presentes em alguns ginásios) e desenvolvimento de actividades lúdicas e sociais fora do recinto desportivo (como mini-férias em cruzeiros ou actividades de exploração da natureza), entre outros, levam a que os ginásios modernos, e especialmente os pertencentes a grandes cadeias nacionais e multinacionais, sejam encarados e procurados com uma filosofia substancialmente distinta dos tradicionais conceitos das décadas anteriores. Hoje, pode mesmo dizer-se que, apesar de tudo, ir ao ginásio “está na moda”. A evidência das indústrias paralelas que surgiram com o crescimento dos ginásios (vestuário e calçado, ergómetros e outros aparelhos, nutrição e suplementação, entre outras), bem como da oferta crescente dos serviços a eles associados (*personal trainers*, formação específica, etc.), certificam bem a procura e a importância que os ginásios e o *fitness* exibem na sociedade contemporânea.

2.4 – Os ergómetros

O termo “ergometria” provém da junção das palavras de origem grega *ergon*, que significa “trabalho” e *metron*, significando “medida”. Desta forma, a ergometria refere-se à possibilidade de medir ou avaliar a quantidade de trabalho efectuado. Neste sentido, por “ergómetro” devemos entender aquele aparelho capaz de quantificar o trabalho mecânico realizado ou a energia dispendida para esse mesmo trabalho (Wilmore e Costill, 2004). Geralmente, os ergómetros utilizados nos ginásios e academias são capazes de fornecer dados referentes ao trabalho efectuado em *watts* ou quilocalorias (Kcal), podendo estas unidades serem apresentadas como um valor absoluto (total), ou relativo (p.e. Kcal/min). Os ergómetros permitem também dosear o nível de intensidade ou resistência com extrema facilidade, tornando-os assim aparelhos que possibilitam a avaliação e prescrição da AF com relativa precisão e comodidade.

Segundo Magalhães e Soares (1999), os ergómetros devem possuir as seguintes características essenciais:

- Devem integrar um dispositivo analógico ou digital para controlo da velocidade, rotações, resistência e percentagem de inclinação e/ou declinação no caso do tapete rolante, e os mesmos devem poder ser facilmente ajustáveis durante o teste ou exercício;
- Devem permitir que o indivíduo consiga executar um esforço máximo sem atingir os limites do aparelho (em especial nas variáveis velocidade e resistência);
- Dado que normalmente, não é possível estimar directamente o dispêndio energético, os aparelhos devem permitir a entrada de alguns parâmetros necessários para o cálculo do mesmo (como o peso ou o sexo), e apresentar o valor actual ou final desse mesmo gasto calórico;
- O mecanismo de controlo deve oferecer uma margem de erro inferior a 1%;

- A estrutura física dos aparelhos (o seu tamanho e ergonomia), devem ser ajustáveis às características físicas dos praticantes;
- As características de segurança que envolvem os equipamentos devem oferecer confiança ao praticante e ao avaliador/professor;
- O mecanismo de calibração deve ser de fácil utilização;

Apesar das características comuns a todos os ergómetros, cada um apresenta certas particularidades que importa referir. Assim, procederemos a uma descrição muito sumária dos ergómetros considerados para este estudo (adaptado de Garganta, 2000).

2.4.1 – Tapete rolante

Este é, actualmente, o ergómetro mais utilizado nos ginásios e academias. O tapete rolante ou “passadeira”, como também é conhecido, utiliza como estímulo funcional a caminhada, marcha e/ou corrida, actividades base da grande maioria das modalidades desportivas e também da maioria das acções motoras diárias. Solicita preferencialmente os membros inferiores (MI), mas à medida que a intensidade do exercício aumenta, o contributo para o equilíbrio e rendimento do avaliado, facultado pelos membros superiores (MS), incrementa de forma proporcional e significativa.

O tapete rolante apresenta como principais vantagens o facto de ser um aparelho no qual a biomecânica do movimento resulta muito semelhante à maioria das acções do dia-a-dia (possibilita a regulação da velocidade, inclinação e, em alguns casos, também da declinação), permitindo um rápido e aplicável *transfer* para as mesmas. Este é o aparelho onde é possível obter o mais alto dispêndio energético em relação à intensidade, quando comparado com os outros três ergómetros (elíptica, ciclo-ergómetro e manivela). Precisamente devido às suas características de mobilização geral e movimento semelhante às acções diárias, os indivíduos que se exercitam neste aparelho não costumam reportar fadiga muscular local, factor geralmente limitante para a prossecução do exercício. No entanto, o tapete rolante é também o

ergómetro mais susceptível de causar algum tipo de lesão no praticante, apesar dos sistemas de segurança que ele possa conter (como o botão de parada de emergência ou as barras de apoio e segurança laterais). Adicionalmente, podemos referir que para se obter um dispêndio energético significativo, torna-se necessário que o praticante aumente a velocidade ou a inclinação a níveis que muitas vezes não consegue suportar (por inabituação ou incapacidade). Assim, este é o ergómetro que requer o período de habituação mais alargado, condição imprescindível para uma correcta avaliação de um esforço máximo. Não menos importante será a constatação da maior dificuldade na recolha dos dados que a utilização deste ergómetro impõe, sendo mesmo necessária a alteração significativa do padrão de marcha/corrida para a recolha de alguns dos parâmetros mais utilizados na investigação (como é o caso do lactato sanguíneo).

2.4.2 – Elíptica

Este ergómetro é actualmente, um dos aparelhos mais procurados e utilizados, a par do tapete rolante. A elíptica, *walker* ou *crosstrainer*, como também é conhecida, solicita os MI num movimento elíptico antero-posterior e sem impacto, sendo que alguns modelos solicitam também os MS, num movimento semelhante ao esqui de fundo.

Este aparelho permite um gasto calórico significativo (ao utilizar os MI e MS), enquanto evita os impactos articulares. Adicionalmente, permite alternar facilmente a intensidade do esforço relativo entre MI e MS, sendo especialmente oportuno quando se começa a instalar a fadiga localizada em qualquer um dos anteriores. Pelas suas características, o indivíduo poderá evidenciar algumas dificuldades coordenativas iniciais, normalmente ultrapassáveis após algumas curtas sessões de treino.

2.4.3 – Bicicleta

A bicicleta é tradicionalmente um dos aparelhos preferidos dos utilizadores dos ginásios. Este é também conhecido por “ciclo-ergómetro” ou “bicicleta estacionária”, pois simula a actividade ciclística. Existem vários modelos que podem, de uma forma simplificada, ser classificados quanto à sua ergonomia ou forma de resistência. Ergonomicamente, os ciclo-ergómetros podem ser classificados consoante a presença de selim (posição sentada) ou banco (posição reclinada), ambas com características distintas e específicas para cada objectivo. A resistência (ou frenagem), pode ser conseguida por uma de três formas: mecanicamente (através de cintas ou correias e da respectiva intensidade de fricção que irá causar a maior ou menor resistência); utilizando a resistência do ar ou da água (os primeiros em desuso e os segundos em expansão nas actividades aquáticas que utilizam bicicletas estacionárias); e electromagneticamente (através da regulação da aproximação de dois imanes). De referir que a forma de resistência mais fiável e utilizada na avaliação dos diversos parâmetros parece ser a última, neste caso, a resistência electromagnética, sendo também a mais utilizada nos ergómetros modernos.

Apresenta como principais vantagens a posição de exercitação, que tende a ser considerada confortável e segura, a facilidade de recolha de dados (decorrente da reduzida mobilização do tronco e MS, e da favorável exposição das áreas normalmente testadas), a adequação a determinadas patologias ou condições, e a facilidade de execução. Como principais desvantagens podemos apontar a relativa facilidade com que a fadiga localizada se instala nos MI (especialmente nos indivíduos destreinados).

2.4.4 – Manivela

A manivela começa a ser um ergómetro cada vez mais solicitado pelos utentes dos ginásios. A grande maioria dos aparelhos cardiovasculares apela preferencialmente para o trabalho com os MI, negligenciando, de certa forma,

os benefícios específicos do treino aeróbio com os MS (como a capilarização e o aumento da resistência muscular nos mesmos). Tecnicamente, as suas características são semelhantes às apontadas para o ciclo-ergómetro, sendo, no entanto, aplicadas aos MS. Alguns aparelhos combinam esta exercitação cíclica dos MS (geralmente à altura dos ombros), com a acção combinada dos MI, no mesmo exercício.

Este aparelho permite que os indivíduos com alguma patologia dos MI possam efectuar um exercício de características aeróbias, possibilitando ainda a sua avaliação em diferentes parâmetros fisiológicos. No entanto, a exercitação isolada dos MS poderá não permitir alcançar os mesmos valores de VO_2 máx que outros aparelhos, e a transferência do movimento para as tarefas diárias poderá não resultar com tanta facilidade e utilidade (em especial quando comparada com as acções musculares típicas verificadas no tapete rolante).

2.5 – Indicadores fisiológicos

Os indicadores fisiológicos são instrumentos de inestimável utilidade para o conhecimento das implicações biológicas de um programa de treino ou de um teste de esforço físico. Os indicadores fisiológicos analisados fornecem informações valiosas acerca das respostas agudas do organismo ao exercício, e como tal, permitem perceber o tipo e a quantidade de stresse a que um dado indivíduo pode estar sujeito, para, e como finalidade, prescrever um plano de treino perfeitamente adequado às suas características, necessidades e objectivos. Os parâmetros fisiológicos que decidimos estudar, centram-se na frequência cardíaca (monitorizada com relógios da marca Polar), e nas trocas gasosas (medidas com um analisador de gases da marca Cortex). Estes são os indicadores que poderão ser mais úteis e aplicáveis na prescrição do exercício físico em ginásios, sendo a frequência cardíaca claramente a de maior facilidade e comodidade de utilização. Todavia, e de acordo com algumas limitações que a mesma pode conter no “espelhar” fidedigno das respostas fisiológicas, a análise das trocas gasosas foi igualmente utilizada, de forma a conhecermos com maior profundidade as alterações monitorizadas (como o VO_2 máx e os limiares ventilatórios).

Refira-se que a utilização dos limiares ventilatórios como indicador fisiológico surge da necessidade de distinguir claramente duas zonas de treino possíveis. Esta distinção, crucial e porventura a mais importante na avaliação e prescrição do treino (dado que separa uma zona de não fadiga de outra de fadiga exponencial e crítica), vai permitir estabelecer a comparação das respostas fisiológicas entre os distintos ergómetros avaliados, possibilitando a compreensão das contingências que os mesmos impõem. Este método está directamente correlacionado com aquele que muitos apontam como o *gold standard* da avaliação física aeróbia, a lactatemia, e daí a inclusão desta também neste trabalho.

Cada indicador descrito apresenta três pontos distintos, mas de extrema utilidade para esta pesquisa: uma descrição e caracterização, a análise acerca

do comportamento do mesmo com a intensidade do exercício, e finalmente, uma enumeração de algumas das formas para a sua determinação.

Apesar de o presente trabalho não pretender descrever pormenorizadamente estes indicadores fisiológicos, julgamos ser importante o seu entendimento, pois só este permitirá perceber o comportamento das variáveis em análise, e daí retirar sólidas ilações que possam contribuir para o desenvolvimento cientificamente fundamentado da área da avaliação e prescrição do exercício.

2.5.1 – Frequência Cardíaca

2.5.1.1 – Conceito e caracterização

Por frequência cardíaca (FC), deveremos entender o número de ciclos cardíacos efectuados, por unidade de tempo, frequentemente 1 minuto. Segundo Billat (2002), o ciclo cardíaco faz referência ao modelo repetitivo de contracções (sístoles) e relaxamentos (diástoles) do coração, geralmente de ambos os ventrículos, com uma duração média específica (quadro 2). Desta forma, um ciclo cardíaco corresponderá normalmente a uma sístole e uma diástole ventricular. O valor da FC pode ser apresentado em batimentos por minuto (bpm).

Quadro 2 – Tempo (em segundos), das duas fases do ciclo cardíaco, em repouso e em exercício (adaptado de Powers e Howley, 1997).

		Sístole	Diástole	Ciclo Cardíaco
Repouso	FC= 75 bpm	0,3	0,5	0,8
Exercício	FC= 180 bpm	0,2	0,13	0,33

Pela sua facilidade de utilização, o uso da FC é um dos parâmetros mais utilizados no controlo do treino (Ingler, 1991; Potteiger e Evans, 1995; Strath et al., 2000; Vincent et al., 2000; Zavorsky, 2000). Nos ginásios em particular, a

FC tem sido considerada como um indicador de extrema utilidade (não apenas devido à sua fácil utilização, mas também aos custos financeiros relativamente reduzidos), e sempre com o objectivo de manter ou desenvolver a aptidão cardiorespiratória (Sharkey, 1997; Rotstein e Meckel, 2000).

Historicamente, a FC tem sido fortemente relacionada com a intensidade do esforço, dado que, de uma forma muito geral, a mesma aumenta em proporção à taxa metabólica requerida para determinado esforço de características aeróbias (Powers e Howley, 1997). Para além disso, a FC pode igualmente ser utilizada como um dos parâmetros a inserir em fórmulas indirectas de determinação do VO_2 máx (em testes de esforço máximos e submáximos).

A prescrição do exercício em função da FC baseia-se em percentagens do seu valor máximo, e como tal, este deve ser conhecido. A frequência cardíaca máxima ($FC_{máx}$), diz respeito ao número máximo de bpm que o coração pode alcançar, sob condições específicas. Pode ser determinada através de um teste de esforço máximo, ficando a conhecer-se a frequência cardíaca máxima de esforço ($FC_{máx}E$), ou estimada através de fórmulas de predição da frequência cardíaca máxima, sendo neste caso teórica ($FC_{máx}T$).

A determinação da $FC_{máx}E$ exige a realização de um teste até à exaustão. Podemos utilizar formas relativamente simples quando pretendemos apenas conhecer a $FC_{máx}E$, (p.e. teste de 10 minutos à máxima intensidade), ou outras mais complexas, que nos permitem recolher dados adicionais, como o VO_2 máx, sendo disso exemplos o teste UMTT (Université de Montreal Track Test), (Berthoin et al., 1996), ou o teste de Cooper (1968a). Recordemos que qualquer que seja o teste, o indivíduo deverá estar minimamente treinado nesse ergómetro e familiarizado com as condições da prova.

O risco decorrente da realização de uma prova de esforço máximo parece ser relativamente baixo. Dados fornecidos por clínicas e hospitais onde se realizaram cerca de 500 000 provas de esforço, mostraram uma taxa de disfunção de 0,5 por cada 10 000 provas, e uma taxa de enfartes do miocárdio (EM), de 3,6 para cada 10 000 provas de esforço (Stuart e Ellestad, 1980). Outro estudo com uma base de 50 000 provas aponta uma taxa de mortalidade

de 0,4 por 10 000 provas, 1,4 EM por cada 10 000, e uma taxa de ingressos no hospital de 5,2 por cada 10 000 provas (Atterhog et al., 1979). Numa clínica de medicina preventiva não foi registada nenhuma morte em 70 000 provas de esforço, e apenas se verificaram 6 complicações graves (p.e. EM), decorrentes das mesmas (Gibbons et al., 1989).

No que se refere à $FC_{máxT}$, existem inúmeras fórmulas para a sua predição, sendo a “ $FC_{máx}=220-idade$ ” (Fox et al., 1971), a mais difundida e porventura a mais utilizada (Robergs e Landwehr, 2002). Apesar de existirem fórmulas baseadas tanto em múltiplas variáveis, como em apenas uma, a estimativa do erro padrão para as mesmas continua a ser normalmente superior a 10 bpm, e o erro padrão para a “ $FC_{máx}=220-idade$ ”, (regressão simples, pois apenas considera a idade), é de 11 bpm (Tanaka et al., 2001; Robergs e Landwehr, 2002). Adicionalmente, foi determinado que cerca de 33% dos indivíduos de 40 anos possuem uma $FC_{máxE}$, ou real, desfasada da $FC_{máxT}$, em pelos menos 12 batimentos, e para 5% dos mesmos, o desfasamento será de pelo menos 24 batimentos acima ou abaixo do valor estimado teoricamente (Wilmore e Costill, 2004). Ou seja, na totalidade dessa população a $FC_{máxT}$ calculada seria de 180, mas na realidade, e para cerca de 33% dos indivíduos, ela estará situada entre 168 e 192, e para 5% entre 156 e 204 bpm. Assim, e devido precisamente à sua grande margem de erro, a utilização de fórmulas teóricas para a predição do valor máximo de frequência cardíaca poderá revelar-se como uma metodologia incorrecta na prescrição do exercício (Robergs e Landwehr, 2002).

Após um programa de treino é possível esperar alterações substanciais na manifestação dos valores da FC. A maioria da população saudável tem uma FC de repouso entre os 60 e os 80 bpm, podendo superar os 100 bpm nos indivíduos sedentários (Wilmore e Costill, 2004). Esta diminui significativamente como resposta crónica ao treino de resistência aeróbia. Para um indivíduo com uma FC de repouso de 80 bpm, será de esperar que este diminua cerca de 1 bpm em cada semana, durante as primeiras semanas de treino aeróbio, isto é, no final das 10 primeiras semanas de treino, o mesmo indivíduo poderá apresentar uma FC de repouso de 70 bpm (Wilmore e Costill, 2004). No

entanto, nem todos os estudos suportam estas conclusões, sendo obtidas reduções menos significativas ou mesmo não se verificando nenhuma alteração (Wilmore et al., 1996). Em exercício submáximo e a cada ritmo de esforço específico (p.e. mesma velocidade), é de esperar que a FC após um programa de treino seja significativamente menor. Assim, após um programa de treino aeróbio com a duração de 6 meses, é natural que a FC de esforço se reduza entre 20 a 40%, a um ritmo submáximo (Wilmore e Costill, 2004). Finalmente, a FC máxima tende a sofrer reduzidas ou mesmo nenhuma alteração como adaptação crónica a um programa de exercício aeróbios. No entanto, em alguns casos, os indivíduos treinados poderão ver a sua FC máxima reduzida em alguns batimentos (Wilmore e Costill, 2004). Acrescente-se ainda que a FC em repouso ou mesmo em exercício pode também ser afectada por diversos factores tais como temperatura, humidade, altitude, ruído e stresse, entre outros (Wilmore e Costill, 2004).

2.5.1.2 – Frequência cardíaca e intensidade do exercício

O sistema cardiovascular é constituído por uma bomba (o coração), um sistema de canais (os vasos sanguíneos), e por um meio fluido (o sangue), (Wilmore e Costill, 2004). Tem como principais funções assegurar a reposição do espaço intersticial (onde se inclui a entrega de substratos energéticos e a remoção de produtos de metabolização), regular a temperatura e permitir a comunicação entre células à distância (Wilmore e Costill, 2004). Quando as necessidades metabólicas se incrementam, torna-se necessário aumentar ou melhorar a eficiência da circulação sanguínea, o que pode ser alcançado mediante dois mecanismos: 1) aumento do Débito Cardíaco (Q), isto é, o produto da FC pelo volume sistólico (VS), que representa a quantidade de sangue que é ejectada pelo ventrículo esquerdo em cada sístole ($Q=FC \times VS$); e 2) redistribuição da corrente sanguínea dos órgãos inactivos para os músculos esqueléticos em actividade (Powers e Howley, 1997). Neste último ponto, refira-se que somente cerca de 15 a 20% do Q em repouso é enviado para os músculos, mas em exercícios de grande intensidade, os mesmos podem

receber até 85% da totalidade do Q. Este desvio sanguíneo é conseguido, essencialmente pela redução do fluxo sanguíneo à região abdominal, em especial aos rins, fígado, estômago e intestinos (Wilmore e Costill, 2004).

Assim, o aumento do Q durante o exercício pode ser alcançado por um aumento do VS, da FC, ou ambos. No entanto, verifica-se que em sujeitos não treinados ou moderadamente treinados, o VS não aumenta para além de uma percentagem de trabalho aproximada de 40% a 60% do VO_2 máx, logo, o aumento do Q a taxas de trabalho superiores, será devido essencialmente ao incremento na FC (Wilmore e Costill, 2004). Para além disso, quando analisada graficamente, a curva da FC evidencia um comportamento linear com a intensidade de exercício, até muito próximo dos seus valores máximos (figura 1).

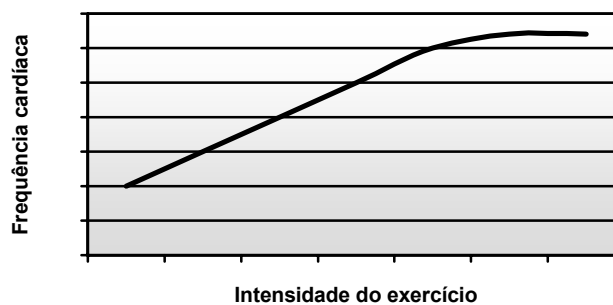


Figura 1. Modelo exemplificativo da evolução da frequência cardíaca com o aumento da intensidade do exercício.

No início do exercício verifica-se um rápido aumento da FC, VS e Q (Astrand et al., 1964; Scruggs et al., 1991; Powers e Howley, 1997). A FC e o Q aumentam quase imediatamente após a contracção muscular. Se a taxa de trabalho for constante e abaixo do limiar de lactato (descrito com maior pormenor no ponto 2.5.2), é alcançado um platô da FC, VS e Q após 2 ou 3 minutos. À medida que o exercício aumenta de intensidade, a FC e o Q aumentam em proporção directa com o VO_2 , atingindo um platô a 100% do VO_2 máx. Se o exercício for prolongado, o Q mantém-se a um nível constante ao longo da duração do exercício. No entanto, o VS diminui a partir de uma

determinada duração. Como mecanismo compensador para manter o Q, a FC vai aumentar o seu número de bpm. Este fenómeno observado durante o exercício prolongado é denominado *cardiovascular drift* (ou deriva cardiovascular, em tradução livre), e deve-se à redistribuição da circulação sanguínea por influência do aumento da temperatura corporal, vasodilatação cutânea e desidratação (redução no volume plasmático) e consequente redução no retorno venoso e volume sistólico em cada batimento.

2.5.1.3 – Determinação da frequência cardíaca

Para a sua monitorização, podemos utilizar um método palpatório (detectando a FC pelo pulso carotídeo ou radial), ou recorrer à ajuda de instrumentos específicos, para detectar e transmitir a FC, geralmente através de uma fita radiotransmissora e de um relógio preparado para receber e exibir os dados obtidos. Muitos ergómetros possuem também instrumentos de medição semelhantes incorporados, o que permite ao utilizador conhecer os valores da sua FC sem necessidade de recorrer a aparelhagem externa. Todavia, a utilização do cárdio-frequencímetro próprio dos ergómetros poderá não se revelar como um método confortável, prático ou mesmo preciso, dado que pode implicar que o indivíduo tenha que alterar substancialmente a biomecânica do seu movimento (p.e. colocando as palmas das mãos em locais específicos, enquanto realiza corrida no tapete rolante). Relembramos que, quando o objectivo é a determinação da $FC_{máx}E$, o teste deve ser maximal e o protocolo deve ter em consideração todas as características de um esforço aeróbio, bem como da duração do teste (não permitindo que fenómenos como o referido *cardiovascular drift* contaminem os resultados).

2.5.2 – Lactatemia

2.5.2.1 – Conceito e caracterização

O termo “lactatemia” diz respeito à concentração sanguínea de lactato encontrada no sangue venoso. A relação entre a evolução da concentração do lactato sanguíneo e a intensidade do exercício e a fadiga, tem sido estudada por um grande número de investigadores (Wasserman e McIlroy, 1964; Heck, 1990; Coen et al., 1991; Mader, 1991; Carter et al., 1999).

O lactato é formado após a degradação da glucose (glucólise), e a partir do piruvato. Este último apresenta-se como o produto final da glicólise e pode desempenhar duas funções: 1) transformar-se em lactato, através da enzima lactato desidrogenase (LDH); e/ou 2) entrar na mitocôndria, onde vai ser oxidado (ciclo de Krebs), e contribuir para a produção de ATP (adenosina tri fosfato). Neste ponto importa referir que alguns dos iões hidrogénio formados na degradação da glucose a AP e no ciclo de Krebs, ligam-se a duas coenzimas (NAD – nicotinamida adenina dinucleótico, transformando-se em NADH, e FAD – flavo andenina dinucleótido, transformando-se em FADH), entrando na cadeia transportadora de electrões, onde resultam como produtos finais em água e ATP (Wilmore e Costill, 2004). O lactato pode formar-se por várias razões, entre as quais encontramos a ausência do oxigénio, alteração do quociente NADH/NAD, intensidade ou velocidade aumentada da glicólise, aglomeração de piruvato, queda do pH (potencial de Hidrogénio – indicador de acidez), a valores excessivamente ácidos, e finalmente por falha ou deficiência dos chamados “mecanismos de lançadeira” (Brooks, 1991). O lactato formado também pode desempenhar várias funções: 1) ser transformado novamente em piruvato, pela enzima LDH; e 2) ser removido da célula muscular, indo para outros músculos ou fibras musculares (mais habilitadas para a metabolização do lactato), e/ou outros órgãos (o fígado recebe cerca de 60% do lactato sanguíneo), onde pode ser reconvertido a glucose (neoglucogénese), num ciclo (glucose-lactato-glucose) denominado “ciclo de Cori”.

Após um programa de treino não são esperadas diferenças substanciais nos valores de lactato a que ocorre o denominado limiar. Todavia, a intensidade do exercício a que ocorre esse mesmo valor, pode ser significativamente superior, isto é, apesar de não se constatarem diferenças nos valores ao limiar de lactato, ocorrem alterações fisiológicas fundamentais que vão possibilitar ao indivíduo treinado uma tolerância superior para uma mesma intensidade de exercício absoluta, bem como o aumento do limiar superior de intensidade absoluta. Assim, torna-se relevante salientar e esclarecer, que a concentração de lactato sanguíneo não representa a quantidade de lactato que está a ser produzida a nível muscular, mas sim a relação entre a produção e a remoção de lactato a nível muscular e capacidade de condução e eliminação pelo sangue e outros órgãos.

2.5.2.2 – Lactatemia e intensidade de exercício

Durante o repouso ou a realização de exercícios de baixa intensidade, a quantidade de piruvato formado é completamente oxidada, o que impede que a concentração de lactato aumente, permanecendo praticamente constante (Babineau e Leger, 1997; Brooks et al., 2000; Wilmore e Costill, 2004). À medida que a intensidade do exercício aumenta, o VO_2 cresce linearmente, mas a concentração de lactato não se altera significativamente até 60%-70% do $VO_{2máx}$ (Brooks et al., 1999; Wilmore e Costill, 2004), aumentando, no entanto, exponencialmente a intensidades superiores, principalmente devido à incapacidade das fibras rápidas (especialmente solicitadas a intensidades elevadas), metabolizarem eficazmente todo o piruvato produzido. Está demonstrado que, a partir de uma dada concentração sanguínea de lactato (variável para cada indivíduo), a sensação de cansaço aumenta substancialmente, obrigando o indivíduo a reduzir ou mesmo cessar a sua actividade (Wilmore e Costill, 2004). As razões para tal parecem estar associadas aos efeitos inibidores da condução do estímulo nervoso a nível da placa neuromuscular, à acção sobre o complexo actina-miosina (competindo com o cálcio), à acumulação de iões hidrogénio, o que leva a uma diminuição

do pH sanguíneo, gerando uma situação de acidose metabólica, onde os valores de pH encontrados são incompatíveis com uma boa coordenação e comunicação nervosa e muscular, prejudicando um grande número de reacções metabólicas e funcionais (Metzger e Moss, 1990; Lindiguer e Heigenhauser, 1991; McKenna, 1992; Balog et al., 1994; Fitts, 1994; Fitts e Balog, 1996; Metzger, 1996; Erdogan e Kurdak, 1999).

Como constatamos, a concentração de lactato depende da relação entre a capacidade de produção e a capacidade de remoção. Quanto mais eficazmente o organismo for capaz de remover o lactato formado, melhor conseguirá tolerar a intensidade do esforço, e em última instância, melhorar a sua performance ou rendimento. A capacidade de eliminação ou remoção do lactato poderá estar dependente, entre outros factores, da velocidade de reconversão do lactato a piruvato (pela LDH-H, enzima específica para esta transformação), e da concentração sanguínea de lactato. Neste último ponto, refira-se que as concentrações sanguíneas medidas (valores recolhidos), podem ser até 4 a 5 vezes inferiores àquelas encontradas nas fibras musculares (Brooks, 1991).

Dada a evidente utilidade do controlo da lactatemia no treino cardiovascular, a atenção de muitos investigadores centrou-se na determinação da intensidade crítica, a partir da qual se verifica um aumento acentuado da lactatemia em função do tempo, verificando-se, de facto, a existência de uma intensidade limiar (figura 2). Esta foi denominada por alguns autores, como estado de equilíbrio máximo de lactato (MaxLaSS – Maximum Lactate Steady State) (Haverty et al., 1988; Foxdal et al., 1994; Jones e Doust, 1998; Mader, 1991; Palmer et al., 1999). A este limiar, observável a partir do momento em que ocorre o referido aumento exponencial da concentração de lactato sanguíneo, em função da intensidade do esforço é, geralmente, atribuída a denominação de limiar anaeróbio.

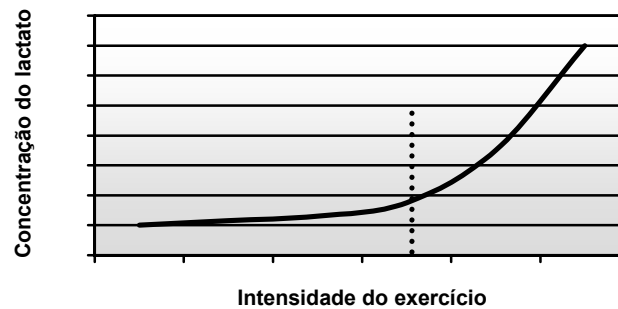


Figura 2. Modelo exemplificativo da evolução da concentração de lactato sanguíneo com o aumento da intensidade do exercício e limiar de lactato (a tracejado).

O limiar anaeróbio pode ser associado ao MaxLaSS, visto que o primeiro pretende expressar o segundo, e ambos se referem ao mesmo fenómeno. Todavia, é necessário esclarecer que a denominação “limiar anaeróbio” pode induzir o leitor a erros na interpretação do fenómeno. Foi já demonstrado que o ponto que nos referimos como limiar, não implica uma transição de um sistema aeróbio para outro anaeróbio, dado que o exercício pode continuar com características aeróbias. Mais importante, a diminuição do pH, leva ao desvio da curva da percentagem de saturação da hemoglobina para a direita, tendo como consequência uma menor saturação com o oxigénio, tornando-se mais fraca a sua ligação e favorecendo na realidade, a libertação e entrega deste a nível local (Wilmore e Costill, 2004). Desta forma, e por nos parecer mais apropriado pelas razões acima referidas, no nosso trabalho iremos utilizar os termos limiar de lactato (LL), para definir o ponto em que a produção de lactato começa a exceder a capacidade da sua remoção, ou seja, o ponto da perda de equilíbrio produção-remoção de lactato.

Pensamos ser de extrema importância referir que apesar de “lactato” e “ácido láctico” não serem sinónimos, a grande maioria dos investigadores utiliza ambos os termos indiscriminadamente para caracterizar a mesma substância (Brooks, 1991). Este facto é de primordial relevância quando se aborda e avalia a lactatemia, e fundamentalmente para a compreensão do fenómeno que decorre durante o esforço físico. Assim, o ácido láctico é uma substância “ácida”, sendo capaz de libertar iões, e o lactato é uma substância

“base”, sendo capaz de aceitar iões (Marzzoco, 1990). Como facilmente se pode depreender, esta distinção não diz respeito apenas à nomenclatura usada, mas também ao diferentes processos fisiológicos a que cada uma das substâncias poderá dar origem. Assim, o produto final da glicólise é o piruvato e este só pode transformar-se em lactato e nunca em ácido láctico. Ora, sendo o lactato uma substância “base” (capaz de tomar iões), aceita um ião de hidrogénio entretanto produzido durante os passos da glicólise, servindo de tampão e adiando a excessiva acidez do meio, isto é, fazendo precisamente o contrário do que a maior parte dos investigadores sugerem. Para além disso, vários estudos indicam que por cada molécula de ácido láctico existente num pH sanguíneo de 7,0 (relativamente baixo), teriam que existir 1380 moléculas de lactato, segundo a relação de equilíbrio “ácido-base” de Henderson-Hasselbalch (Marzzoco, 1990). Isto significa que mesmo que o ácido láctico fosse produzido, a sua quantidade final seria quase insignificante, não contribuindo para baixar o pH. Desta forma, nem o ácido láctico nem o lactato podem ser responsáveis pela diminuição do pH (o primeiro porque não é formado, e o segundo porque não é um ácido). Embora já discutido muito brevemente, as razões que levam à diminuição do pH não são relevantes para esta investigação, e não serão por isso, objecto de esclarecimento ou discussão adicionais. Contudo, os autores crêem que a confusão generalizada com os termos mencionados e o que se crê acontecer fisiologicamente nas fibras musculares, coloca algumas dúvidas na interpretação do fenómeno em muitos dos investigadores que abordam o tema do lactato, considerando por isso, este esclarecimento importante para a sua compreensão.

2.5.2.3 – Determinação da lactatemia

É possível determinar ou calcular a quantidade de lactato sanguíneo e/ou o LL através de métodos invasivos e não invasivos. Os primeiros recorrem a amostras sanguíneas e os segundos utilizam outros indicadores para calcular o LL, como a análise das trocas gasosas, a frequência cardíaca, ou mesmo as concentrações de glucose (Cellini et al., 1986; Kokubun, 1996; Simões et al.,

1999), entre outros. Todavia, a utilização do LL como metodologia para a prescrição do treino continua envolta em alguma controvérsia, principalmente no que diz respeito à forma da sua determinação não invasiva, dada a grande variedade de protocolos, e como tal, de resultados obtidos. (Brooks, 1991; Thoden, 1991).

As metodologias de avaliação directa do LL são aquelas que se baseiam na determinação das concentrações de lactato sanguíneas, normalmente através da análise de uma pequena quantidade recolhida do lóbulo da orelha ou da ponta de um dedo da mão. É possível encontrar na literatura especializada, uma grande variedade de procedimentos e protocolos para a sua realização. A análise gráfica da curva das concentrações de lactato sanguíneo, permite determinar dois tipos de limiar (Heck et al., 1985a; Wilmore e Costill, 2004). O primeiro indica o início do incremento da concentração de lactato acima dos valores de repouso, normalmente entre 0,5 e 2,2 mmol/l, e o segundo indica o ponto mais elevado de equilíbrio entre a produção e remoção de lactato, geralmente entre 1,4 e 7,5 mmol/l (Stegmann et al., 1981), sendo este último o referido LL por nós considerado e utilizado para distinguir as referidas duas zonas de treino. No que diz respeito aos métodos directos, verificou-se que, não apenas a intensidade, mas também a duração de cada patamar ou o tipo de protocolo utilizado, poderia influenciar de forma determinante o valor final encontrado (Yoshida, 1984; Mader, 1991; Billat et al., 1994; Billat, 2002). De facto, muitos dos métodos de determinação referidos sobrevalorizam, frequentemente, esse valor, induzindo em erro a sua extrapolação para efeitos do controlo do treino (Stegmann e Kindermann, 1982; Heck et al., 1985b; Mognoni et al., 1990; Billat et al., 1994; Billat, 2002). Alguns investigadores tentaram avançar com um valor médio de 4 mmol/l de lactato como forma de ultrapassar as dificuldades supracitadas na determinação do LL. Assim, satisfaria encontrar uma amostra com valores aproximados a 4 mmol/l para definir a intensidade e duração do esforço a eles correspondentes para determinar duas zonas de treino, uma acima e outra abaixo do LL (Heck et al., 1985a; Brooks, 1991; Mader, 1991), e, por consequência, a intensidade máxima do esforço em que se verifica um equilíbrio entre a produção e a

remoção de lactato. No entanto, e como sugerido anteriormente, os valores reais para o LL podem, e de facto variam, substancialmente de indivíduo para indivíduo (Stegmann et al., 1981), estando inclusivamente dependentes da disponibilidade prévia de glicogénio muscular (Maassen e Busse, 1989; Reilly e Woodbridge, 1999). A utilização da concentração de lactato no nosso trabalho, serviu apenas como critério comprovativo da maximalidade dos testes, aspecto descrito com maior pormenor no ponto 2.5.3.3. No entanto, a compreensão do fenómeno de formação, cinética e determinação do lactato, é fundamental para a correcta análise de outro indicador fisiológico considerado, o limiar ventilatório (ponto 2.5.4), dado que este não é mais que uma forma indirecta de avaliação do LL.

2.5.3 – Consumo máximo de oxigénio

2.5.3.1 – Conceito e caracterização

O consumo máximo de oxigénio, frequentemente designado por VO_2 máx, refere-se à capacidade máxima, dos músculos activos de determinado sujeito em captar, transportar e utilizar oxigénio (Astrand e Rodahl, 1986; Holly, 1993; ACSM, 2004; Santos, 2004; Wilmore e Costill, 2004). O VO_2 máx é a medida do metabolismo aeróbio, sendo por isso, frequentemente referido como expressão da potência máxima aeróbia (Holly 1993), e é considerado por alguns investigadores, como o melhor indicador da capacidade cardiovascular, uma vez que está directamente relacionado com o débito cardíaco, concentração de hemoglobina, actividade enzimática, densidade mitocondrial, quantidade de massa muscular, débito cardíaco, frequência cardíaca, conteúdo arterial de O_2 e com a capacidade extractiva de O_2 a nível muscular (diferença artério-venosa), (Astrand e Rodahl, 1986; Brandon, 1995; Santos, 2004). A conjugação destes últimos factores indica-nos a capacidade circulatória e extractiva do organismo, e determina o VO_2 máx que é expresso pela equação de Fick: VO_2 máx= $Q \cdot dif(a-v)O_2$, (onde “Q” representa

o débito cardíaco e “dif(a-v)O₂” representa a diferença artério-venosa de oxigénio).

A sua determinação pode exigir que o sujeito seja submetido a um esforço máximo, pelo que devemos ter presente que, nestas condições, o custo energético total não está unicamente associado à potência aeróbia, dependendo também do contributo do metabolismo anaeróbio (Holly, 1993). Outros factores podem influenciar o valor final do VO₂máx. Destes, os mais importantes (e largamente comprovados), são os procedimentos metodológicos, o potencial genético (Bouchard et al., 1992; McArdle et al., 1994; Wilmore e Costill, 1994; Rodas et al., 1998; Hagberg et al., 2001), o nível de treino (Malina e Bouchard, 1991; Hagerman et al., 1996), a composição corporal (Pollock et al., 1997; Armstrong, 1998), o género (Pate et al., 1987; Bouchard et al., 1998; Brooks et al., 1999) e a idade (Kasch et al., 1995; Jackson et al., 1996; Vuorimaa et al., 2000; Hawkins et al., 2001; Skinner et al., 2004). Assim, e segundo os mesmos autores, os valores mais elevados do VO₂máx poderão ser encontrados nos indivíduos com uma boa base genética, adequado nível de treino, massa muscular suficientemente desenvolvida, sexo masculino e de idade jovem.

O VO₂máx aumenta progressivamente até aos 18-20 anos, podendo ser apresentado em termos absolutos (em ml ou l de oxigénio) e/ou em termos relativos quando se pretende calcular o consumo máximo de oxigénio em função do peso do indivíduo (sendo neste último caso geralmente expresso em mlO₂/kg/min) (Astrand e Rodahl, 1986). Para um adulto do sexo masculino, os valores normais em termos absolutos rondam os 2,5 a 5 l/min, e em termos relativos os 35 a 75 ml/kg/min de oxigénio. Nas mulheres, os valores encontrados poderão ser ligeiramente mais baixos, rondando os 1,8 a 3,5 l/min em termos absolutos e os 30 a 65 ml/kg/min, em termos relativos. Estas diferenças entre sexos (valores médios até 25% mais elevados nos homens), podem ser justificadas, entre outros factores, pelas diferenças na composição corporal, pela quantidade de hemoglobina (transportadora de oxigénio), e pelo volume sistólico máximo, usualmente mais favoráveis no sexo masculino (Santos, 2004). Valores mais extremos podem ser encontrados em ambos os

sexos, dependendo essencialmente da condição física do sujeito considerado e de outros factores influenciadores do VO_2 máx, acima mencionados.

As possibilidades de incremento do VO_2 máx pelo treino são limitadas. Essas, como resultado do treino, situam-se em torno dos 20%, podendo ser superiores se a aptidão inicial do sujeito for baixa (Brooks et al., 1999; Santos, 2004; Wilmore e Costill, 2004). Tal como as restantes capacidades físicas, a melhoria do VO_2 máx por influência do treino, depende do nível de aptidão inicial, bem como do nível de treino (McArdle et al., 1994; McArdle et al., 1997; Santos, 2004). Quanto à magnitude do incremento em adultos, refira-se que está inversamente relacionada com o nível de AF habitual e com o valor de pré-treino do VO_2 máx (Rowland, 1996a), ou seja, um mesmo programa de treino terá repercussões cada vez menores conforme aumenta o nível de treino do sujeito (Rowland, 1996b). Como mencionado, as possibilidades de incremento do VO_2 máx pelo treino dependem, também, da idade dos sujeitos. Alguns estudos referem que a partir dos 19 anos, o VO_2 máx não apresenta melhorias significativas, e outros estudos longitudinais, realizados com sujeitos adultos mais velhos, referem perdas no VO_2 máx, apesar da manutenção do nível de treino (Trappe et al., 1996). Habitualmente, o valor mais elevado no VO_2 máx, ocorre num prazo de 18 meses de treino intenso de resistência, ainda que não se encontre estabelecida qual a melhor forma de potenciar esse mesmo valor máximo, nomeadamente no que se refere à intensidade e volume (Jones e Carter, 2000). No entanto, o rendimento pode continuar a evoluir por um período adicional de vários anos. Esta melhoria do rendimento, sem incremento do VO_2 máx deve-se, provavelmente, às melhorias verificadas no LL, i.e., na capacidade de sustentar o esforço a percentagens cada vez mais elevadas do VO_2 máx (Coyle et al., 1988; Wilmore e Costill, 1994).

2.5.3.2 – Consumo máximo de oxigénio e intensidade do exercício

Em repouso, a utilização do O_2 não difere entre sujeitos treinados e não treinados. Todavia, em esforço, o valor do VO_2 máx de um sujeito treinado pode ser o dobro de outro sedentário ou destreinado. O consumo de oxigénio pode

passar de 250ml/min em repouso para 2500ml/min em esforço (em sedentários), até mais de 5000ml/min, nos indivíduos treinados (Santos e Santos, 2002), aumentando linearmente com a intensidade do exercício, até percentagens muito próximos do máximo (figura 3).



Figura 3. Modelo exemplificativo da evolução do consumo de oxigênio com o aumento da intensidade do exercício.

Durante o exercício submáximo, o Q é responsável por cerca de 50% do aumento do VO_2 acima dos valores de repouso, sendo os restantes 50% justificados pela $\text{dif}(a-v)\text{O}_2$. A intensidades superiores, o Q torna-se o principal responsável (especialmente devido ao incremento da FC), chegando a justificar 75% do aumento do VO_2 , em exercícios à máxima intensidade (Santos, 2004).

2.5.3.3 – Determinação do consumo máximo de oxigênio

A determinação do $\text{VO}_{2\text{máx}}$ pode ser realizada através de métodos directos e indirectos. Nos métodos indirectos, o consumo máximo de oxigênio é determinado pela regressão linear entre o consumo de oxigênio e a FC, geralmente em testes sub-máximos. No entanto, e como referido no ponto 2.5.1, a labilidade da FC leva a que os métodos indirectos possam não apresentar valores correctos ou fiáveis (Santos, 2004). Já os métodos directos de avaliação do $\text{VO}_{2\text{máx}}$ pressupõem a medição directa das trocas gasosas durante a ventilação (espirometria), nomeadamente das fracções expiratórias

do O₂ e do CO₂, durante um exercício de intensidade progressiva até à exaustão (Baumgartner e Jackson, 1991; Santos, 2004).

A correcta avaliação do VO₂máx implica o cumprimento de um determinado conjunto de pressupostos (Santos, 2004): 1) o exercício deve envolver, pelo menos, 50% da massa muscular total; 2) deve ser contínuo, rítmico e realizado durante um período de tempo prolongado; 3) os resultados devem ser independentes da motivação ou habilidade motora para o ergómetro onde o testado é avaliado; 4) deve ser observado um platô no consumo de O₂, ou mesmo a sua redução, quando se atinge uma intensidade de exercício muito elevada e próxima da fadiga, ainda que o testado seja capaz de aumentar por mais alguns momentos; e 5) as avaliações devem ser realizadas em condições standardizadas, reduzindo o stresse de outros factores como sejam a temperatura e humidades extremas, facilitando desta forma, as comparações intra e inter-sujeitos. Na literatura podemos encontrar a definição de alguns critérios no sentido de avaliar se o VO₂máx foi ou não atingido. O critério principal é o da ocorrência de um platô no VO₂ (Maude e Foster, 1995; Duncan et al., 1997; Shephard, 2000; Santos, 2004), isto é, a observação de uma estabilização do VO₂, apesar de ser possível verificar um incremento na intensidade do esforço. No entanto, o facto de em aproximadamente 50% dos sujeitos o VO₂ não estabilizar nos níveis mais elevados (S^T Clair Gibson et al., 1999), levou ao estabelecimento de outros critérios, como a percepção subjectiva do esforço (PSE), dado que, num indivíduo treinado e familiarizado com esta escala, ele conseguirá apontar com grande precisão o momento do seu esforço máximo (Santos, 2004). Neste caso, o maior valor do consumo observado durante a realização do teste incremental, que coincidirá necessariamente com uma PSE máxima (ou próxima), poderá ser aceite como o VO₂máx obtido nesse ergómetro (Green e Patla, 1992; McArdle et al., 1994; Robergs e Roberts, 1997; Santos, 2004). O alcance de lactatemias superiores a 8 mmol/l no período de recuperação imediatamente após o esforço máximo, tem também sido sugerido como um dos critérios de comprovação de alcance do VO₂máx (Maude e Foster, 1995; Brooks et al., 1999; Santos, 2004). Ainda segundo os mesmos autores, um quociente respiratório (relação entre o

volume de dióxido de carbono libertado e o volume de oxigénio consumido), superior a 1 ou 1,1 na parte final do teste e o alcance de uma FC superior a 85% da $FC_{máxT}$, também podem ser critérios válidos para a comprovação da obtenção deste indicador fisiológico.

Na literatura especializada podemos verificar que existem vários testes para a determinação do $VO_2máx$ (Heyward, 1998; Billat et al., 1999; Smith et al., 1999; Renoux et al., 2000). O seu valor final está dependente de vários factores, dos quais podemos destacar o tipo de protocolo (Buchfuhrer et al., 1983; McConnell e Clark, 1988; Billat et al., 1996), tipo de ergómetro (Robergs e Roberts, 1997; Basset, 2000), e a duração do teste (Butts et al., 1991; Brooks et al., 1999; Kang et al., 2001), devido, essencialmente, à quantidade e tipo de massa muscular utilizadas e o anteriormente referido *drift* cardiovascular, factores fortemente condicionantes da capacidade de utilização muscular do oxigénio.

Dado que no nosso estudo iremos comparar o $VO_2máx$ alcançado em vários aparelhos, seria lógico utilizar o termo VO_2pico para cada ergómetro e não o termo $VO_2máx$ (que seria aplicado apenas ao valor máximo absoluto alcançado, independentemente do ergómetro). No entanto, estamos em crer que os termos separam algo que é indissociável, já que o $VO_2máx$ atingido é sempre em função de características determinadas (ergómetro, estado fisiológico do sujeito, etc.), sendo por isso, e em última análise também ele um VO_2pico , isto é, o volume máximo de oxigénio alcançado sob determinadas condições, e não o máximo absoluto. O que qualquer teste mede é efectivamente o VO_2pico , dado que nenhum pode garantir que o valor obtido é o mais alto possível, i.e., que o sujeito não consiga alcançar valores mais elevados em outra ocasião (em outro dia, outras condições atmosféricas, outro ergómetro, outras motivações, etc.). Alguns dos estudos apresentados utilizam a expressão $VO_2máx$, bem como VO_2pico , ou mesmo $FC_{máx}pico$, que deve igualmente ser entendida como a $FC_{máx}$ obtida num ergómetro ou modo de exercício específico. Todavia, e unicamente por uma questão de simplicidade, adoptaremos apenas os termos $VO_2máx$ ou $FC_{máx}$, para definir todos os valores

máximos obtidos por cada sujeito, no que diz respeito ao consumo de oxigénio e FC alcançados em cada ergómetro.

2.5.4 – Limiar ventilatório

2.5.4.1 – Conceito e caracterização

O limiar ventilatório (LV), foi proposto por Wasserman e McIlroy (1964), como uma forma não invasiva de determinar o LL. Vários métodos têm sido propostos e utilizados para a detecção do LV (Gaskill et al., 2001): 1) aumento do equivalente ventilatório para o oxigénio (EVO_2), sem aumento paralelo do equivalente ventilatório para o dióxido de carbono ($EVCO_2$); 2) perda da linearidade do aumento da ventilação/minuto; e 3) quebra da linearidade entre os aumentos dos volumes de dióxido de carbono e de oxigénio (método *V-slope*).

O EVO_2 é obtido mediante a divisão do volume de ar que entra e sai dos pulmões, ou ventilação pulmonar (V), pelo consumo de oxigénio (VE/VO_2), enquanto o $EVCO_2$, é observável através da divisão da ventilação pulmonar pelo volume de dióxido de carbono excretado (VE/VCO_2). O VE/VO_2 reflecte a necessidade ventilatória para um determinado consumo de oxigénio, sendo por isso considerado como um índice de eficiência ventilatória (quanto mais alto o valor, pior a relação entre ventilação e perfusão do oxigénio). Já o VE/VCO_2 representa a necessidade ventilatória necessária para a eliminação do CO_2 produzido. O seu valor não sofre alterações substanciais em esforços submáximos (em indivíduos normais), dado que a ventilação está fortemente dependente das concentrações de CO_2 sanguíneos que permanecem relativamente estáveis nessas condições (quando estas aumentam, a VE aumenta de forma quase proporcional).

2.5.4.2 – Limiar ventilatório e intensidade do exercício

O aumento da AF leva a alterações nos parâmetros analisados para a determinação do LV. Quando a intensidade do exercício ultrapassa o LL ocorrem vários fenómenos que ajudam a explicar estas alterações. A excessiva produção de lactato que resulta do desequilíbrio entre a produção e a remoção, o aumento da quantidade de iões de hidrogénio e a consequente descida do pH, levam (segundo alguns autores), a um processo de tamponamento do lactato, (numa tentativa de o tornar menos agressivo), ocorrendo então a ligação deste ao bicarbonato de sódio, sendo posteriormente formadas duas substâncias, o ácido carbónico e o lactato de sódio. Uma enzima (anidrase carbónica), actua no ácido carbónico, dissociando-o em água e dióxido de carbono. Esta rápida acumulação de dióxido de carbono no sangue (e respectiva descida do pH sanguíneo), vai estimular o centro respiratório bulbar, gerando hiperventilação (Wasserman et al., 1994; Myers, 1996). A hiperventilação que pode ser avaliada pelo “teste de falar”, surge associada ao LL, isto é, de uma forma muito grosseira, podemos afirmar que o momento do início da hiperventilação poderá estar associado ao LL (Persinger et al., 2004). A hiperventilação provocada, de forma a expelir mais dióxido de carbono e regularizar o pH sanguíneo, leva a reduzidas alterações no $EVCO_2$, mas um desequilíbrio substancialmente marcado no EVO_2 , que aumenta significativamente a partir de um determinado ponto, dado que o consumo de oxigénio não acompanha linearmente o aumento da ventilação, sendo esse ponto sensivelmente (mas não exactamente), coincidente com o LL. Aqui, ressalve-se porém, a existência de alguma controvérsia em torno da relação LL-LV (Davies, 1985). A falta de conhecimento acerca da importância relativa dos vários mecanismos responsáveis pela produção de lactato e da possível existência de outros mecanismos explicativos do LV, onde, refira-se, os indivíduos com a doença de McArdle não produzem lactato, mas apresentam um LV (Hagberg et al., 1982), e a frequente confusão entre ácido láctico e lactato, contribuem para a não unanimidade entre os vários investigadores acerca da referida relação. Adicionalmente, tem sido demonstrado que a

ingestão prévia de cafeína (Berry et al., 1991), a depleção de glicogénio (Hughes et al., 1982), a utilização aguda de beta-bloqueadores (Hambrecht et al., 1995) e a avaliação após um programa de treino aeróbio de médio prazo (Gaesser e Poole, 1986), podem contribuir para a dificuldade no estabelecimento da relação entre estes indicadores. Alguns estudos referem que o aumento da ventilação durante o exercício poderá estar associado a estímulos não humorais provenientes dos músculo activos e/ou do córtex motor, e não apenas devido ao aumento da concentração plasmática de dióxido de carbono e iões de hidrogénio (Svedahl e Macintosh, 2003).

Apesar da controvérsia, a maior parte dos investigadores não hesita em apontar a existência de dois comportamentos ventilatórios claramente distintos (entre outras alterações fisiológicas), antes e depois do LV, que, ainda que por mecanismos não completamente estabelecidos, apresentam uma forte correlação com o LL (Caiozzo et al., 1982; Dickstein et al., 1990; Ahmaidí et al., 1993; Wasserman et al., 1994; Wyatt, 1999).

2.5.4.3 – Determinação do limiar ventilatório

Como facilmente se constatará, a determinação do LV pressupõe a medição directa das trocas gasosas durante a ventilação, através da espirometria. Posteriormente, torna-se necessário recorrer à análise gráfica das curvas do EVO_2 e do $EVCO_2$ (figura 4), curva da ventilação, ou curvas dos volumes de oxigénio e de dióxido de carbono, para se determinar o LV, processo esse que pode ser de natureza manual ou automática, sendo neste caso necessário o recurso a software de análise específico (Wasserman e McIlroy, 1964). Quando a determinação é realizada manualmente, o avaliador deverá ter alguma experiência nesta área, dado o seu carácter algo subjectivo. O método dos EV (relação entre a EVO_2 e $EVCO_2$), parece ser o método (dos três referidos no ponto 2.5.4.1), que mais se relaciona com o LL, e será por isso o método utilizado pelos autores na presente investigação para a determinação do LV (Caiozzo et al., 1982; Gaskill et al., 2001).

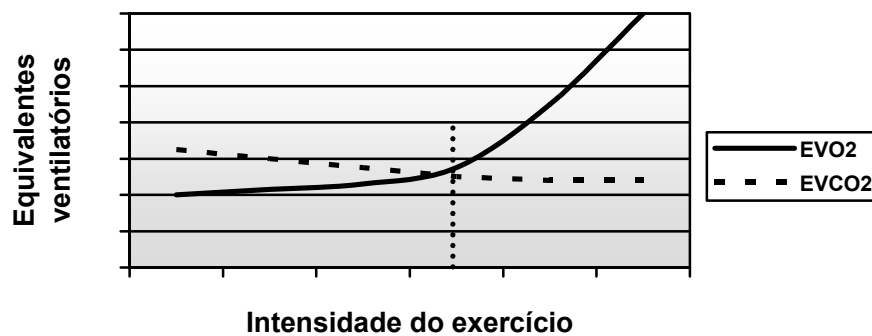


Figura 4. Modelo exemplificativo da evolução das curvas do EVO_2 (equivalente ventilatório para o oxigénio) e do $EVCO_2$ (equivalente ventilatório para o dióxido de carbono), com o aumento da intensidade do exercício e limiar ventilatório (a tracejado).

2.5.5 – Relações entre os vários indicadores

A elevada correlação existente entre os diversos indicadores, possibilita a determinação da intensidade do exercício através de qualquer um dos métodos analisados (FC, lactatemia, VO_2 máx e LV). No entanto, o VO_2 máx, e principalmente a FC, serão aqueles mais facilmente empregues na prescrição do treino cardiovascular nos ginásios. De qualquer forma, a FC não deve ser utilizada isoladamente (Hofman et al., 1994; Hutsteiner et al., 1996; Meyer et al., 1999; Vachon et al., 1999), devido à grande variabilidade inter-individual. A FC deve ser complementada com outros parâmetros fisiológicos (Bragada, 2001), essencialmente com aqueles baseados na avaliação da lactatemia (Jousselin e Stephan, 1984; Francis et al., 1989; Gilman e Wells, 1993; Foster et al., 1999; Meyer et al., 1999). No entanto, no contexto dos ginásios, a utilização de outros parâmetros fisiológicos de avaliação poderá revelar-se de difícil implementação, dado o carácter menos prático e mais dispendioso que estes apresentam (exceptuando a sensação subjectiva de esforço).

Em 1982, Conconi e colaboradores propuseram um método não invasivo de determinação do LL (Conconi et al., 1982). Os autores constataram que em todos os atletas analisados, o aumento da FC era linear com o aumento da intensidade do esforço, em intensidades submáximas, mas verificaram que a

curva de FC deflectia acima dessas mesmas intensidades, atingindo um platô. Os investigadores propuseram que o início dessa deflexão coincidia com o LL (Conconi et al., 1982). Adicionalmente referiram que este método não invasivo de determinação do LL, seria também aplicável em outros desportos aeróbios e não apenas na modalidade de atletismo (Droghetti et al., 1985; Conconi et al., 1988; Ballarin et al., 1989; Ballarin et al., 1996; Conconi et al., 1996). Todavia, outros investigadores observaram que a curva de deflexão da FC a elevadas intensidades de esforço apenas se verificava numa reduzida percentagem de atletas (Ribeiro et al., 1985; Astrand e Rodahl, 1986; Heck et al., 1988; Sumsion et al., 1989; Tokmakidis e Leger, 1992), comparando com a totalidade dos sujeitos testados por Conconi (Conconi et al., 1982), não suportando a validade deste método (Goodman et al., 1986; Lacour et al., 1987; Tokmakidis e Leger, 1992), ou contestando a sua metodologia de avaliação (Heck e Hollmann, 1992; Jones e Doust, 1997). Para alimentar ainda mais a polémica, outros autores verificaram que a curva de deflexão da FC tem tendência a sobrestimar o LL, quando este é avaliado por um método invasivo (Kuipers et al., 1988; Leger e Tokmakidis, 1988; Tokmakidis e Leger, 1992; Parker et al., 1997). Mais recentemente, outro autor verificou que, em atletas treinados, o LL ocorre a aproximadamente 90% da $FC_{máx}$ (Daniels, 1998). Outros autores testaram ciclistas de elite australianos, referindo que o LL ocorre entre os 82 a 92% da $FC_{máx}$, conforme o seu nível de treino (Craig et al., 1993), e entre os 71 a 89% nos corredores de elite americanos, também em função do seu nível de treino, i.e., quanto mais elevado o nível do atleta, maior a percentagem da $FC_{máx}$ a que ocorre o LL (Farrell et al., 1979). Estes estudos parecem indicar que, embora uma determinada percentagem da $FC_{máx}$ possa estar associada ao LL, os resultados continuam a ser marcadamente distintos, sobretudo quando obtidos em diferentes modos de exercício, o que manifestamente dificulta a sua utilização generalizada.

Quanto à relação entre a $FC_{máx}$ e o $VO_{2máx}$, podemos encontrar na literatura diferentes tabelas comparativas, que partem do pressuposto que a FC se relaciona linearmente com o VO_2 ao longo das diferentes cargas e até final do exercício. No entanto, há algumas sugestões que apontam para que a FC

atinga o seu valor máximo a um nível de carga ligeiramente inferior ao necessário para atingir o VO_2 máx. Desta forma, vários investigadores têm estudado a relação entre a FC e o VO_2 (Leger, 1994; Gilman, 1996; Swain et al., 1998; Bot e Hollander, 2000; Achten e Jeukendrup, 2003), e alguns demonstraram que ambos podem variar em função do ergómetro ou tipo de exercício que está a ser realizado. Por exemplo, no ciclo-ergómetro, verificou-se que os valores da $FC_{máx}$ e VO_2 máx, são geralmente até 15% inferiores aos alcançados pelos mesmos indivíduos, mas no tapete rolante ou em corrida (Jacobs e Sjoedin, 1985; Bouckaert et al., 1990; Brooks et al., 1999; Powers e Howley, 2000; Skinner et al., 2000). Todavia, quando se avaliam atletas especialistas numa dada modalidade, os resultados podem variar, dado que, por exemplo, os ciclistas alcançam um VO_2 máx mais elevado na bicicleta que no tapete (Bouckaert et al., 1990), evidenciando claramente que a especificidade do treino pode influir nos resultados finais. Nos ergómetros que solicitam exclusivamente os MS (como a manivela), é reportado um VO_2 máx cerca de $\frac{1}{3}$ inferior aos que se atingem quando se utilizam exclusivamente os MI (Astrand e Saltin, 1961; Zwiren e Bar-Or, 1975; Bergh et al., 1976; Franklin et al., 1983). Foi também reportado que a magnitude das respostas fisiológicas e o stresse por elas imposta é maior nos ergómetros que solicitam exclusivamente os MS, para uma intensidade submáxima relativa semelhante (Bobbert, 1960; Vokac et al., 1975; Wolfe et al., 1977; Glaser et al., 1981; Glaser et al., 1983). Outros autores avaliaram também as respostas na $FC_{máx}$ e no VO_2 máx em quatro ou mais modos de exercício, revelando diferenças na $FC_{máx}$ entre ergómetros a uma dada percentagem do VO_2 máx (Londeree et al., 1995; Martins e Sardinha, 2003), ou diferenças em vários parâmetros a uma dada percentagem da $FC_{máx}$ (Abrantes, 2004). Bishop et al. (1989), compararam as respostas da FC e do VO_2 à mesma intensidade percebida na corrida em tapete e na piscina, obtendo valores significativamente menores no segundo modo de exercício. Tanaka et al. (1991), compararam as respostas fisiológicas do VO_2 máx e $FC_{máx}$ em três modos distintos de exercício (tapete, bicicleta e bicicleta reclinada), descobrindo que os valores mais elevados eram obtidos no tapete rolante. Yasuda et al. (2002), referem que os valores do VO_2

e da FC são mais elevados na bicicleta que na manivela, quando comparados com uma mesma percentagem do LV ajustado para cada ergómetro.

Entre o VO_2 máx e a concentração de lactato é também possível estabelecer comparações. Alguns autores referem que o LL é obtido entre os 50 e os 60% do VO_2 máx nos indivíduos sedentários e entre os 70 a 80% do VO_2 máx para os atletas de elite de resistência (Wilmore e Costill, 2004).

Em relação ao LV, podemos referir que dada a sua estreita relação com o LL, o mesmo poderá ser utilizado para a comparação com outros indicadores fisiológicos. Assim, alguns estudos compararam os LV em diferentes modos de exercício através de testes de esforço máximo. Smith et al. (1996), não encontraram diferenças significativas na percentagem do VO_2 máx a que ocorrem os LV em seis tipos diferentes de ergómetros (tapete rolante, *skier* simples, *skier* complexo, *step*, bicicleta e remo). Outros estudos verificaram que a taxa máxima de utilização de gordura ocorre a cerca de 40% do VO_2 máx (ajustado para cada ergómetro), em ambos os ergómetros testados, tapete e bicicleta (Glass et al., 1999). Já Persinger et al. (2004), relatam diferenças quanto à FC ao LV e quanto ao VO_2 ao LV, no tapete rolante e bicicleta. Estes investigadores concluíram que no tapete, o LV ocorre a 77% do VO_2 pico, e na bicicleta a 67% (relembramos que o VO_2 pico indica o VO_2 alcançado especificamente num ergómetro, mas é uma terminologia que não será por nós empregue na apresentação dos dados obtidos neste trabalho). Quanto à FC, os mesmos referem que o LV ocorre a 89% da $FC_{máx}$ pico no tapete e a 82% da $FC_{máx}$ pico na bicicleta. DuManoir et al. (2005), reportam igualmente diferenças entre o LV em três modos de exercício distintos (patinagem, corrida e ciclismo). Para estes investigadores, o LV ocorreu a 61,3% do VO_2 máx no ciclismo, a 69,6% na patinagem e a 75,3% do VO_2 máx na corrida.

Contudo, refira-se que mesmo nos estudos que evidenciam diferenças nos parâmetros fisiológicos em função da utilização de diferentes ergómetros, não é sugerida qualquer recomendação para a prescrição do exercício.

De qualquer forma, gostaríamos de evidenciar alguns pontos que podem contribuir para a variedade das respostas encontradas, e que poderão comprometer a validade e/ou comparabilidade de alguns desses dados: 1) as

respostas avaliadas são normalmente referenciadas a uma dada percentagem de $FC_{máx}$ ou do $VO_2máx$. Como ambos são diferentes em cada ergómetro, os resultados obtidos serão também necessariamente diferentes, isto é, a FC obtida no tapete em exercício a 50% do $VO_2máx$, será necessariamente diferente da FC obtida na bicicleta a igual intensidade; 2) a $FC_{máx}$ ou o $VO_2máx$ considerados são normalmente obtidos em apenas um ergómetro (geralmente o tapete rolante), e extrapolados para os demais. Assim, como as respostas fisiológicas são distintas de ergómetro para ergómetro, treinar a 50% de 60 ml/kg/min no tapete e na bicicleta (p.e.), implicam respostas significativamente diferentes, já que na bicicleta não são normalmente obtidos valores de $VO_2máx$ tão elevados. Ou seja, na bicicleta, o indivíduo que se exercita a 30 ml/kg/min, estará a treinar a mais do que os pretendidos 50%. Os valores devem ser referenciados a cada ergómetro; 3) são várias as pesquisas onde o valor máximo da FC é obtido através de fórmulas teóricas, o que pode originar graves erros de avaliação e prescrição; 4) os protocolos utilizados são distintos de ergómetro para ergómetro; e 5) a duração do teste num mesmo ergómetro varia de indivíduo para indivíduo (devido aos protocolos utilizados), o que pode originar, por si só, valores significativamente diferentes no $VO_2máx$, no LV e na $FC_{máx}$.

Como se percebe, qualquer um destes indicadores poderá ser utilizado na prescrição da intensidade do exercício. Todavia, quando tentamos compará-los, verificamos que a investigação apresenta valores algo diferentes, embora não contraditórios. Assim, é possível estabelecer uma comparação entre os quatro indicadores fisiológicos considerados (quadro 3), salientando contudo, o intervalo significativo em relação ao momento da ocorrência dos LL e LV, fruto das diferenças nos resultados das investigações acima referidas (adaptado de Howley e Franks, 1992).

Quadro 3 – Comparação entre os 4 indicadores fisiológicos considerados para o presente estudo (adaptado de Howley e Franks, 1992).

FC_{máx}	VO₂máx	LL	LV
66	50		
70	55	Sedentários	Sedentários
74	60	✓	✓
77	65	✓	✓
81	70	✓	✓
85	75	✓	✓
88	80	✓	✓
92	85	Atletas de elite	Atletas de elite
96	90		

Legenda: ✓ - zona onde é possível verificar-se o respectivo limiar. Geralmente, quanto mais treinado é o indivíduo, maior será a percentagem da FC_{máx} ou do VO₂máx a que ocorrem os limiares de lactato e ventilatórios.

2.6 – Recomendações para o treino cardiovascular

As recomendações para o treino cardiovascular têm sofrido algumas alterações nos últimos 16 anos, fruto inequívoco da evolução das investigações epidemiológicas, mas também resultado da evidente falta de compreensão acerca da melhor e mais eficaz forma de treino (essencialmente quanto às variáveis da intensidade e duração), para qualquer objectivo pretendido (quadro 4).

Quadro 4 – Evolução das recomendações para a Actividade Física (Caspersen, 2006).

Ano	Organização	Recomendações
1990	ACSM	20-60 min. 60 a 80% do VO ₂ máx, 3-5 x/sem
1991	DHHS, Healthy People 2000	30 min. intensidade leve a moderada, regularmente (preferencialmente todos os dias)
1992	AHA	30 a 60 min. de exercícios dinâmicos, 3 a 4 x/sem.
1995	CDC / ACSM	30+ min. acumulados de intensidade moderada, na maior parte dos dias
1996	NIH	30+ min. acumulados de intensidade moderada, na maior parte dos dias
2002	IOM	60+ min. acumulados de intensidade moderada, todos os dias
2005	US Dietary Guidelines	Doença crónica: 30+ min. int. Moderada, diária Ganho de peso: 60+ min. int. mod. diária Perda de peso: 60 a 90 min. int. mod. Diária

Legenda: ACSM – American College of Sports Medicine; DHHS – Department of Health and Human Services; AHA – American Heart Association; CDC – Centres for Disease Control and Prevention; NIH – National Institutes of Health; IOM – Institute of Medicine; US – United States.

Pela observação do quadro anterior, é possível constatar que a maioria das recomendações são demasiado generalistas e mesmo vagas, principalmente no que diz respeito à variável “intensidade”, dado que os termos usados, como “leve” e “moderada”, são frequentemente de interpretação livre e, como tal, de carácter potencialmente subjectivo. A pensar nisso, a ACSM (1998), recomendou uma intensidade mais objectiva, com o recurso a dois indicadores fisiológicos, a FC e o VO_2 máx. Assim, para esta instituição, a intensidade da AF (para populações ditas “normais” ou indivíduos aparentemente saudáveis), deverá estar entre os 55/65 e os 90% da $FC_{máx}$, ou entre os 40/50 e os 85% do $VO_{2reserva}$ ($VO_2máx - VO_2$ em repouso), ou $FC_{reserva}$ ($FC_{máx} - FC$ em repouso). Todavia, reparamos que o intervalo das intensidades continua com pouca especificidade, dada a sua enorme amplitude.

De forma a atender às necessidades particulares dos objectivos individualizados (p.e. perda de gordura), foram desenvolvidas várias propostas para o treino cardiovascular (Garganta, 2002), que se caracterizam pela apresentação de zonas ou intensidades específicas, segundo os objectivos pretendidos (quadro e figuras seguintes).

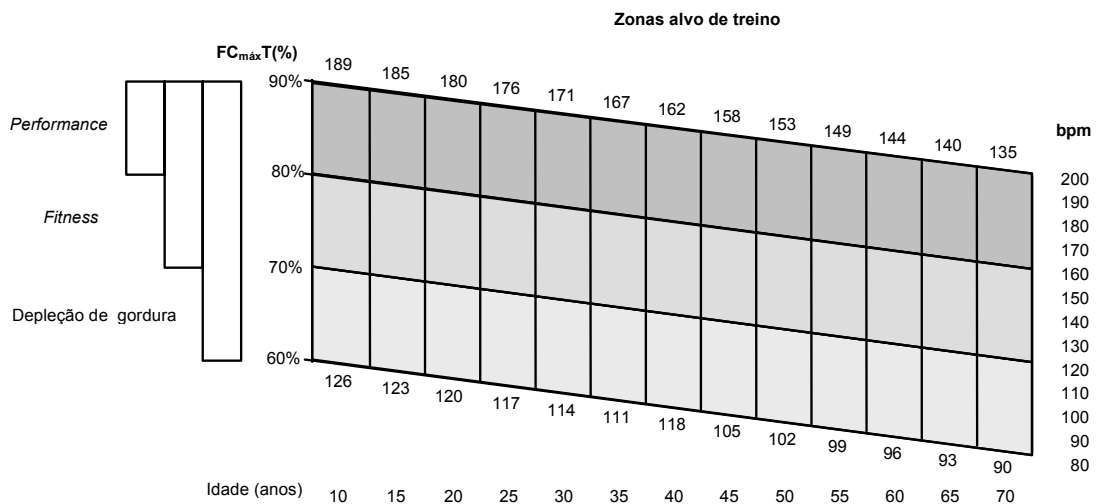


Figura 5. 1ª proposta para a Actividade Física, segundo cada objectivo.

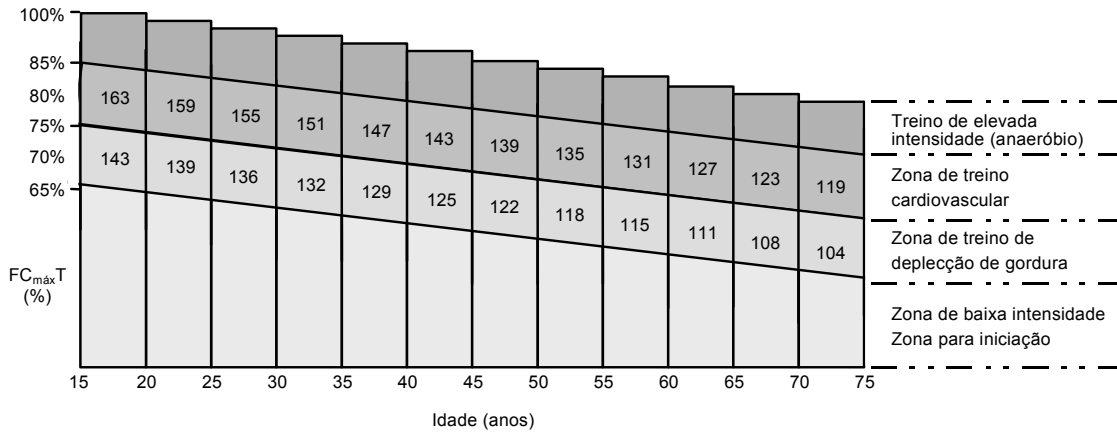


Figura 6. 2ª proposta para a Actividade Física, segundo cada objectivo.

Quadro 5 – 3ª proposta para a Actividade Física, segundo cada objectivo.

	Actividade moderada (diária)	Depleção de gordura	Treino aeróbio	Melhoria da aptidão física (fitness)	Melhoria da performance
Intensidade	baixa	baixa a moderada	moderada a elevada	elevada	elevada a maximal
FC_{max} (%)	50-60 %	60-70 %	70-80 %	80-90 %	90-100 %
Objectivo	melhorar o bem-estar e promover a saúde cardiovascular		melhorar a aptidão física	melhorar a capacidade de resistência e da aptidão física.	
População alvo	iniciantes, sedentários, pessoas com excesso de peso, reabilitação		pessoas que se exercitam com regularidade	pessoas que praticam AF e não apresentam problemas de saúde	

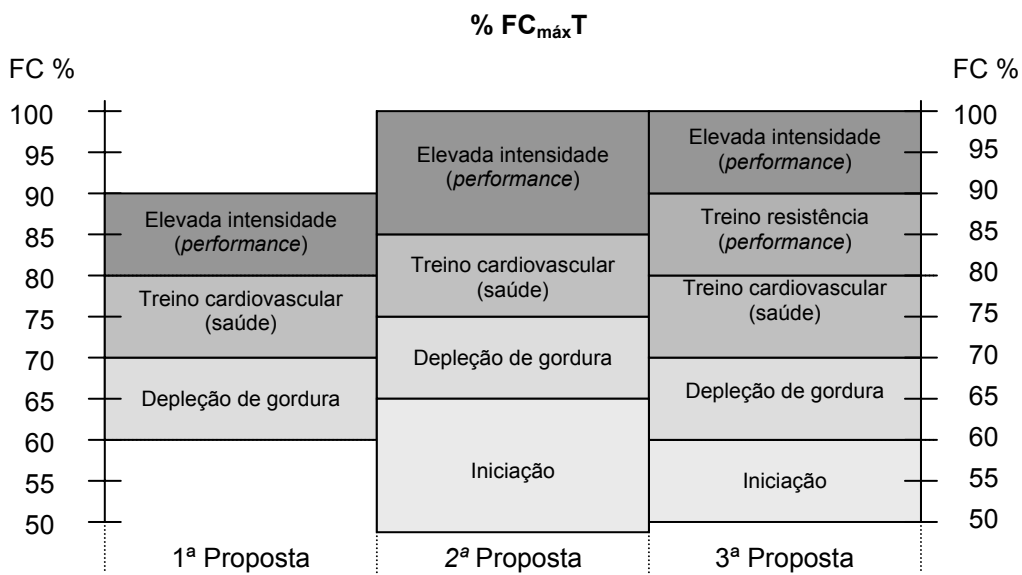


Figura 7. Resumo das propostas para a Actividade Física, segundo cada objectivo.

Desta forma, o indivíduo saberá a que intensidade treinar para alcançar o seu objectivo. Estas recomendações podem facilmente ser encontradas numa boa parte dos livros da especialidade, nos relógios de monitorização da FC, ou nos ergómetros mais frequentemente utilizados nos ginásios, onde as marcas utilizam uma proposta idêntica ou semelhante às apresentadas, colocando-a, muito frequentemente, nos seus painéis de instrumentos. Assim, as recomendações já consideram o objectivo individual e utilizam também a idade para completar a prescrição (geralmente com o recurso a fórmulas teóricas). Contudo, as diversas propostas apresentadas, aplicam-se a qualquer modo de exercício, já que as mesmas não variam segundo o ergómetro utilizado. Este facto apresenta-se como o primeiro problema nas actuais sugestões para a prescrição do treino cardiovascular, visto que, cada ergómetro ou modo de exercício coloca exigências fisiológicas distintas, fruto das diferenças na quantidade e qualidade de massa muscular envolvida (Thomas et al., 1995; Hoffman et al., 1996; Zeni et al., 1996; Kravitz et al., 1997; Buckley et al., 1999), tipo de contracção muscular (Montoliu et al., 1997; Carter et al., 2000), especificidade do treino (Boukaert et al., 1990), do retorno venoso, posição corporal, factores periféricos e centrais (Shephard et al., 1988; Pluto et al., 1988), estimulação neural (Hinrichs, 1980), e padrão de contracção muscular (Mayo, 1998; Mayo et al., 1999). Dado que a $FC_{máx}E$ é distinta em cada ergómetro, as percentagens recomendadas deveriam ser em função dos valores obtidos em cada um deles. Fornecendo um exemplo concreto: um indivíduo possui uma $FC_{máx}E$ de 200 bpm (determinada no tapete), e para atingir o seu objectivo tem que se exercitar a 80% dessa, ou seja, a 160 bpm. Contudo, se o mesmo pretender exercitar-se na bicicleta, e tendo em conta que a estimativa aponta para um valor da $FC_{máx}$ até 15% inferior à do tapete (em vez de 200, digamos 180 bpm), os 160 bpm não corresponderão a 80, mas sim a 90%, saindo claramente da sua zona alvo de treino, com consequências fisiológicas nitidamente distintas das pretendidas. Ou seja, a determinação da $FC_{máx}$ deverá ser sempre em função de cada ergómetro e só a partir daí poderemos estabelecer a percentagem necessária ao treino em cada um deles.

Coloca-se, no entanto, outro problema que importa esclarecer. Tomemos como exemplo o mesmo indivíduo: $FC_{máx}E$ no tapete de 200 bpm (treinar a 80% significa 160 bpm), e $FC_{máx}E$ na bicicleta de 180 bpm (treinar a 80% significa 144 bpm). Será que treinar à mesma percentagem da $FC_{máx}$ em diferentes ergómetros, mesmo com valores ajustados, implica respostas fisiológicas semelhantes? No caso anterior, treinar a 160 bpm no tapete e a 144 na bicicleta provocarão as mesmas respostas fisiológicas pretendidas? E em última análise, será que os limiares ocorrem sempre à mesma percentagem no treino cardiovascular, ou os mesmos diferem em função do modo de exercício, colocando assim ainda mais uma condicionante ao treino com recurso a vários ergómetros? Em estudos referidos no ponto 2.5.5, constatámos que o LV podia ocorrer às mesmas ou a diferentes percentagens do $VO_{2máx}$ ou da $FC_{máx}$, segundo o ergómetro ou modo de exercício (dependendo do estudo). Contudo, todos os valores foram obtidos através de um protocolo que não limitava a duração do teste, isto é, os sujeitos avaliados realizaram testes com durações distintas, o que, novamente, poderá condicionar os resultados obtidos. De qualquer forma, e apesar de alguma investigação existente nesta área, as recomendações continuam a não ter em conta a variável ergómetro ou modo de exercício utilizado. Neste ponto, e após uma vasta e minuciosa pesquisa, não nos foi possível encontrar nenhuma referência que efectuasse o planeamento do treino em função dos valores máximos obtidos, e mais aprofundadamente, considerando a eventualidade da percentagem a que ocorrem os limiares ventilatórios também ser distinta. Nesta extensa lista bibliográfica consultada, poderemos inclusivamente encontrar muitas publicações de entidades de renome internacional (ACSM, 1990; AHA, 1992; CDC/ACSM – através de Pate et al., 1995; DHHS, 1996; NIH, 1996; ACSM, 1998; IOM, 2002; NASPE, 2003), onde se incluem os mais de 60 sítios da *internet* acedidos em Agosto de 2006 (anexo A), que atestam o facto das recomendações não terem em conta os factores supracitados.

Estão assim identificados os dois grandes problemas actuais da prescrição do exercício cardiovascular nos ginásios, e que nos conduziram à realização desta investigação: 1) a não tomada em consideração dos valores

da $FC_{\text{máx}}$ e do $VO_{2\text{máx}}$, específicos de cada ergómetro; e 2) o não conhecimento e/ou tomada em consideração das percentagens relativas da $FC_{\text{máx}}$ e do $VO_{2\text{máx}}$ a que ocorrem os limiares ventilatórios em cada ergómetro.

Não é demais lembrar que a investigação nesta temática pretende preencher a lacuna existente na informação relativa às exigências específicas de cada ergómetro, bem como contribuir para a evolução fundamentada da prescrição do exercício de uma forma geral, e, em especial, nos ginásios e *health-clubs*, contribuindo para uma maior eficácia dos programas de treino e bem-estar dos seus praticantes.

3 – Material e métodos

3 – Material e métodos

3.1 – Amostra

A amostra é constituída por 6 indivíduos caucasianos adultos (5 do sexo masculino e 1 do sexo feminino), com idades médias de 30 ± 8 anos. A sua altura média é de 174 ± 5 cm, e o seu peso médio é de 71 ± 6 kg (quadro 6).

Todos os avaliados são praticantes regulares de actividade física e estão familiarizados com os ergómetros (e não especializados em nenhum deles). São não fumadores, não medicados e não reportam qualquer doença ou condição limitadora da execução dos testes máximos, ou potencialmente modificadora dos padrões de respostas fisiológicas normais ao incremento da intensidade do exercício, encontrando-se na categoria de indivíduos “aparentemente saudáveis” (ACSM, 2004).

Todos preencheram voluntariamente uma ficha de declaração de consentimento para a realização dos testes, onde são mencionados os procedimentos e riscos que os mesmos comportam (anexo B).

Quadro 6 – Resumo das características dos sujeitos avaliados.

Sujeito	Sexo	Idade	Peso (kg)	Altura (cm)
a	M	23	82	182
b	M	44	67	175
c	M	32	73	174
d	M	32	72	174
e	F	23	63	165
f	M	26	71	172
		$30 \pm 7,97$	$71,3 \pm 6,41$	$173,7 \pm 5,47$

3.2 – Protocolo dos testes

As diferentes estimativas foram realizadas através de testes de cariz maximal, de incremento progressivo da carga. A sequência utilizada foi a seguinte: 1) 5 min. de aquecimento; 2) 2 min. de retorno à calma; 3) 5 min. no 1º patamar; 4) incremento de carga de minuto a minuto até completar 10 min. tendo em consideração que no final do teste se atingisse a capacidade máxima de esforço.

Apesar da quantidade de protocolos de avaliação disponível, foi adoptado um especificamente para esta investigação. A sua escolha residiu na necessidade de uniformização da avaliação em todos os ergómetros, bem como na definição do tempo de realização do próprio teste em cada indivíduo. Assim, com a duração específica de 10 min. pretende-se não só a standardização do tempo máximo de exercitação (dado extremamente relevante e que pode influenciar significativamente os resultados alcançados), mas também a obtenção dos valores mais elevados possíveis em todos os ergómetros, especialmente quanto ao VO_2 máx (Astorino et al., 2005). De resto, a metodologia adoptada está de acordo com as indicações mais precisas para a determinação da $FC_{máx}$ e do VO_2 máx, referidas nos pontos 2.5.1.3 e 2.5.3.3.

3.3 – Monitorização dos testes

Os testes foram monitorizados através da FC (banda polar com registos de respiração a respiração), das trocas gasosas, (Oxímetro Cortex 2000, com registos de respiração a respiração) e da escala de Borg, adaptada com 10 níveis, com registos manuais a cada minuto (anexo C). Todos os avaliados estavam familiarizados com a utilização da referida escala, bem como da máscara do aparelho de trocas gasosas. Cada indivíduo realizou as provas com máscara de tamanho adequado.

A maximalidade dos testes foi confirmada com o recurso ao comportamento da FC, do VO_2 , do quociente respiratório, da escala de Borg adaptada (Borg, 2000), e da lactatemia final (com recurso ao aparelho portátil da marca “Lactate Pro”), de acordo com as recomendações referidas no ponto 2.5.3.3.

3.4 – Material utilizado

Os ergómetros alvo de avaliação foram os seguintes: tapete rolante da marca “Stex”, modelo “7020 T”; ciclo-ergómetro vertical ou bicicleta da marca “SciFit”, modelo “Iso 1000”; elíptica da marca “Pulse”, modelo “280 F” (utilização de MI e MS); e ergómetro manual ou manivela da marca “SciFit”, modelo “Pro 1000”.

O lactato final foi medido com um aparelho portátil “Lactate Pro”. Este aparelho, apesar de portátil, foi estudado por diversos investigadores (comparando-o com vários modelos, entre os quais o de referência, da marca *Yellow Spring Instruments*), sendo encontradas elevadas correlações com os modelos de referência, (Medbø et al., 2000; Pyne et al., 2000; McNaughton et al., 2002; Owen et al., 2004; Van Someren et al., 2005).

O oxímetro utilizado foi o da marca “Cortex”, modelo “2000”, com registos de respiração a respiração (incluindo a FC).

O computador utilizado foi o da marca “Acer”, modelo “Travelmate 4000”.

Os valores da temperatura e humidade foram obtidos através do aparelho da marca “FLUKE”, modelo “971”.

Adicionalmente foi utilizado todo o material indispensável para a recolha sanguínea, como luvas, lancetas, álcool ou algodão.

3.5 – Condições dos testes

Sabendo da influência que os factores externos podem exercer nos resultados fisiológicos, e principalmente quando os testes são efectuados em momentos distintos, procuramos controlar as condições de realização da melhor forma possível.

Assim, a temperatura e humidade da sala, controladas por aparelhos de ar condicionado, foram mantidas próximas dos 24° centígrados e dos 65% de humidade relativa do ar, em ambos os ginásios (Fashion Club e Life Club). Não existia vento e não foi accionada qualquer ventoinha nos aparelhos que as possuíam ao longo de todo o período de avaliação. A sensação de ruído foi caracterizada por avaliados e avaliadores como “confortável”, tendo sido para tal, escolhidos apenas os horários com reduzida taxa de ocupação. Foi pedido aos avaliados para efectuarem os testes sempre com o mesmo equipamento (ou muito semelhante). Cada avaliado realizou os testes sempre à mesma hora do dia (ou muito aproximada). Foi também indicado aos sujeitos que se alimentassem num intervalo de tempo entre as 3 e as 5 horas antes da avaliação. Adicionalmente, solicitamos aos participantes que não realizassem o seu treino habitual durante o período dos testes. Cada indivíduo realizou os mesmos com um intervalo mínimo de 96 e máximo de 120 horas. O elemento do sexo feminino não se encontrava em fase de menstruação no intervalo de tempo que mediou a realização dos 4 testes. Este, foi, no conjunto de todos os participantes, de cerca de um mês e meio (entre Setembro e Outubro).

O tapete rolante foi o primeiro ergómetro onde os sujeitos foram testados, seguidos da bicicleta, manivela e elíptica. A duração máxima individual de 15 dias para a realização dos testes, sendo essa a única exercitação nesse período, não permite mudanças substanciais de rendimento do primeiro para o quarto e último teste.

3.6 – Procedimentos estatísticos

As variáveis em análise foram a $FC_{máx}$, a FC média alcançada ao limiar ventilatório, o $VO_{2máx}$. e o VO_2 alcançado ao limiar ventilatório.

Para a análise preliminar recorreu-se ao estudo exploratório dos dados de forma a avaliar os pressupostos essenciais da análise estatística: (1) normalidade da distribuição em cada variável e, (2) a presença de *outliers*. Para analisar a normalidade da distribuição foi usado a prova de Shapiro-Wilk, recorrendo também à análise dos índices de assimetria e de curtose. A detecção de *outliers* univariados foi feita recorrendo à análise gráfica “caule-e-folhas”.

A análise das diferenças entre os indicadores avaliados, foi efectuada a partir da ANOVA (*Analysis of Variance*) de medidas repetidas *General Linear Model*, recorrendo ao teste multivariado com a sugestão de Lambda de Wilks. No caso de se registarem diferenças com significado estatístico, as múltiplas comparações foram realizadas através do “teste de Bonferroni”. O nível de significância foi mantido em 0,05.

Todos os dados foram tratados com o recurso ao software informático “SPSS (Statistical Products and Service Solutions) – versão 14” e “Microsoft Excel 2003”.

4 – Apresentação e discussão dos resultados

4 – Apresentação e discussão dos resultados

Antes de procedermos à apresentação e discussão dos resultados, gostaríamos de referir que a maximalidade dos testes foi confirmada por todos os indicadores considerados no ponto 2.5.3.3. Em apenas um teste, um dos indicadores (lactatemia), não confirmou a maximalidade do mesmo. Para tal deve ter contribuído a contaminação pela sudação na recolha sanguínea de lactato, reduzindo o seu valor final. Mesmo neste caso, as amostras sanguíneas recolhidas posteriormente, revelaram valores congruentes com o esforço máximo.

Este capítulo encontra-se organizado de forma a começarmos por apresentar e discutir os resultados relativos à FC e ao VO_2 , seguidos de uma discussão global dos mesmos, onde se interligam todos os indicadores. Finalmente, serão apresentadas algumas considerações e sugestões relevantes para a prescrição do exercício.

4.1 – Frequência cardíaca

4.1.1 – Frequência cardíaca máxima por indivíduo

Na figura 8 são apresentadas as $FC_{máx}$ obtidas por cada indivíduo em cada ergómetro.

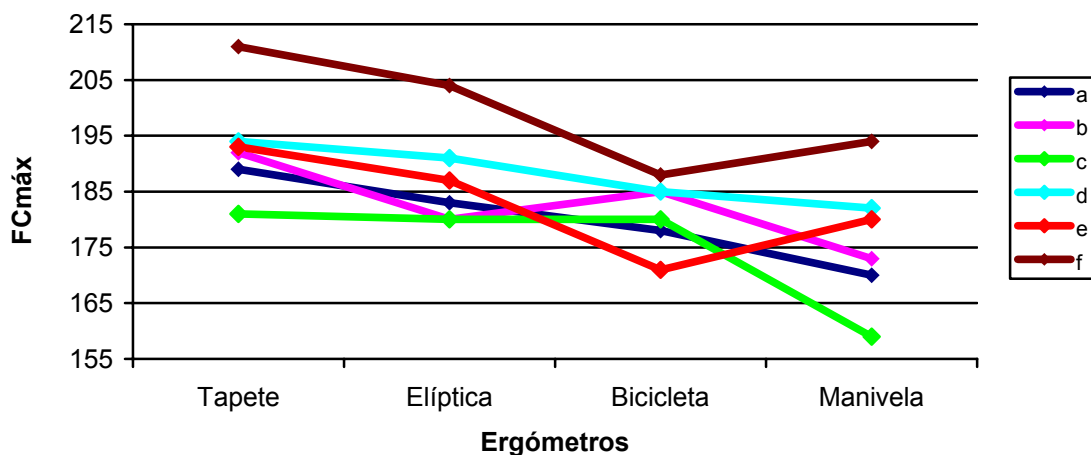


Figura 8. Valores da $FC_{máx}$ (frequência cardíaca máxima) alcançados por cada sujeito, em cada ergómetro.

Pela sua análise, podemos verificar que os valores da $FC_{máx}$ alcançados por cada indivíduo são geralmente distintos em todos os ergómetros. De salientar, que na generalidade, o sujeito “f” obteve sempre os valores mais elevados, seguido pelo sujeito “d”. Pela observação da mesma figura, verificamos que as posições relativas dos outros sujeitos revelam poucas alterações.

A amplitude dos valores da $FC_{máx}$ obtida na manivela foi de 35 bpm, no tapete de 30, na elíptica de 24, e na bicicleta de 17 bpm.

Os valores encontrados para as diferenças em cada indivíduo segundo o ergómetro, estão de acordo com os resultados obtidos pela maioria dos investigadores (Jacobs e Sjoedin, 1985; Bouckaert et al., 1990; Brooks et al., 1999; Powers e Howley, 2000; Skinner et al., 2000), que reportam diferenças

semelhantes. Saliente-se que apenas um dos indivíduos obteve valores iguais em dois ergómetros distintos (sujeito “c”, na elíptica e bicicleta). Estes resultados sugerem que a prescrição do treino em vários modos de exercício deverá ter em conta os diferentes valores da $FC_{máx}$ passíveis de serem alcançados nos mesmos.

Sendo a FC caracterizada por uma grande variedade inter-individual, ela não deverá ser utilizada para comparar o esforço em diferentes indivíduos (Meyer et al., 1999; Vachon et al., 1999), mas apenas para o caracterizar num mesmo indivíduo e ergómetro (ou modo de exercício). Colocando um exemplo prático, podemos referir que exercitar a 150 bpm no tapete não significará necessariamente a mesma intensidade para dois indivíduos, ou no mesmo indivíduo, mas em ergómetros distintos. Tal facto sugere que a FC não é apenas reflexo do trabalho muscular (quanto mais trabalho, mais FC), mas está relacionada com outros factores, sejam eles genéticos, fisiológicos e/ou bioquímicos (Wilmore e Costill, 2004).

Estes resultados remetem-nos para outro erro comum que se tem vindo a cometer na prescrição do exercício cardiovascular e que se relaciona com a utilização de fórmulas teóricas de predição da $FC_{máx}$. No quadro 7 podemos observar os valores individuais da $FC_{máx}$ de esforço ou real ($FC_{máx}E$), e os valores calculados teoricamente ($FC_{máx}T$), através da fórmula “220-idade”, para todos os testes, incluindo a diferença entre os dois.

Quadro 7 – Comparação das $FC_{máx}E$ (frequências cardíacas máximas de esforço), com as $FC_{máx}T$ (frequências cardíacas máximas teóricas) obtidas por cada indivíduo em cada ergómetro e a diferença entre as duas (dif.).

	Tapete			Elíptica			Bicicleta			Manivela		
	$FC_{máx}E$	$FC_{máx}T$	dif.	$FC_{máx}E$	$FC_{máx}T$	dif.	$FC_{máx}E$	$FC_{máx}T$	dif.	$FC_{máx}E$	$FC_{máx}T$	dif.
a	189	197	8	183	197	14	178	197	19	170	197	27
b	192	176	16	180	176	4	185	176	9	173	176	3
c	191	188	3	180	188	8	180	188	8	159	188	29
d	194	188	6	191	188	3	185	188	3	182	188	6
e	193	197	4	187	197	10	171	197	26	180	197	17
f	211	194	17	204	194	10	188	194	6	194	194	0

Os valores obtidos na $FC_{máx}E$ são substancialmente distintos daqueles calculados teoricamente. Em apenas 1 dos 24 testes (sujeito “f”, manivela), a $FC_{máx}E$ foi idêntica à $FC_{máx}T$. Estes resultados confirmam a extrema imprecisão da utilização da fórmula ($FC_{máx}=220-idade$). Globalmente, quando analisamos os valores obtidos e os calculados teoricamente, verificamos que estes diferem entre os 3 e 17 bpm no tapete rolante, os 3 e 14 na elíptica, os 3 e 26 na bicicleta e os 0 e 29 bpm na manivela. Acrescente-se que outras fórmulas teóricas de predição da $FC_{máx}$ poderiam ser utilizadas para esta comparação, sem que provavelmente os resultados diferissem muito, dado o erro padrão elevado que todas apresentam (Robergs e Landwehr, 2002).

Com base nestes resultados, sugere-se que as fórmulas teóricas sejam evitadas na avaliação e prescrição do exercício.

4.1.2 – Frequência cardíaca máxima por ergómetro

A média da $FC_{máx}$ alcançada é distinta em todos os ergómetros. Destes, aquele que, em média, suscita valores mais elevados é o tapete (195 bpm) seguido da elíptica (188), bicicleta (181) e, por fim, a manivela (176 bpm) (figura 9). A ANOVA multivariada revelou diferenças entre pelo menos dois ergómetros (Λ de Wilks=0.051, $F=18.757$; $p=0.019$). Através do teste de múltiplas comparações foi possível detectar diferenças com significado estatístico entre quatro das seis comparações (as excepções ocorreram entre a elíptica e bicicleta, e entre a bicicleta e manivela, como é possível constatar no quadro 8). Apesar disso, podemos referir que mesmo estas últimas podem ser consideradas substantivamente relevantes quando se prescreve exercício cardiovascular. Estes resultados podem estar relacionados com a pequena dimensão amostral e conseqüente aumento do erro padrão de estimativa. Na figura 10 podemos observar os valores médios e os intervalos de confiança para a média das $FC_{máx}$ alcançadas em cada ergómetro.

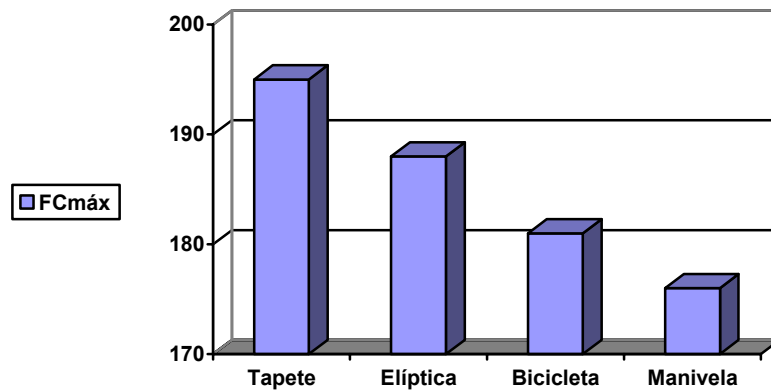


Figura 9. Média das $FC_{máx}$ (frequências cardíacas máximas) alcançadas em cada ergómetro.

Quadro 8 – Valor da prova (p) relativo às múltiplas comparações entre ergómetros, para a frequência cardíaca máxima.

	Elíptica	Bicicleta	Manivela
Tapete	0,017	0,026	0,008
Elíptica		0,756	0,022
Bicicleta			1,000

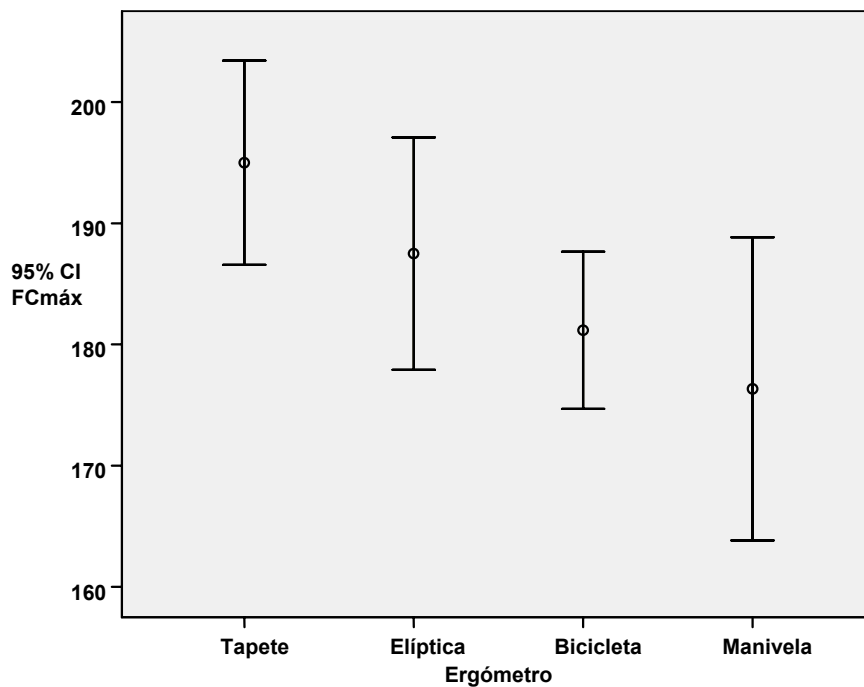


Figura 10. Valores médios e intervalos de confiança para a média das $FC_{máx}$ (frequências cardíacas máximas) alcançadas em cada ergómetro.

No quadro 9 é evidenciada a comparação entre as $FC_{máx}$ dos vários ergómetros, tendo como referência a $FC_{máx}$ obtida no tapete rolante.

Quadro 9 – Estimativa da correspondência entre as frequências cardíacas máximas obtidas nos vários ergómetros, tendo como referência aquela obtida no tapete rolante.

	Elíptica	Bicicleta	Manivela
Tapete	96%	93%	90%
Elíptica		96%	94%
Bicicleta			97%

As diferenças percentuais da $FC_{máx}$ nos vários ergómetros reflectem as distintas exigências fisiológicas. Os valores mais elevados são obtidos no ergómetro onde os sujeitos têm que suportar o seu próprio peso (tapete rolante), dado que o esforço necessário para manter o indivíduo numa posição erecta e contra a força da gravidade, requer geralmente uma quantidade de massa muscular mais elevada (Brahler e Blank, 1994; ACSM, 2004). Nos ergómetros que suportam o peso corporal, as diferenças devem-se, sobretudo, à quantidade de massa muscular utilizada (Thomas et al., 1995; Hoffman et al., 1996; Zeni et al., 1996; Kravitz et al., 1997; Buckley et al., 1999). Neste caso, aquele onde são alcançados os segundos valores mais elevados (elíptica), solicita ambos os membros, enquanto na bicicleta apenas são solicitados os MI e na manivela os MS.

4.1.3 – Frequência cardíaca ao limiar ventilatório

No que se refere à $FCLim$, ou seja, a FC a que ocorre o limiar ventilatório, verificou-se que os valores são distintos em todos os ergómetros. Aquele que, em média, suscita uma FC mais elevada ao limiar é o tapete (184 bpm), seguido da elíptica (165 bpm), em terceiro a bicicleta (161 bpm) e, por fim, a manivela (151 bpm) (figura 11). A ANOVA multivariada revelou diferenças entre pelo menos dois ergómetros (Λ de Wilks=0.018, $F=55.145$;

$p=0.004$). Tal como na $FC_{máx}$, existem diferenças estatisticamente significativas entre quatro das seis comparações (as exceções ocorreram entre a elíptica e bicicleta, e entre a bicicleta e manivela, como é possível constatar no quadro 10). Na figura 12 é possível observar os valores médios e os intervalos de confiança para a FCLim.

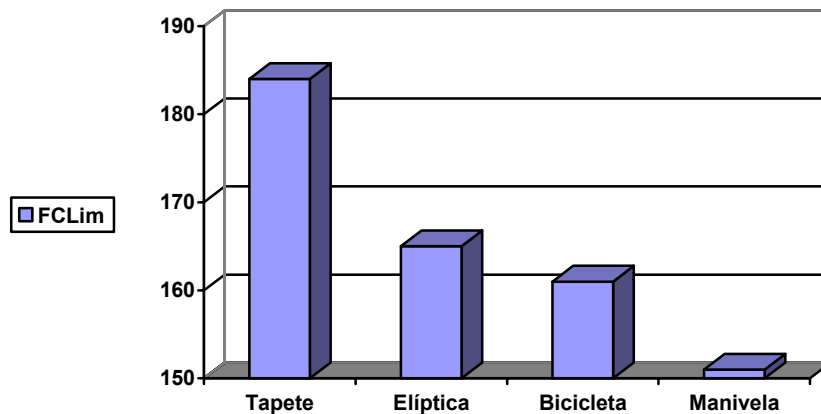


Figura 11. Valores da frequência cardíaca a que ocorre o limiar ventilatório (FCLim), segundo cada ergómetro.

Quadro 10 – Valor da prova (p) relativo às múltiplas comparações entre ergómetros, para a frequência cardíaca ao limiar ventilatório.

	Elíptica	Bicicleta	Manivela
Tapete	0,001	0,002	0,001
Elíptica		0,767	0,005
Bicicleta			0,177

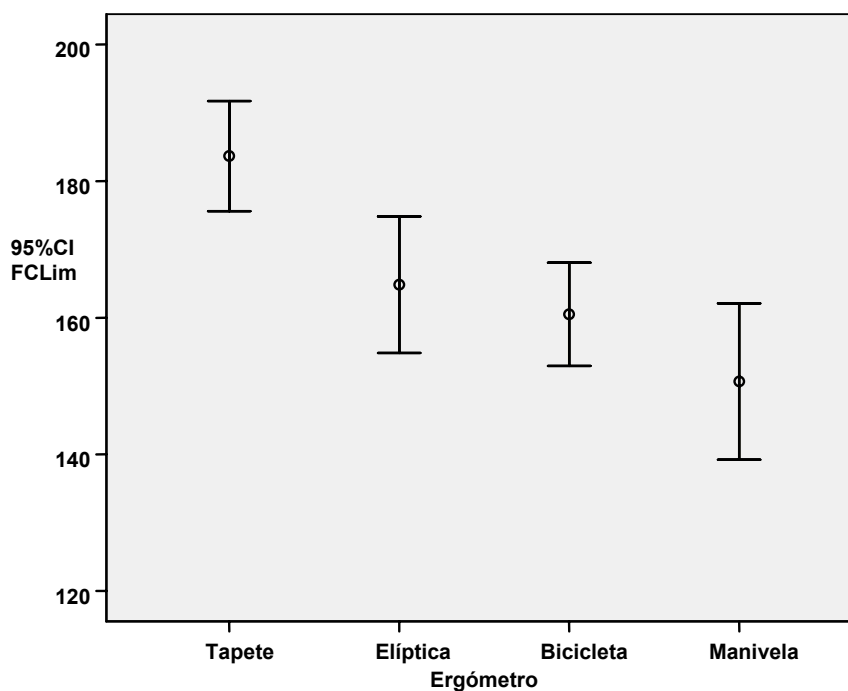


Figura 12. Valores médios e intervalos de confiança para a frequência cardíaca média alcançada ao limiar ventilatório (FCLim), em cada ergômetro.

Através dos resultados obtidos, é possível estimar as percentagens da $FC_{máx}$ a que ocorrem os LV ($PerFC_{máx}$), em cada ergômetro (quadro 11).

Quadro 11 – Valores médios das percentagens da frequência cardíaca máxima a que ocorrem os limiares ventilatórios em cada ergômetro ($PerFC_{máx}$).

	PerFC_{máx}
Tapete	94
Elíptica	88
Bicicleta	89
Manivela	86

Outros investigadores que estudaram esta relação (Persinger et al., 2004), encontraram valores semelhantes, embora ligeiramente mais baixos (89% da $FC_{máx}$ no tapete e 82% da $FC_{máx}$ na bicicleta). A ocorrência de percentagens mais baixas pode estar relacionada com o tipo de protocolo ou

com diferenças nos níveis de condição física, tal como reportam as investigações efectuadas por Craig et al. (1993) e Farrell et al. (1979), que, embora utilizando o LL, relatam que este ocorria entre os 82 e os 92% da $FC_{máx}$ em ciclistas e entre os 71 e os 89% nos corredores (respectivamente), conforme o seu nível de rendimento (relação directa).

Nota: os valores individuais da frequência cardíaca ao limiar e do consumo de oxigénio ao limiar não serão apresentados, dado que o comportamento destes é semelhante aos restantes dados individuais. Esta coerência permite apresentar e discutir os dados ao limiar por ergómetro, evitando uma apresentação demasiado extensiva.

4.2 – Consumo de oxigénio

4.2.1 – Consumo máximo de oxigénio por indivíduo

Na figura 13 é apresentado o VO_2 máx obtido por cada indivíduo em cada ergómetro.

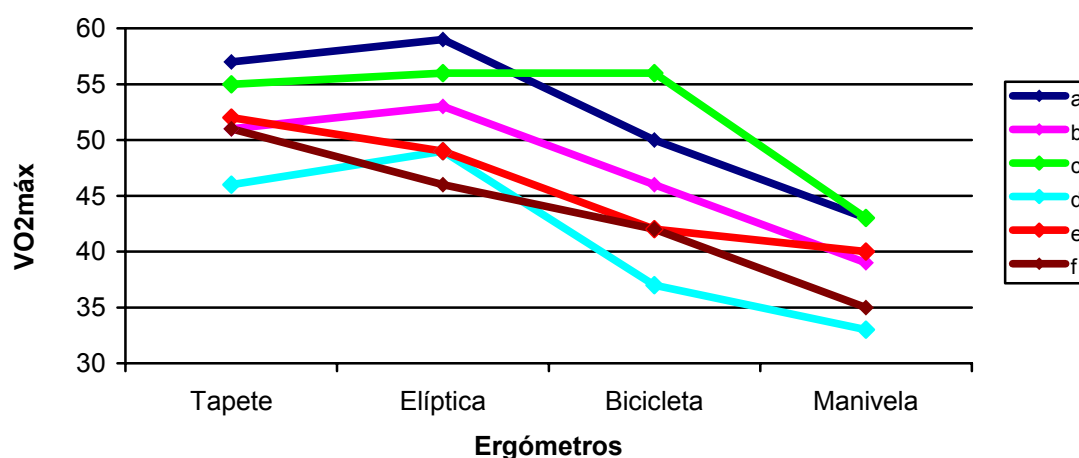


Figura 13. Valores do VO_2 máx (consumo máximo de oxigénio) alcançados por cada sujeito, em cada ergómetro.

Pela sua análise, podemos verificar que os valores do VO_2 máx alcançados por cada indivíduo são geralmente distintos em todos os ergómetros. Os valores mais elevados foram sempre alcançados pelos sujeitos “a” ou “c” e os mais baixos pelos sujeitos “d” ou “f”.

A amplitude dos valores do VO_2 máx na bicicleta foi de 19 ml/kg/min de O_2 , na elíptica de 13, no tapete 11 e na manivela de 7 ml/kg/min de O_2 .

Os nossos resultados encontram-se em consonância com os apresentados por outros investigadores (Astrand e Saltin, 1961; Stenberg et al., 1967; Zwiren e Bar-Or, 1975; Bergh et al., 1976; Franklin et al., 1983). Saliente-se que apenas um dos indivíduos obteve o mesmo valor de VO_2 máx em dois ergómetros distintos (sujeito “c”, na elíptica e bicicleta), facto aliás idêntico ao

sucedido quanto à $FC_{máx}$ no mesmo indivíduo. Mais uma vez, os resultados sugerem que a prescrição do treino em vários modos de exercício deverá ter em conta as respectivas especificidades.

Refira-se que os valores absolutos não serão alvo de discussão. No entanto, e a título meramente informativo, podemos referir que de um modo geral, os mesmos estão de acordo com as características apontadas para esta população, ou seja, indivíduos fisicamente activos, com um nível de treino “moderado”, mas não especializados em nenhum dos modos de exercício (Wilmore e Costill, 2004).

4.2.2 – Consumo máximo de oxigénio por ergómetro

A média do $VO_2máx$ alcançado em cada ergómetro é distinta entre todos os ergómetros, excepto entre tapete e elíptica. Nestes, foi registada uma média de 52 ml/kg/min, enquanto que na bicicleta a média foi de 46, e na manivela de 39 ml/kg/min de O_2 (figura 14). A ANOVA multivariada detectou diferenças entre pelo menos dois ergómetros (Λ de Wilks=0.009, $F=109.628$; $p=0.001$). O teste de múltiplas comparações permitiu identificar diferenças com significado estatístico apenas entre a manivela e todos os outros ergómetros (quadro 12). Na figura 15 podemos observar os valores médios e os intervalos de confiança para o $VO_2máx$ em cada ergómetro.

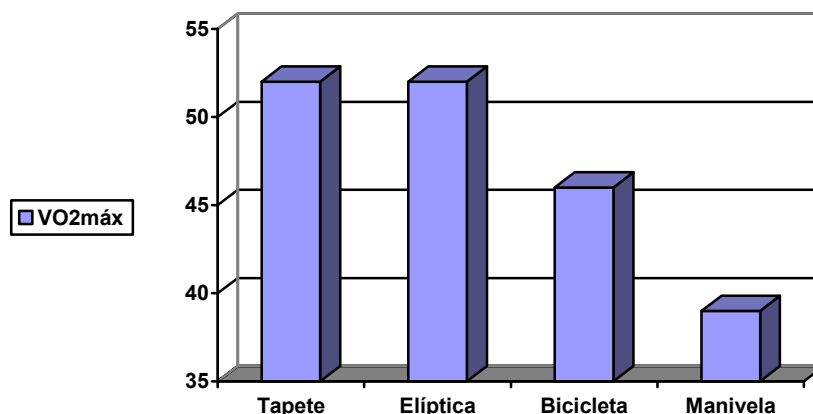


Figura 14. Média do $VO_2máx$ (consumo máximo de oxigénio) alcançado em cada ergómetro.

Quadro 12 – Valor da prova (p) relativo às múltiplas comparações entre ergómetros, para o consumo máximo de oxigénio.

	Elíptica	Bicicleta	Manivela
Tapete	1,000	0,069	0,001
Elíptica		0,072	0,001
Bicicleta			0,043

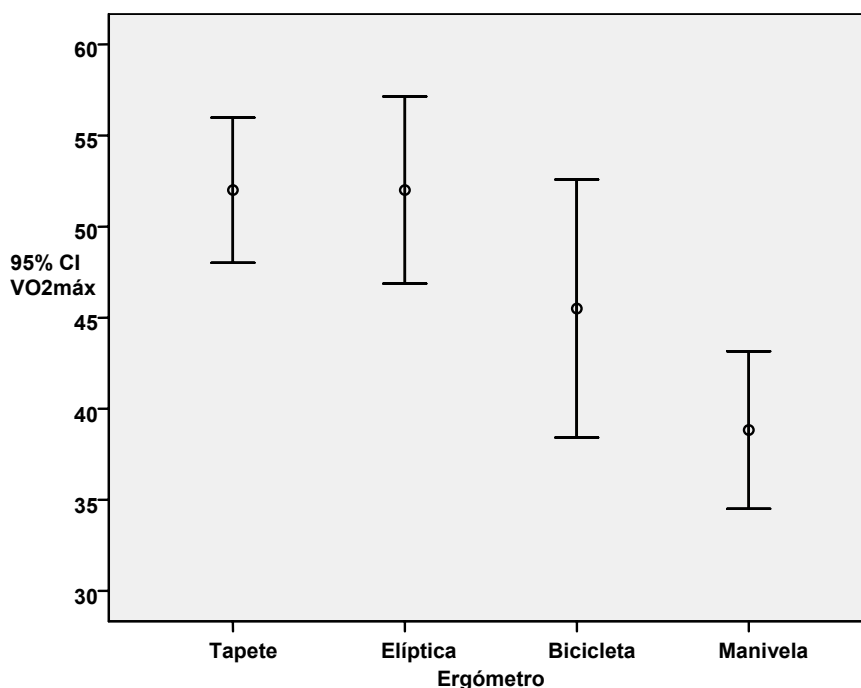


Figura 15. Valores médios e intervalos de confiança para o VO₂máx (consumo máximo de oxigénio) em cada ergómetro.

No quadro 13 é apresentada a comparação entre os VO₂máx nos vários ergómetros, tendo como referência o VO₂máx obtido no tapete rolante ou elíptica.

Quadro 13 – Estimativa da correspondência entre os consumos máximos de oxigénio obtidos nos vários ergómetros, tendo como referência os valores obtidos no tapete e/ou elíptica.

	Bicicleta	Manivela
Tapete e Elíptica	89%	75%
Bicicleta		85%

Também neste caso, as diferenças percentuais do $VO_{2\text{máx}}$, reflectem as distintas exigências fisiológicas de cada ergómetro. É de supor que o suporte do peso corporal levará a um $VO_{2\text{máx}}$ mais elevado (Brahler e Blank, 1994; ACSM, 2004). Todavia, não foram observadas diferenças entre os $VO_{2\text{máx}}$ do tapete e da elíptica. A justificação para este facto poderá estar relacionada com a utilização de quantidades de massa muscular semelhantes (Hoffman et al., 1996; Zeni et al., 1996), dada a forte solicitação adicional dos MS na elíptica, o que poderá contrabalançar a maior exigência relativa dos MI no tapete rolante.

4.2.3 – Consumo de oxigénio ao limiar ventilatório

No que se refere ao $VO_{2\text{Lim}}$, ou seja, o VO_{2} a que ocorre o limiar ventilatório, verificou-se que os valores são distintos em todos os ergómetros. Aquele que em média, suscita um valor mais elevado é o tapete (48 ml/kg/min) seguido da elíptica (42 ml/kg/min), em terceiro a bicicleta (37 ml/kg/min) e, por fim, a manivela (29 ml/kg/min) (figura 16). A ANOVA multivariada detectou diferenças entre pelo menos dois ergómetros (Λ de Wilks=0.005, $F=213.794$; $p=0.001$). O teste de múltiplas comparações permitiu identificar diferenças com significado estatístico entre o tapete e bicicleta, entre o tapete e manivela, e entre a elíptica e manivela (quadro 14). Na figura 17 é possível observar os valores médios e os intervalos de confiança do $VO_{2\text{Lim}}$ de cada ergómetro.

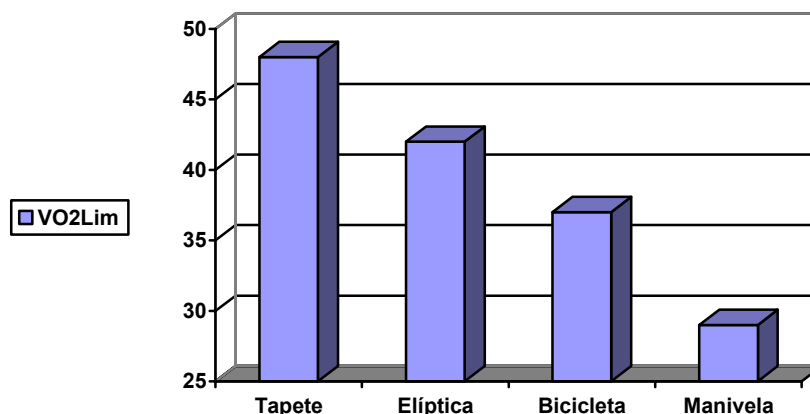


Figura 16. Valores do consumo de oxigénio ao limiar ventilatório, por ergómetro ($VO_{2\text{Lim}}$).

Quadro 14 – Valor da prova (p) relativo às múltiplas comparações entre ergómetros, para o consumo de oxigénio ao limiar ventilatório.

	Elíptica	Bicicleta	Manivela
Tapete	0,111	0,004	0,001
Elíptica		0,201	0,004
Bicicleta			0,074

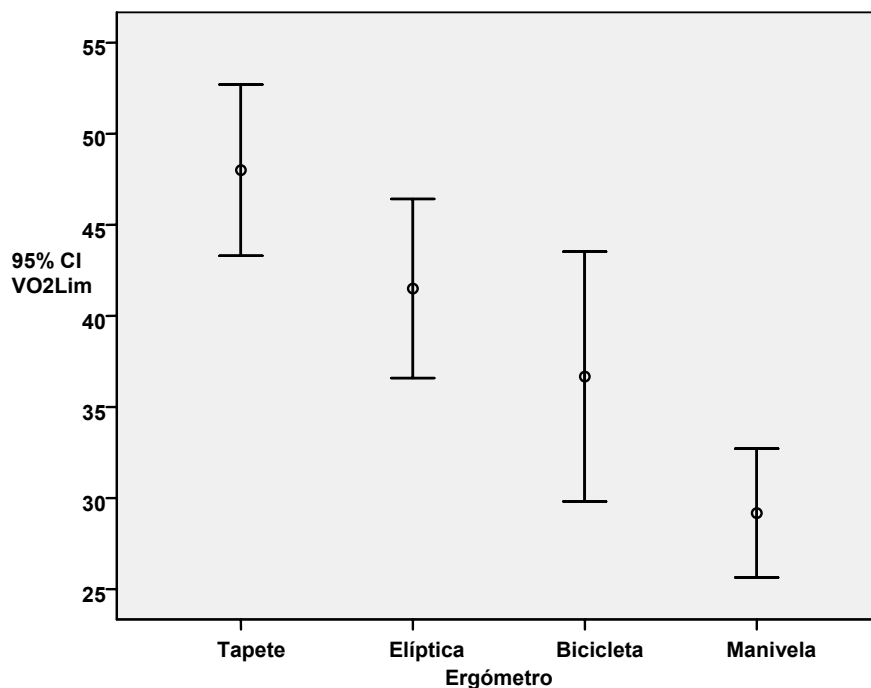


Figura 17. Valores médios e intervalos de confiança para a média do consumo de oxigénio alcançado ao limiar ventilatório, por ergómetro (VO₂Lim).

Através dos resultados obtidos, é possível estimar a percentagem do VO₂máx a que ocorre o LV em cada ergómetro (quadro 15).

Quadro 15 – Valores médios das percentagens do consumo máximo de oxigénio a que ocorrem os limiares ventilatórios, por ergómetro (PerVO₂máx).

	PerVO ₂ máx
Tapete	92
Elíptica e Bicicleta	80
Manivela	75

Outros autores (Persinger et al., 2004), apontam para resultados de hierarquia semelhante, como atestam os 77% do VO_2 máx no tapete e 67% do VO_2 máx na bicicleta. DuManoir et al. (2005), reportam que o LV ocorreu a 61% do VO_2 máx no ciclismo, a 70% na patinagem e a 75% na corrida, resultados com posições relativas semelhantes, mas igualmente com valores mais baixos. Novamente, as diferenças nos resultados entre esta e outras investigações, poderão estar relacionadas com o tipo de protocolo utilizado e com a especificidade do treino da amostra (Farrell et al., 1979; Craig et al., 1993).

4.3 – Discussão global dos resultados

Antes de mais, importa recordar que a literatura relativa às exigências próprias de cada ergómetro (ou modo de exercício), é manifestamente reduzida. Note-se igualmente que não nos foi possível encontrar qualquer investigação com as mesmas características metodológicas adoptadas no presente estudo.

No quadro 16 apresentamos um resumo dos valores médios da $FC_{máx}$ obtida em cada ergómetro ($FC_{máx}$), FC média obtida no limiar ventilatório (FCLim), a percentagem da $FC_{máx}$ a que ocorre o limiar ventilatório (Per $FC_{máx}$), o VO_2 máximo alcançado (VO_2 máximo), o VO_2 alcançado no limiar ventilatório (VO_2 Lim), e a percentagem do VO_2 máximo a que ocorre o limiar ventilatório (Per VO_2 máximo).

Quadro 16 – Resumo dos resultados encontrados das diferentes variáveis para cada ergómetro.

	$FC_{máx}$	FCLim	Per $FC_{máx}$	VO_2 máximo	VO_2 Lim	Per VO_2 máximo
Tapete	195	184	94	52	48	92
Elíptica	188	165	88	52	42	80
Bicicleta	181	161	89	46	37	80
Manivela	176	151	86	39	29	75

Legenda: $FC_{máx}$ (frequência cardíaca máxima); FCLim (frequência cardíaca média obtida no limiar ventilatório); Per $FC_{máx}$ (percentagem da frequência cardíaca máxima a que ocorre o limiar ventilatório); VO_2 máximo (consumo máximo de oxigénio); VO_2 Lim (consumo máximo de oxigénio alcançado no limiar ventilatório); Per VO_2 máximo (percentagem do consumo máximo de oxigénio a que ocorre o limiar ventilatório).

Pela observação do quadro anterior, é possível constatar que os valores máximos alcançados na FC e no VO_2 , são geralmente distintos consoante o ergómetro, bem como as percentagens a que ocorrem os limiares ventilatórios. Estes valores estão inteiramente de acordo com vários autores que estudaram

a relação entre estes dois indicadores e o modo de exercício (Buckley et al., 1999; Carter et al., 2000; Simmons et al., 2000; Achten e Jeukendrup, 2003).

Os valores obtidos por outros investigadores, que são geralmente mais baixos, poderão estar relacionados com o tempo de exercitação (Astorino et al., 2005), principalmente no que se refere ao VO_2 máx. Nestas circunstâncias, a redistribuição sanguínea para a periferia do corpo, com o objectivo de diminuir a sua temperatura, retira algum sangue aos músculos activos, reduzindo a capacidade de utilização de oxigénio, os valores absolutos e porventura também a percentagem a que ocorre o LV. A $FC_{máx}$ não tem tendência a diminuir com o incremento do tempo de exercitação, dado que continua a ser necessário bombear sangue para os músculos e para a periferia corporal, podendo inclusivamente aumentar, devido à necessidade acrescida para esta última função. Os menores valores registados no VO_2 nos ergómetros bicicleta e manivela poderão ainda estar associados à posição corporal adoptada que dificulta a acção dos músculos ventilatórios, prejudicando a ventilação (Mahler et al., 1987), e eventualmente induzindo o recrutamento precoce das fibras musculares rápidas (mais susceptíveis à fadiga).

Quanto à percentagem da $FC_{máx}$ a que ocorre o LV, ela poderá ser mais baixa pelos mesmos motivos do VO_2 , já que a maior duração de exercitação implica a solicitação acrescida de fibras de contracção rápida (principalmente em destreinados), o que altera a proporção entre o metabolismo lipolítico e glucolítico, favorecendo o segundo.

Acrescente-se ainda o facto de não ser referenciado o nível de aptidão das amostras de outros investigadores que relacionaram a FC e o VO_2 ao LV (Smith et al., 1996; Glass et al., 1999; Persinger et al., 2004; DuManoir et al., 2005), ou mesmo se os avaliados evidenciaram um comportamento inter-ergómetros semelhante (no que respeita aos indicadores considerados), tal como aconteceu com a nossa amostra. De qualquer forma, é de realçar que, em termos gerais, os resultados obtidos entre os distintos ergómetros, encontram-se em consonância com os nossos.

Note-se que as grandes diferenças ao LV parecem ocorrer entre o tapete rolante e os outros ergómetros. O exercício no tapete rolante é

caracterizado por um tipo de contracção muscular diferente dos outros ergómetros testados. Nesse aparelho, cerca de 34% do tempo de cada passada envolve uma contracção excêntrica (Luhtanen e Komi, 1978), o que, associado a um trabalho concêntrico menos exigente devido à energia elástica muscular acumulada nos ciclos de encurtamento e alongamento (Cavagna, 1977; De Haan et al., 1991), resulta num custo metabólico mais reduzido (Van Ingen et al., 1997). Os mesmos mecanismos podem conduzir a um recrutamento mais tardio das fibras musculares rápidas. Para além disso, e apesar da não especialização em nenhum dos modos de exercício, o tapete rolante será com certeza o mais familiar (visto ser uma actividade natural). Estes dados podem justificar o facto de o LV ocorrer consistentemente mais tarde no tapete rolante do que nos outros modos de exercício. Neste ponto, refira-se que a diferença na PerFCLim entre os dois valores mais elevados (tapete e elíptica), é de 5%, percentagem superior à diferença entre os três modos de exercício com componente excêntrica reduzida (apenas 3%). Quanto à PerVO₂Lim entre tapete e a elíptica e bicicleta, verificamos que ela é de 12%, enquanto que a diferença entre os três ergómetros (que não o tapete), é de apenas 5%. É igualmente sugerido por alguns autores que as diferenças registadas entre o tapete e outros ergómetros poderão estar associadas ao recrutamento auxiliar de outros músculos. No caso do tapete, à medida que a intensidade do exercício é incrementada, a contribuição energética relativa dos músculos do tronco e dos MS aumenta, adiando a fadiga muscular nos MI. No caso dos outros ergómetros testados isso não acontece de uma forma tão pronunciada (mesmo na elíptica), o que implica um recrutamento precoce das fibras musculares mais rápidas nos músculos primariamente responsáveis pelo movimento (Hinrichs, 1980). A tensão intramuscular aumentada nos ergómetros caracterizados por uma reduzida fase excêntrica, pode ainda conduzir a oclusões parciais das artérias envolventes, reduzindo a circulação sanguínea local (Edwards et al., 1972). Por sua vez, este fenómeno levará a uma deficiente troca gasosa (entre outros eventos), o que poderá favorecer um incremento do metabolismo glicolítico.

Os valores registados ao LV entre elíptica e bicicleta parecem ser muito semelhantes. Apesar de se registarem algumas diferenças nos valores absolutos da FC e do VO_2 , a percentagem do LV a que os mesmos ocorrem resulta praticamente idêntica. Parece consensual que a resposta fisiológica ao exercício com os MS é mais acentuada que o exercício com os MI, devido ao aumento da actividade do sistema nervoso central e à alteração do fluxo sanguíneo (Harms, 2000). Assim, apesar da maior massa muscular recrutada na elíptica, o exercício com os MS poderá neutralizar o incremento da percentagem a que poderia ocorrer o LV.

Como facilmente se percebe, são vários os mecanismos que podem contribuir para as diferenças encontradas entre os ergómetros testados. Todavia, a contribuição relativa de cada factor ainda não se encontra perfeitamente estabelecida.

De uma forma geral, e evitando uma discussão demasiado exaustiva, podemos referir que muitos outros autores apresentam justificações semelhantes para as diferenças fisiológicas no exercício em diferentes ergómetros, parecendo a especificidade do treino e a quantidade de massa muscular aquelas mais frequentemente mencionadas (Verstappen et al., 1982; Moldover e Downey, 1983; Bondelier et al., 1997; Kang et al., 1998; Bhambhani e Maikala, 2000).

Independentemente das explicações para os resultados obtidos, estes parecem sugerir, inequivocamente, que o tipo de ergómetro condiciona o comportamento fisiológico da frequência cardíaca, do consumo de oxigénio e da percentagem dos mesmos a que ocorre o limiar ventilatório, e como tal, estes indicadores fisiológicos devem ser considerados e adequadamente utilizados na prescrição do exercício.

4.4 – Considerações

Neste ponto julgamos ser relevante tecer três considerações:

1. Apesar de se verificar uma amplitude considerável nos intervalos de confiança, salientamos que os valores extremos e intermédios são normalmente alcançados pelos mesmos indivíduos em todos os ergómetros (revelando uma semelhante resposta fisiológica inter-ergómetros).
2. Os dados obtidos com o elemento do sexo feminino seguem um padrão idêntico ao que ocorre com os do sexo masculino. Neste ponto acrescenta-se que apesar das eventuais diferenças entre sexos no que respeita aos valores máximos passíveis de serem obtidos (Wells, 1991), os mesmos não são de especial interesse para a presente investigação. De facto, não são propriamente os valores absolutos que pretendemos comparar, mas sim a inter-relação entre os valores absolutos e relativos ao LV nos vários ergómetros, e neste caso, o elemento do sexo feminino teve um comportamento em tudo semelhante aos outros elementos. Neste ponto é importante acrescentar que a maior parte das investigações corrobora o facto de, embora os valores máximos poderem ser significativamente distintos, ambos os sexos apresentam uma capacidade e qualidade de resposta ao exercício similar (Hagberg et al., 1989; Kohrt et al., 1991; Wells, 1991; Rogers e Evans, 1993), não sendo por isso de esperar diferenças significativas nos dois sexos quanto às relações analisadas no presente trabalho, ou em futuras investigações relacionadas.
3. Apesar de algumas diferenças não apresentarem significado estatístico, os valores encontrados poderão ser substantivamente relevantes, dado que mesmo pequenas diferenças na FC ou no VO_2 , podem originar respostas fisiológicas diferentes das pretendidas.

4.5 – Sugestões

Tendo em conta a nossa proposta na definição de objectivos, deixamos as seguintes sugestões e aplicações práticas:

- Na prescrição do exercício cardiovascular, sempre que possível, deve-se procurar determinar a $FC_{máx}$ ou o $VO_{2máx}$ de cada indivíduo, em cada modo de exercício. Tendo em conta a nossa sugestão para o treino em ergómetros, sugerimos como alternativa, a determinação deste valor em apenas um ergómetro, estabelecendo posteriormente uma correspondência com os demais (utilizando para tal o quadro 17 e/ou 18, segundo o indicador). A prescrição com indivíduos destreinados deve ser realizada com vista a melhorar a capacidade física, de forma que os mesmos possam efectuar posteriormente uma avaliação máxima real, evitando a utilização de fórmulas teóricas de predição da $FC_{máx}$. Se esse teste não for possível, deve dar-se prioridade às tabelas de percepção subjectiva de esforço, para a monitorização da intensidade do exercício.
- Considerando que o LV ocorre a uma percentagem da $FC_{máx}$ ou do $VO_{2máx}$ variável em função de cada ergómetro, a zona alvo de treino poderá ser ajustada em função dos valores de referência que apresentamos no quadro 19 e/ou 20.

Quadro 17. Estimativa da correspondência entre as frequências cardíacas máximas obtidas nos vários ergómetros, tendo como referência os valores obtidos no tapete.

	Elíptica	Bicicleta	Manivela
Tapete	96%	93%	91%
Elíptica		97%	95%
Bicicleta			98%

Quadro 18. Estimativa da correspondência entre os consumos máximos de oxigénio obtidos nos vários ergómetros, tendo como referência os valores obtidos no tapete e/ou elíptica.

	Bicicleta	Manivela
Tapete e Elíptica	89%	75%
Bicicleta		85%

Quadro 19. Percentagem da frequência cardíaca máxima a que ocorre o limiar ventilatório em cada ergómetro.

Tapete	94%
Elíptica	88%
Tapete	89%
Manivela	86%

Quadro 20. Percentagem do consumo máximo de oxigénio a que ocorre o limiar ventilatório em cada ergómetro.

Tapete	92%
Elíptica e Bicicleta	80%
Manivela	75%

Exemplo utilizando a FC:

Um indivíduo de 30 anos pretende treinar a sua resistência cardiovascular, utilizando o tapete e a manivela. Se o mesmo alcançar uma $FC_{máx}E$ de 200 bpm no tapete, a $FC_{máx}E$ esperada na manivela será de 182 bpm (91% da $FC_{máx}E$ no tapete – quadro 17). Posteriormente, teremos que considerar que o LV ocorre a 94% da $FC_{máx}E$ no tapete e a 86% na manivela (quadro 19). Neste caso, os limiares ventilatórios ocorrem aos 188 bpm no tapete e 157 bpm na manivela (31 bpm de diferença), e as respectivas zonas alvo de treino deverão ser planificadas em função destes dois valores.

Para melhor ilustrar as vantagens desta forma de prescrição podemos utilizar o exemplo anterior e identificar o limiar para o tapete e a manivela (definindo duas zonas alvo de treino com dois objectivos diferenciados: uma acima do limiar (supralimiar – predominantemente glicolítica e rapidamente indutora de fadiga), e outra abaixo desse limiar (sublimiar – de maior componente lipolítica e não indutora de fadiga precoce). A definição deste limiar poderá ser realizada de três formas distintas, com resultados ilustrados no quadro 21 e figuras 18 e 19:

1^a – Utilizando a metodologia tradicional, a forma mais frequentemente utilizada na prescrição do exercício (calculando um LV de 90% aplicado à fórmula “220-idade”), não diferenciando os vários ergómetros.

2^a – Utilizando a $FC_{máx}E$, segundo os ergómetros (recorrendo ao quadro 13) e aplicando um LV de 90%;

3^a – Ajustando a $FC_{máx}$ e o LV específico de cada ergómetro (através dos quadros 13 e 15).

Quadro 21. Comparação de três métodos de identificação de zonas alvo de treino.

	Metodologia tradicional	Ajustado	Duplamente ajustado
Tapete	171	180	188
Manivela	171	164	157

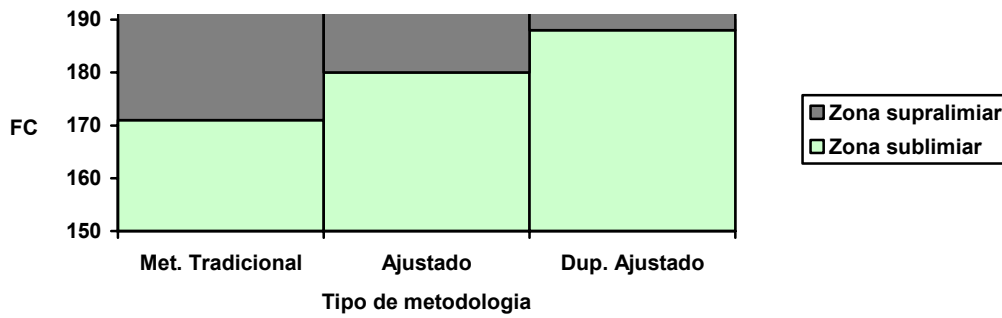


Figura 18. Zonas sub e supralimiar para o tapete rolante, segundo o exemplo considerado.

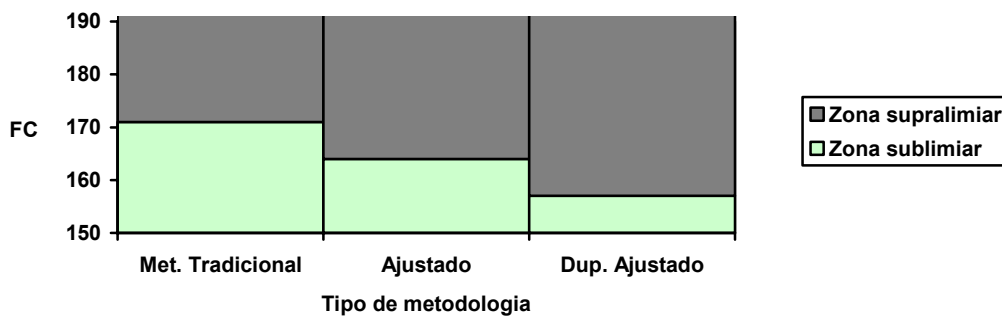


Figura 19. Zonas sub e supralimiar para a manivela, segundo o exemplo considerado.

Como facilmente se observa, os resultados são substancialmente distintos, o que seguramente implicará respostas fisiológicas diferenciadas.

Para o exemplo considerado, é evidente que o método duplamente ajustado da prescrição do exercício, conduzirá a uma prática notoriamente distinta das outras metodologias. Sem dúvida, estamos certos que esse será o procedimento mais adequado às características de cada modo de exercício, e sobretudo, mais recomendável e eficaz para o utilizador comum dos ginásios, que faz uso de um variado número de ergómetros para a obtenção dos seus objectivos.

Finalmente, importa realçar que apesar da dimensão amostral ser reduzida, face aos fortes constrangimentos operacionais, os resultados não deverão apresentar uma forte limitação na generalização das suas implicações. De facto, trata-se de uma pesquisa de difícil consecução, que providencia uma metodologia robusta.

Assim, consideramos os resultados obtidos por esta e por futuras investigações, como sendo da máxima importância na gestão da intensidade do treino de cada indivíduo, sobretudo quando esta se relaciona com a melhoria dos seus níveis de saúde e bem-estar. A implementação e utilização generalizada da metodologia duplamente ajustada, permitirá um significativo aumento da eficácia do treino, otimizando e porventura tornando mais agradável o tempo dedicado a esta nobre forma de arte.

5 - Conclusões

5 – Conclusões

Da análise e discussão dos resultados obtidos no presente estudo, resultam as seguintes conclusões:

1 – Os valores médios das $FC_{máx}$, $VO_{2máx}$ e LV obtidos, variaram em função de cada ergómetro, o que indica claramente que estes condicionam as respostas fisiológicas resultantes;

2 – Os ergómetros onde se verificaram os valores mais elevados na $FC_{máx}$, no $VO_{2máx}$, na $PerFC_{máx}$ e $PerVO_{2máx}$, ocorreram sempre pela mesma ordem decrescente (tapete, elíptica, bicicleta e manivela), com excepção do $VO_{2máx}$ no tapete e elíptica e $PerVO_{2Lim}$ na elíptica e bicicleta, onde foram idênticos;

3 – A prescrição do treino cardiovascular não deve ser baseada em valores máximos obtidos por fórmulas teóricas, como a “ $FC_{máx}=220-idade$ ”, dada a sua grande margem de erro;

4 – De forma a individualizar e tornar mais eficaz a prescrição do treino, este deve ser duplamente ajustado, primeiro em relação à $FC_{máx}$ e $VO_{2máx}$ passível de serem obtidos em cada ergómetro, e depois em relação ao LV específico de cada ergómetro.

Bibliografia

Bibliografia

Abrantes, C.I.; Sampaio, J.E.; Reis, A.M.; Duarte, J.A. (2004). Resposta aguda cardio-respiratória a quatro modos de exercício realizado em ergómetros. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*. Vol. 4. Nº 1: pp. 66-77.

Achten, J.; Jeukendrup, A.E. (2003). Heart rate monitoring: applications and limitations. *Sports Med.* 33: pp. 517-38.

ACSM – American College of Sports Medicine (1990). Position Stand: The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness in healthy adults. *Med. Sci. Sports Exerc.* 22: pp. 265-74.

ACSM – American College of Sports Medicine (1998). The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Med. Sci. Sports Exerc.* 30 (6): pp. 975-91.

ACSM – American College of Sports Medicine (2004). *Manual ACSM para la valoración y prescripción del ejercicio*. Barcelona. Editorial Paidotribo.

AHA – American Heart Association (1992). Medical/scientific statement on exercise: Benefits and recommendations for physical activity for all Americans. *Circulation.* 85 (1): pp. 2726-30.

AHA – American Heart Association (1998). 1999 Heart and stroke statistical update. Dallas, American Heart Association.

Ahmaidi, S.; Hardy, J.M.; Varray, A.; Collomp, K.; Mercier, J.; Prefault, C. (1993). Respiratory gas exchanges indices used to detect the blood lactate accumulation threshold during an incremental exercise test in young athletes. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.* 66: pp. 31-6.

Armstrong, N. (1998). Physical Fitness and Physical Activity during childhood and adolescence. *Sports and Children.* (4): pp. 50-75. Human Kinetics.

Astorino, T.A.; Freedman, T.P.; Rietschel, J.C.; Sakarya, C.E.; Tam, P.A.; Taylor, K.J.; Stephen, M. (2005). *Reinvestigación de la Duración Óptima para la Evaluación del VO₂máx* [Em linha]. PubliCE Premium. 27/04/2005. [Consultado a 22 de Agosto de 2006]. Disponível em WWW:<URL: <http://www.sobrentrenamiento.com/PubliCE/Articulo.asp?ida=449>>. Pid: 449.

Astrand, P.O.; Saltin, B. (1961). Maximal oxygen uptake and heart rate in various types of muscular activity. *J. Appl. Physiol.* 16: pp. 977–81.

Astrand, P.O.; Cuddy, T.E.; Saltin, B.; Stenberg, I. (1964). Cardiac output during submaximal and maximal work. *J. Appl. Physiol.* 19: pp. 268-74.

Astrand, P.O.; Rodahl, K. (1986). *Textbook of Work Physiology.* New York: McGraw-Hill. pp. 272-74.

Astrand, P.O.; Bergh, U.; Kilbom, A. (1997). A 33-yr follow-up of peak oxygen uptake and related variables of former physical education students. *J. Appl. Physiol.* Jun. 82 (6): pp. 1844-52.

Atterhog, J-H.; Johnsson, B.; Samuelsson, R. (1979). A prospective study of complication rates. *Am. Heart J.* 98: pp. 572-8.

Babineau, C.; Leger, L (1997). Physiological response of 5/1 intermittent aerobic exercise and its relationship to 5 Km endurance performance. *Int. J. Sports Med.* 1997. Jan. 18 (1): pp. 13-9.

Ballarin, E.; Borsetto, C.; Cellini, M.; Patracchini, M.; Vitiello, P.; Ziglio, P.G.; Conconi, F. (1989). Adaptation of the "Conconi test" to children and adolescents. *Int. J. Sports Med.* 10: pp. 334-8.

Ballarin, E.; Sudhues, U.; Borsetto, C.; Casoni, I.; Grazzi, G.; Guglielmini, C.; Manfredini, F.; Mazzoni, G.; Conconi, F. (1996). Reproducibility of the Conconi test: test repeatability and observer variations. *Int. J. Sports Med.* 17: pp. 520-4.

Balog, E.M.; Thompson, L.V.; Fitts, R.H. (1994). Role of sarcolemmal action potentials and excitability in muscle fatigue. *J. Appl. Physiol.* 76 (5): pp. 2157-62.

Barata, J.L.T. (2003). *Mexa-se... pela sua saúde: guia prático de actividades físicas e de emagrecimento para todos.* Lisboa: Publicações Dom Quixote.

Barbanti, V.J. (1990). *Aptidão Física. Um convite à saúde.* Editora Manole.

Basset, F.A. (2000). Specificity of treadmill and cycle ergometer tests in triathletes, runners and cyclists. *Eur. J. Appl. Physiol.* Vol. 81 (3): pp. 214-21.

Baumgartner, T.A.; Jackson, A.S. (1991). *Measurement for evaluation, in physical education and exercise science.* Cap. 10. Wm.C. Brown Publishers.

Bergh, U.; Kanstrup, I.L.; Ekblom, B. (1976). Maximal oxygen uptake during exercise with various combinations of arm and legwork. *J. Appl. Physiol.* 41: pp. 191-6.

Berlin J.; Colditz, G.A. (1990). A meta-analysis of physical activity in the prevention of coronary heart disease. *A. J. Epidemiol.* 132: pp. 612-28.

Berry, M.J.; Stoneman, J.V.; Weyrich, A.S.; Burney, B. (1991). Dissociation of the ventilatory and lactate thresholds following caffeine ingestion. *J. Appl. Physiol.* 23: pp. 463-9.

Berthoin, S.; Pelayo, P.; Lensele-Corbeil, G.; Robin, H.; Gerbeaux, M. (1996). Comparison of maximal aerobic speed as assessed with laboratory and field measurements in moderately trained subjects. *Int. J. Sports Med.* Oct. 17 (7): pp. 525-9.

Bhambhani, Y.; Maikala, R. (2000). Gender differences during treadmill walking with graded loads: biomechanical and physiological comparisons. *Eur. J. Appl. Physiol.* 81: pp. 75-83.

Billat, V.; Dalmy, F.; Antonini, M.T.; Chassain, A.P. (1994). A method for determining the maximal steady state of blood lactate concentration from two levels of submaximal exercise. *Eur. J. Appl. Physiol.* 1994: 69 (3): pp. 196-202.

Billat, V.; Hill, D.W.; Pinoteau, J.; Petit, B.; Koralsztejn, J.P. (1996). Effect of protocol on determination of velocity at VO_2 max and on its time to exhaustion. *Arch. Physiol. Biochem.* 104 (3): pp. 313-21.

Billat, V.; Flechet, B.; Petit, B.; Muriaux, G.; Koralsztejn, J.P. (1999). Interval training at VO_2 max: Effects on aerobic performance and overtraining markers. *Med. Sci. Sports Exerc.* Jan. 31 (1): pp. 156-63.

Billat, V. (2002). *Fisiología e metodología del entrenamiento*. Editorial Paidotribo. Barcelona.

Bishop, P.A.; Frazier, S.; Smith, J. (1989). Physiologic responses to treadmill and water running. *Physician Sportsmedicine*. 17: pp. 87-94.

Blair, S.N.; Kohl, H.W.; Paffenbarger, D.G (1989). Physical fitness and all-cause mortality: a prospective study of healthy men and women. *JAMA*. 262: pp. 2395-401.

Blair, S.N.; Connelly, J.C. (1996). How much physical activity should we do? The case for moderate amounts and intensities of physical activity. *Res. Q. Exerc. Sport*. 67 (2): pp. 193-205.

Bobbert, A.C. (1960). Physiological comparison of three types of ergometry. *J. Appl. Physiol*. 15: pp. 1007–14.

Bondelier, L.; Arnos, P.; Andres, F. (1997). Physiological and perceptual responses to maximal exercise using different modes of exercise. *Med. Sci. Sports Exerc*. 29: pp. S122.

Booth, F.W.; Gordon, S.E.; Carlson, C.J.; Hamilton, M.T. (2000). Waging war on modern chronic diseases: primary prevention through exercise biology. *J. Appl. Physiol*. Vol. 88 (2): pp. 774-87.

Borg, G. (2000). Escalas de Borg para a dor e o esforço percebido. São Paulo. Manole.

Bot, S.D.M.; Hollander, A.P. (2000). The relationship between heart rate and oxygen uptake during non-steady state exercise. *Ergonomics*. Vol. 43. 10/October 1.

Bouchard, C.; Dionne, F.T.; Simoneau, J.A.; Boulay, M.R. (1992). Genetics of aerobic and anaerobic performances. *Exerc. Sport Sci. Rev*. Baltimore: Williams & Wilkins.

Bouchard, C.; Shephard, R.J. (1994). Physical activity, fitness and health: The model and key concepts: Consensus statement. Human Kinetics. Ch. III.

Bouchard, C.; Shephard, R.J.; Stephens, T. (1994). Physical Activity, Fitness and Health. International Proceedings and Consensus Statement. Champaign, Ill: Human Kinetics Publishers.

Bouchard, C.; Daw, E.W.; Rice, T.; Perusse, L.; Gagnon, J.; Province, M.A.; Leon, A.S.; Rao, D.C.; Skinner, J.S.; Wilmore, J.H. (1998). Familial resemblance for VO_2 max in the sedentary state: the HERITAGE family study. Med. Sci. Sports Exerc. Feb. 30 (2): pp. 252-8.

Bouckaert, J.; Vrijens, J.; Pannier, J.L. (1990). Effect of specific test procedures on plasma lactate concentration and peak oxygen uptake in endurance athletes. J. Sports Med. Phys. Fitness. 30 (1): pp. 13-8.

Bragada, J.A. (2001). A avaliação da intensidade dos exercícios de treino, em modalidades desportivas de esforços de média ou longa duração. Rev. Treino Desportivo. 2001. 14 Junho: pp. 18-26. Edição do CEFD. Secretaria de Estado do Desporto.

Bragada, J.A. (2003). Estudo longitudinal de rendimento e de parâmetros da carga (interna e externa); em corredores de 3000m. Dissertação apresentada às provas de Doutoramento no ramo de Ciências do Desporto. FCDEF-UP.

Brahler, C.; Blank, S. (1994). VersaClimber elicits higher VO_2 máx than does treadmill running or rowing ergometry. Med. Sci. Sports Exerc. 27: pp. 249-54.

Brandon, L.J. (1995). Physiological factors associated with middle distance running performance. Sports Med. 19 (4): pp. 268-77.

Brooks, G.A. (1991). Current concepts in lactate exchange. *Med. Sci. Sports Exerc.* 23: pp. 895-906.

Brooks, G.A.; Fahey, T.D.; White, T.P.; Baldwin, K.M. (1999). *Exercise Physiology – human bioenergetics and its applications*. Mayfield Pub. Company London.

Brooks, G.; Fahey, T.; White, T. (2000). *Exercise physiology: human bioenergetics and its applications* (3rd Ed.). California: Mayfield Publishing Company.

Buchfuhrer, M.J.; Hansen, J.E.; Robinson, T.E.; Sue, D.Y.; Wasserman, K.; Whipp, B.J. (1983). Optimizing the exercise protocol for cardiopulmonary assessment. *J. Appl. Physiol.* Nov. 55 (5): pp. 1558-64.

Buckley, J.; Davis, J.; Simpson, T. (1999). Cardiorespiratory responses to rowing ergometry and treadmill exercise soon after myocardial infarction. *Med. Sci. Sports Exerc.* 31: pp. 1721.

Butts, N.K.; Henry, B.A.; McLean, D. (1991). Correlations between VO_2max and performance times of recreational triathletes. *J. Sports Med. Physiol. Fitness.* 31: pp. 339-44.

Caiozzo, V.J.; Davis, J.A.; Ellis, J.F.; Azus, J.L.; Vandagriff, R.A.; Prietto, C.A. (1982). A comparison of gas exchanges indices used to detect the anaerobic threshold. *J. Appl. Physiol.* Vol. 53. (5): pp. 1184-9.

Carter, H.; Jones, A.M.; Doust, J.H. (1999). Effect of 6 weeks of endurance training on the lactate minimum speed. *Journal of Sports Sciences*, London, Vol.17: pp. 957-67.

Carter, H.; Jones, A.M.; Barstow, T.J.; Burnley, M.; Williams, C.A.; Doust, J.H. (2000). Oxygen uptake kinetics in treadmill running and cycle ergometry: a comparison. *J. Appl. Physiol.* 89: pp. 899-907.

Caspersen, C.J.; Powell, K.E.; Christenson, G.M. (1985). Physical activity, exercise and physical fitness: Definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Reports.* 100 (2): pp. 126-30.

Caspersen, C.J. (1987). Physical inactivity and coronary heart disease. *The Physician and Sportsmedicine.* 15: pp. 43-4.

Caspersen, C.J. (2006). Comunicação pessoal apresentada no congresso realizado na FADEUP, com o título “Da escola ao alto rendimento”.

Cavagna, G.A. (1977). Storage and utilisation of elastic energy in skeletal muscle. *Exerc. Sport. Sci. Rev.* 5: pp. 89-129.

Cellini, M.; Vitiello, A.; Nagliati, A.; Ziglio, P.G.; Martinelli, S.; Ballarin, E.; Conconi, F. (1986). Noninvasive determination of the anaerobic threshold in swimming. *Int. J. Sports Med. Stuttgart.* Vol. 7: pp. 347-51.

Coen, B.; Schwarz, L.; Urhausen, A.; Kindermann, W. (1991). Control of training in middle distance running by means of individual anaerobic threshold. *Int. J. Sports Med.* 12 (6): pp. 519-24.

Coyle, E.F.; Coggan, A.R.; Hopper, M.K.; Walters, T.J. (1988). Determinants of endurance in well-trained cyclists. *J. Appl. Physiol.* 64: pp. 2622-30.

Conconi, F.; Ferrarri, M.; Ziglio, P.G.; Droghetti, P.; Codeca, L. (1982). Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners. *J. Appl. Physiol.* 52 (4): pp. 869-73.

Conconi, F.; Borsetto, C.; Casoni, I.; Ferrari, M. (1988). Noninvasive determination of the anaerobic threshold in cyclists. *Medical and Scientific Aspects in Cycling*. Champaign, Ill: Human Kinetics. pp. 79-91.

Conconi, F.; Grazze, G.; Casoni, I.; Guglielmini, C.; Borsetto, C.; Ballarin, E.; Mazzoni, G.; Patracchini, M; Manfredini, F. (1996). The Conconi test: methodology after 12 years of application. *Int. J. Sports Med.* 17: pp. 509-19.

Cooper, K.H. (1968a). A means of assessing maximal oxygen intake - correlation between field and treadmill testing. *JAMA.* 203 (3): pp. 201-4.

Cooper, K.H. (1968b). *Aerobics*. Bantam Publishers.

Cooper, K.H. (1972). *Capacidade Aeróbia*. Fórum editora, 2ª Ed. Brasil.

Costa, D. (1996). A influência da actividade física nos níveis de saúde, condição física e hábitos de vida. *Revista Horizonte*. Vol. XIII (77). Dossier.

Craig, N.P.; Norton, K.I.; Bourdon, P.C.; Woolford, S.M.; Stanef, T.; Squires, B.; Olds, T.S.; Conyers, R.A.; Walsh, C.B. (1993). Aerobic and anaerobic indices contributing to track endurance cycling performance. *Eur. J. of Appl. Physiol. and Occupational Physiol.* 67: pp. 150-8.

Daniels, J. (1998). Daniels' running formula. Champaign: Human Kinetics. (1): pp. 37-47.

Davies, J.A. (1985). Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research. *Med. Sci. Sports Exerc.* Vol. 17: pp. 6-18.

De Haan, A.; Lodder, M.N.; Sargeant, A.J. (1991). Influence of an active prestretch on fatigue of skeletal muscle. *Eur. J. Appl. Physiol.* 62: pp. 268-73.

DHHS – Department of Health and Human Services (1996). Physical Activity and Health: A Report of the Surgeon General. Atlanta, Georgia: U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion: pp. 133-5; pp. 175-207.

Dickstein, K.; Barvik, S.; Aarland, T.; Snapinn, S.; Karlsson, J. (1990). A comparison of methodologies in detection of the anaerobic threshold. *Circulation*. 81: pp. 1138-46.

Droghetti, P.; Borsetto, C.; Casoni, I.; Cellini, M.; Ferrari, M.; Paolini, A.R.; Ziglio P.G.; Conconi, F. (1985). Noninvasive determination of the anaerobic threshold in canoeing, cross-country skiing, cycling, roller and iceskating, rowing, and walking. *Eur. J. Appl. Physiol*. 53: pp. 299-303.

duManoir, G.R.; Cheveldayoff, K.B.; Zayac, M.; Bamford, J.A.; Loitz, C.C.; Bell, G.J. (2005). Comparison of Maximal Oxygen Uptake and Ventilatory Threshold During Skating, Running and Cycling Exercise in Ice Hockey Players. *Adv. Exerc. Sports Physiol*. Vol. 11. No.1: pp. 9-14.

Duncan, G.E.; Howley, E.T.; Johnson, B.N. (1997). Applicability of VO_2 max criteria: discontinuous vs continuous protocols. *Med. Sci. Sports Exerc*. 29 (2): pp. 273-8.

Edwards, R.T.; Hill, D.K.; McConnell, K. (1972). Myothermal and intramuscular pressure measurements during isometric contractions of the human quadriceps muscle. *J. Physiol*. 224: pp. 58-9.

Enciclopédia Britânica (2006). *gymnasium* [Em linha]. Encyclopædia Britannica. [Consultado a 22 de Agosto de 2006]. Encyclopædia Britannica Premium Service. Disponível em WWW:<URL: <http://www.britannica.com/eb/article-9038647>>.

Erdogan, S.; Kurdak, S.S. (1999). Lactate and fatigue. *T. Klin. J. Med. Sci.* 17: pp. 366-9.

Eriksson, G.; Liestel, K.; Bjornholt, J.; Thaulow, E.; Sandvik, L.; Erikssen, J. (1998). Changes in physical fitness and changes in mortality. *Lancet.* 352: pp. 759-62.

Esper, R.J.; Nordaby, R.A.; Vilariño, J.O.; Paragano, A.; Cacharrón, J.L.; Machado, R.A. (2006). Endothelial dysfunction: a comprehensive appraisal. *Cardiovascular Diabetology.* (5): pp. 4.

Farrell, P.A.; Wilmore, J.H.; Coyle, E.F.; Billing, J.E.; Costill, D.L. (1979). Plasma lactate accumulation and distance running performance. *Med. Sci. Sports Exerc.* 11: pp. 338-49.

Ferreira, V. (1991). Notas de Curso da disciplina de História da Educação Física. FCDEF-UP.

Fitts, R.H. (1994). Cellular mechanisms of muscle fatigue. *Phys. Rev.* 74: pp. 49-85.

Fitts, R.H.; Balog, E.M. (1996). Effect of intracellular and extracellular ion changes on E-C coupling and skeletal muscle fatigue. *Acta Physiol. Scand.* 156: pp. 169-81.

Foster, C.; Fitzgerald, D.J.; Spatz, P. (1999). Stability of the blood lactate-heart rate relationship in competitive athletes. *Med. Sci. Sports Exerc.* Apr. 31 (4): pp. 578-82.

Fox, S.M.; Naughton, J.P.; Haskell, W.L. (1971). Physical activity and the prevention of coronary heart disease. *Ann. Clin. Res.* 3: pp. 404-32.

Foxdal, P.; Sjodin, B.; Sjodin, A. (1994). Comparasion of blood lactate concentrations obtained during incremental and constant intensity exercise. *Int. J. Sports Med.* Feb. 17: pp. 360-5.

Francis, K.T.; McClatchey, P.R.; Sumsion, J.R.; Hansen, D.E. (1989). The relationship between anaerobic threshold and heart rate linearity during cycle ergometry. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.* 59 (4): pp 273-7.

Franklin, B.A.; Vander, D.; Wrisley, D.; Rubenfire, M. (1983). Aerobic requirements of arm ergometry: Implications for exercise testing and training. *Physician Sporsmed.* 11: pp. 81-5.

Fuster, V.; Badimon, L.; Badimon, J.J.; Chesebro, J.H. (1992a). The pathogenesis of coronary artery disease and the acute coronary syndromes (First of two parts). *N. Engl. J. Med.* 326 (4): pp. 242-50.

Fuster, V.; Badimon, L.; Badimon, J.J.; Chesebro, J.H. (1992b). The pathogenesis of coronary artery disease and the acute coronary syndromes (Second of two parts). *N. Engl. J. Med.* 326 (5): pp. 310-8.

Gaesser, G.A.; Poole, D.C. (1986). Lactate and ventilatory thresholds: disparity in time course of adaptations to training. *J. Appl. Physiol.* 61: pp. 999-1004.

Garde, M.A. & Devís-Devís, J. (2002). La promoción de la actividad física relacionada con la salud en el ámbito escolar. Implicaciones y propuestas a partir de un estudio realizado entre adolescentes. *Apunts, Educación Fisica y Deportes.* 67. pp: 54-62.

Garganta, R.M. (2000). Caracterização do esforço e efeitos induzidos pela prática de actividades de academia na aptidão física e no auto-conceito físico: estudo realizado em adultos jovens do sexo feminino praticantes de

ginástica aeróbica, musculação e cardiofitness. Dissertação apresentada às provas de Doutorado no ramo de Ciências do Desporto. FCDEF-UP.

Garganta, R.M. (2002). Guia prático de avaliação física em ginásios, academias e health clubs. A. Manz Produções. Cacém. Portugal.

Gaskill, S.E.; Ruby, B.C.; Walker, A.J.; Sanchez, O.A.; Serfass, R.C.; Leon, A.S. (2001). Validity and reliability of combining three methods to determine ventilatory threshold. *Med. Sci. Sports Exerc.* Vol. 33 (11): pp. 1841-8.

Gibbons, L.W.; Blair, S.N.; Kohl, H.W.; Cooper, K.H. (1989). The safety of maximal exercise testing. *Circulation.* 80. pp. 846-52.

Gilman, M.B.; Wells, C.L. (1993). The use of heart rates to monitor exercise intensity in relation to metabolic variables. *Int. J. Sports Med.* Aug, 14 (6): pp. 339-44.

Gilman, M.B. (1996). The use of heart rate to monitor the intensity of endurance training. *Sports Med.* 21: pp. 73-9.

Glaser, R.M.; Sawka, M.N.; Wilde, S.W.; Woodrow, B.K.; Suryaprasad, A.G. (1981). Energy cost and cardiopulmonary responses for wheelchair locomotion and walking on tile and on carpet. *Paraplegia.* 19: pp. 220-6.

Glaser, R.M.; Simsen-Harold, C.A.; Petrofsky, I.S.; Kahn, S.E.; Suryaprasad, A.G. (1983). Metabolic and cardiopulmonary responses of older wheelchair dependent and ambulatory patients during locomotion. *Ergonomics.* 26: pp. 687-97.

Glass, S.C.; Santos, V.J.; Armstron, D. (1999). The Effect of Mode of Exercise on Fat Oxidation During Exercise. *J. Strength Conditioning Res.* Vol. 13. No. 1: pp. 29-34.

Golding, L.A.; Myers, C.R.; Sinning, W.E. (1989). The Y's way to physical fitness. Human Kinetics. Ch. III.

Goodmann, L.; Taunton, J.; Hopkins, S.; Davidson, B. (1986). Conconi nonlinear heart rate curves related but not coincident with ventilatory threshold variables. J. Appl. Sport Science, 11: pp. 3-16.

Green, H.J.; Patla, A.E. (1992). Maximal aerobic power: neuromuscular and metabolic considerations. Med. Sci. Sports Exerc. Jan. 24 (1): pp. 38-46.

Hagberg, J.M.; Coyle, E.F.; Cannol, J.E.; Miller, J.M.; Martin, W.H.; Brooke, M.H. (1982). Exercise hyperventilation in patients with McArdle's disease. J. Appl. Physiol. Vol. 52: pp. 991-4.

Hagberg, J.M.; Graves, J.E.; Limacher, M.; Woods, D.; Cononie, C.; Leggett, S.; Gruber, J.; Pollock, M. (1989). Cardiovascular responses of 70-79 year old men and women to exercise training. J. Appl. Physiol. 66: pp. 2589-94.

Hagberg, J.M.; Brown, M.D. (1995). Does exercise training play a role in the treatment of essential hypertension? J. Cardiovasc. Risk. 2 (4): pp. 296-302.

Hagberg, J.M.; Moore, G.E.; Ferrell, R.E.; (2001). Specific genetic markers of endurance performance and VO₂max. Exerc. Sport Sci. Rev. 29 (1): pp. 15-9.

Hagerman, F.C.; Fielding, R.A.; Fiatarone, M.A.; Gault, J.A.; Kirkendall, D.T.; Ragg, K.E.; Evans, W.J. (1996). A 20-yr longitudinal study of Olympic oarsmen. Med. Sci. Sports Exerc. Sep. 28 (9): pp. 1150-6.

Hambrecht, R.; Niebauer, J.; Marburger, C.; Grunze, M.; Kalberer, B.; Hauer, K.; Schlierf, G.; Kubler, W.; Schuler, G. (1993). Various intensities of leisure time physical activity in patients with coronary artery disease: Effects on

cardiorespiratory fitness and progression of coronary atherosclerotic lesions. *J. Am. Coll. Cardiol.* 22 (2): pp. 468-77.

Hambrecht, R.; Niebauer, J.; Fiehn, E.; Marburger, C.T.; Muth, T.; Offner, B.; Kübler, W.; Schuler, G.C. (1995). Effect of an acute b-adrenergic blockade on the relationship between ventilatory and plasma lactate threshold. *Int. J. Sports Med.* 16: pp. 219-24.

Harms, C. (2000). Effect of skeletal muscle demand on cardiovascular function. *Med. Sci. Sports Exerc.* 32: pp. 94-9.

Haskell, W.L. (1994). The efficacy and safety of exercise programs in cardiac rehabilitation. *Med. Sci. Sports Exerc.* 26: pp. 815-23.

Haverty, M.; Kenney W.L.; Hodgson J.L. (1988). Lactate and gas exchange responses to incremental and steady state running. *Br. J. Sports Med.* 1998. Jun. 22 (2): pp. 51-4.

Hawkins, S.A.; Marcell, T.J.; Jaque, S.V.; Wiswell, R.A.; (2001). A longitudinal assessment of change in $\dot{V}O_2$ max and maximal heart rate in athletes. *Med. Sci. Sports Exerc.* Vol. 33. No. 10: pp. 1744-50.

Heck, H.; Mader, A.; Hess, G.; Mucke, S.; Muller, R.; Hollmann, W. (1985a). Justification of the 4-mmol/l Lactate Threshold. *Int. J. Sports Med.* 6: pp. 117-30.

Heck, H.; Hess, G.; Mader, A. (1985b). Vergleichende Untersuchung zu verschiedenen laktat-schwellenkonzepten. *Dtsch. Z. Sportmed.* 36 (1): pp. 19-25; (2): pp. 40-52.

Heck, H.; Tiberi, M.; Beckers, K.; Lammerschmidt, W.; Pruin, E.; Hollmann, W. (1988). Lactic acid concentration during bicycle-ergometer exercise with

preselected percentages of the Conconi-threshold (Abstract). *Int. J. Sports Med.* 9: pp. 367.

Heck, H. (1990). *Laktat in der leistungsdiagnostik*. Shorndorf, Hofmann.

Heck, H.; Hollmann, W. (1992). Identification, objectivity, and validity of the Conconi threshold by cycle stress tests. *Osler Journal Sportsmedizin*, 22: pp. 35-53.

Heizmann, P.J.; Begun, D.R. (2001). "The oldest Eurasian hominoid". *Journal of Human Evolution*. 41 (5).

Heyward, V.H. (1998). *Assessing cardiorespiratory fitness. Advanced fitness assessment exercise prescription (3rd Ed.)*. Chap. 4. Human Kinetics.

Hinrichs, R. (1980). A three-dimensional analysis of the net movements at the shoulder and elbow joints in running and their relationship to upper extremity EMG activity. *Biomechanics*: pp. 337-42. Champaign, Ill. Human Kinetics.

Hoffman, M.D.; Kassay, K.M.; Zeni, A.I.; Clifford, P.S. (1996). Does the amount of exercising muscle alter the aerobic demand of dynamic exercise? *Eur. J. Appl. Physiol.* 74 (6): pp. 541-7.

Hofman, P.; Pokan, R.; Preidler, K.; Leitner, H.; Szolar, D.; Eber, B.; Schwabegger, G. (1994). Relationship between heart rate threshold, lactate turn point and myocardial function. *Int. J. Sports Med.* Jul. 15 (5): 232-7.

Holly, R.G. (1993). *Fundamentals of cardiorespiratory exercise testing. Resource manual for guidelines for exercise testing and prescription*. 2nd edition. American College of Sports Medicine.

Holloszy, J.O.; Schultz, J.; Kusnierkiewicz, J.; Hagberg, J.M.; Ehsani, A.A. (1986). Effects of exercise on glucose tolerance and insulin resistance. Brief review and some preliminary results. *Acta Med. Scand. Suppl.* 711: pp. 55-65.

Howley, E.; Franks, B. (1992). *Health fitness instructor's handbook*. Human Kinetics Books. Ch. III.

Hughes, E.F.; Turner, S.C.; Brooks, G.A. (1982). Effects of glycogen depletion and pedalling speed on "anaerobic threshold". *J. Appl. Physiol.* 52: pp. 1598-1607.

Hutsteiner, H.; Dickhuth, H.; Eisele, R.; Norpoth, H.; Simon, G. (1996). Heart rate and blood lactate concentration during treadmill ergometry and training. *Int. J. Sports Med.* 17: pp. S19.

INE – Instituto Nacional de Estatística (2002). *As causas de morte em Portugal – 2000 – Resultados Definitivos*. Instituto Nacional de Estatística.

Inglor, F. (1991). Factors influencing assessment of maximal heart rate. *Scand. J. Med. Sci. Sports.* 1: pp. 134-40.

Institute of Medicine – IOM (2002). *Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrates, Fiber, Fat, Protein and Amino Acids (Macronutrients)*: National Academy of Sciences, Institute of Medicine. Washington, DC.

Jackson, A.S.; Wier, L.T.; Ayers, G.W.; Beard, E.F.; Stuteville, J.E.; Blair, S.N. (1996). Changes in aerobic power of women, ages 20-64 yr. *Med. Sci. Sports Exerc.* Jul. 28 (7): pp. 84-91.

Jacobs, I.; Sjoedin, B. (1985). Relationship of ergometer specific VO₂ max and muscles enzymes to blood lactate during submaximal exercise. *Br. J. Sports Med.* 19 (2): pp. 77-80.

Jones, A.M.; Doust, J.H. (1997). The Conconi test is not valid for estimation of the lactate turnpoint in runners. *J. Sports Sci.* 15: pp. 385-94.

Jones, A.M.; Doust, J.H. (1998). The validity of the lactate minimum test for determination of the maximum lactate steady state. *Med. Sci. Sports Exerc.* Aug. 30 (8): pp. 1304-13.

Jones, A.M.; Carter, H. (2000). The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. *Sports Med.* Jun. 29 (6): pp. 373-86.

Jousselin, E.; Stephan, H.H. (1984). Détermination de la zone de transition aérobie-anaérobie et utilisation pour l'entraînement *Cinésiologie.* 1984. XXIII: pp. 301-4.

Kang, J.; Chaloupka, E.C.; Mastrangelo, M.A.; Donnelly, M.; Martz, W.; Robertson, R. (1998). Regulating exercise intensity using rating of perceived exertion during arm and leg ergometry. *Eur. J. Appl. Physiol.* 78: pp. 241-6.

Kang, J.; Chaloupka, E.C.; Mastrangelo, M.A.; Biren, G.B.; Robertson, R.G. (2001). Physiological comparisons among three maximal treadmill exercise protocols in trained and untrained individuals. *Eur. J. Appl. Physiol.* Apr. 84 (4): pp. 291-5.

Kasch, F.W.; Boyer, J.L.; Van Camp, S.; Netti, F.; Verity, L.S.; Wallace, J.P. (1995). Cardiovascular changes with age and exercise. *Scand. J. Med. Sci. Sports.* 5: pp. 147-51.

Kestin, A.S.; Ellis, P.A.; Barnard, M.R.; Errichetti, A.; Rosner, B.A.; Michelson, A.D. (1993). Effect of strenuous exercise on platelet activation state and reactivity. *Circulation.* 88 (4pt1): pp. 1502-11.

Kokubun, E. (1996). Velocidade crítica como estimador do limiar anaeróbio em natação. Revista Paulista de Educação Física, São Paulo, Vol. 10. N.º 1: pp. 5-20.

Kohrt, W.M.; Malley, M.T.; Coggan, A.R.; Spina, R.J.; Ogawa, T.; Ehsani, A.A.; Bourey, R.E.; Martin, W.H.3rd.; Holloszy, J.O. (1991). Effects of gender, age and fitness level on response of VO_2 max to training in 60-71 yr olds. J. Appl. Physiol. 71: pp. 2004-11.

Kramsch, D.M.; Aspen, A.J.; Abramowitz, B.M.; Kreimendahl, T.; Hood, W.B. (1981). Reduction of coronary atherosclerosis by moderate conditioning exercise in monkeys on an atherogenic diet. N. Engl. J. Med. 305 (25): pp. 1483-9.

Kravitz, L.; Robergs, R.; Heyward, V.; Wagner, D.; Powers, K. (1997). Exercise mode and gender comparisons of energy expenditure at self-selected intensities. Med. Sci. Sports Exerc. 29: pp. 1028-35.

Kuipers, H.; Keizer, H.A.; de Vries, T.; von Rifthoven, P.; Wijts, M. (1988). Comparison of heart rate as a non-invasive determinant of anaerobic threshold with the lactate threshold when cycling. Eur. J. Appl. Physiol. 58: pp. 303-6.

Lacour, J.; Padilla, S.; Denis, C. (1987). L'inflexion de la courbe fréquence cardiaque-puissance n'est pas un témoin de seuil anaérobie. Science et Motricité. 1: pp. 3-6.

Lee, I.M.; Skerrett, P.J. (2001). Physical activity and all-cause mortality: what is the dose-response relation? Med. Sci. Sports Exerc. 33. Supp. 6: PP. S459-471.

Leger, L. (1994). Significations et limites de l'utilisation de la fréquence cardiaque dans le contrôle de l'entraînement. Actes du troisième colloque international de la Guadeloupe. Actshng et Areaps.

Leger, L.; Tokmakidis, S. (1988). Use of the heart rate deflection point to assess the anaerobic threshold. *J. Appl. Physiol.* 64: pp. 1758-9.

Lindinger, M.I.; Heigenhauser, G.I. (1991). The roles of ion fluxes in skeletal muscle fatigue. *Can. J. Physiol. Pharmacol.* 69 (2): pp. 246-53.

Londeree, B.R.; Thomas, T.R.; Ziogas, G.; Smith, T.D.; Zhang, Q. (1995). %VO_{2max} versus %HR_{max} regressions for six modes of exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 27 (3): pp. 458-61.

Luhtanen, P.; Komi, P.V. (1978). Mechanical factors influencing running speed. *Biomechanics*. University Park Press: pp. 23-9.

Maassen, N.; Busse, M.W. (1989). The relationship between lactic acid and work load: a measure of endurance capacity or an indicator of carbohydrate deficiency? *Eur. J. of Appl. Physiol. Berlin*. Vol. 58: pp. 728-37.

Mader, A. (1991). Evaluation of the endurance performance of marathon runners and theoretical analysis of test results. *J. Sports Med. Physiol. Fitness*. 31 (1): pp. 1-19.

Magalhães, J.; Soares, J. (1999). Documentos de apoio à disciplina de fisiologia do exercício 1999/00. Porto: FCDEF-UP.

Mahler, D.; Andrea, B.; Ward, J. (1987). Comparison of exercise performance on rowing and cycle ergometers. *Res. Q. Exerc. Sport.* 58: pp. 41-6.

Malina, R.M.; Bouchard, C. (1991). Aerobic power and capacity during growth. Growth, maturation and physical activity. 13: pp. 205-16. Human Kinetics.

Marques, A.T; Costa, A.; Maia, J.; Gomes, P. (1991). Aptidão Física. FACDEX. Desenvolvimento Somato-motor e factores de excelência desportiva na população portuguesa: pp. 33-53. Gabinete Coordenador do Desporto Escolar. Lisboa.

Martins, R.; Sardinha, L. (2003). Relationship between percent maximal oxygen uptake and percent maximal heart rate during four modes of exercise. Abstract Book – 8th Annual Congress European College of Sport Science (pp. 264). Institute of Sport Science - University of Salzburg, Austria.

Marzzoco, A.; Torres, B. (1990). Bioquímica básica. 1ª Ed. Rio de Janeiro. Ed. Guanabara.

Maude, P.J.; Foster, C. (1995). Physiological assessment of human fitness. Human Kinetics. Champaign, 1st, III.

Mayer-Davis, E.J.; D'Agostino R.D.Jr.; Karter, A.J.; Haffner, S.M.; Rewers, M.J.; Saad, M.; Bergman, R.N. (1998). Intensity and amount of physical activity in relation to insulin sensitivity: The Insulin Resistance Atherosclerosis Study. JAMA. 279 (9): pp. 669-74.

Mayo, J. (1998). The Physiological Effects of Varied Arm and Leg Work During Total Body Exercise. Doctoral Dissertation, University of Mississippi.

Mayo, J.; Kravitz, L.; Chitwood, L.; Kinzey, S.; Waters, W.; Wongsathikun, J. (1999). Cardiovascular response to combine arm and leg exercise. Med. Sci. Sports Exerc. 31: pp. S421.

McArdle, W.; Katch, F.; Katch, V. (1994). Energy expenditure during walking, running and swimming. Essentials of exercise physiology, part 4. Philadelphia.

McArdle, W.D.; Katch, F.I.; Katch, V.L. (1997) - Fisiologia do Exercício. Guanabara Koogan. Rio de Janeiro.

McConnell, T.R.; Clark, B.A. (1988). Treadmill protocols for determination of maximum oxygen uptake in runners. Br. J. Sports Med. Mar. 22 (1): pp 3-5.

McKenna, M.J. (1992). The roles of ionic processes in muscular fatigue during intense exercise. Sports Med. 13 (2): pp. 134-45.

McNaughton, L.R.; Thompson, D.; Philips, G.; Backx, K.; Crickmore, L. (2002). A comparison of the lactate Pro, Accusport, Analox GM7 and Kodak Ektachem lactate analysers in normal, hot and humid conditions. Int. J. Sports Med. Feb. 23 (2): pp. 130-5.

Medbø, J. I.; Mamen, A.; Olsen, O.; Evertsen, F. (2000). Examination of four different instruments for measuring blood lactate concentration. Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation. 60 (5): pp. 367-80.

Metzger, J.M.; Moss, R.L. (1990). pH modulation of the kinetics of a Ca²⁺-sensitive cross bridge state transition in mammalian single skeletal muscle fibers. J. Physiol. 428: pp. 751-64.

Metzger, J.M. (1996). Effects of troponin C on pH sensitivity of contraction in mammalian fast and slow skeletal muscle fibers. J. Physiol. 492 (1): pp. 163-72.

Meyer, T.; Gabriel, H.W.; Kindermann, W. (1999). Is determination of exercise intensities as percentages of VO₂max or Hrmax adequate? Med. Sci. Sports Exerc. Vol 31. N° 9: pp. 1342-5.

Myers, J.N. (1996). Essentials of cardiopulmonary exercise testing. Human Kinetics.

Mognoni, P.; Sirtori, M.D.; Lorenzelli, F.; Cerretelli, P. (1990). Physiological responses during prolonged exercise at the power output corresponding to the blood lactate threshold. Eur. J. Appl. Physiol. 60: pp. 239-43.

Moldover, J.; Downey, J. (1983). Cardiac response to exercise: A comparison of 3 ergometers. Arch. Physiol. Med. Rehabil. 64: pp.155-9.

Montoliu, M.A.; González, V.; Rodríguez, B.; Palenciano, L. (1997). A comparasion between laddermill and treadmill maximal oxygen consumption. Eur. J. Appl. Physiol. 76 (6): pp. 561-5.

Morris, J.N.; Heady, J.A.; Raffle, P.A.B.; Roberts, C.G.; Parks, J.W. (1953). Coronary heart disease and physical activity of work. Lancet. 2: pp. 1053-7; pp. 111-20.

Mota, J.; Appel, H. (1995). Educação na saúde. Aulas suplementares de Educação Física. Livros Horizonte. Lisboa.

Mota, J. (1997). A Actividade Física no Lazer - reflexões sobre a sua prática. Livros Horizonte. Lisboa.

Nahas, M.V. (2003). Atividade física, Saúde e Qualidade de Vida: conceitos e sugestões para um estilo ativo. Londrina: Midiograf.

National Association for Sport and Physical Education - NASPE (2003). Physical activity and children: A statement of guidelines 2003. Reston. VA.

National Institutes of Health – NIH (1996). Consensus Conference. Physical activity and cardiovascular health. JAMA. 276: pp. 241-6.

Nygaard, O.; Vollset, S.E.; Refsum, H.; Stensvold, I.; Tverdal, A.; Nordrehaug, J.E.; Ueland, M.; Kvale, G. (1995). Total plasma homocysteine and cardiovascular risk profile: The Hordaland Homocysteine Study. *JAMA*; 274 (19): pp. 1526-33.

Owen, K.; Ingham, S.A.; Shave, R.E.; Whyte, G. (2004). A comparison of the Lactate Pro and Eppendorf EB10 Plus lactate analysers. *J. Sports Sci.* March (1).

Paffenbarger, R.S.; Hyde, R.T.; Wing, A.L.; Hsieh, C. (1986). Physical activity and all-cause mortality, and longevity of college alumni. *N. Eng. J. Med.* 314 (10): pp. 605-13.

Paffenbarger, R.S. (1990). Physical activity and physical fitness as determinants of health and longevity. *Exerc. Fitness Health*: pp. 33-48. *Human Kinetics*, Ch. III.

Paffenbarger R.S.; Hyde, R.T.; Wing A.L.; Lee, I.; Jung, D.L.; Kampert, J.B (1993). The associations of changes in physical activity level and other lifestyle characteristics with mortality among men. *Engl. J. Med.* 3328: pp. 538-45.

Palmer, A.S.; Potteiger, J.A.; Nau, K.L. Tong, R.J. (1999). A 1-day maximal lactate steady-state assessment protocol for trained runners. *Med. Sci. Sports Exerc.* Sep. 31(9): pp. 1336-41.

Parker, D.; Robergs, R.A.; Quintana, R.; Frankel, C.C.; Dallam, G. (1997). Heart rate threshold is not a valid estimation of the lactate threshold. *Med. Sci. Sports Exerc.* 29: pp. S235.

Pate, R.R.; Sparling, P.B.; Wilson, G.E.; Cureton, K.J.; Miller, B.J. (1987). Cardiorespiratory and metabolic responses to submaximal and maximal

exercise in elite women distance runners. *Int. J. Sports Med.* Nov. 8 (2): pp. 91-5.

Pate, R.R.; Pratt, M.; Blair, S.N.; Haskell, W.L.; Macera, C.A.; Bouchard, C.; Buchner, D.; Ettinger, W.; Heath, G.W.; King, A.C. (1995). Physical activity and public health: a recommendation from the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine. *JAMA.* 273: pp. 402-7.

Persinger, R.; Foster, C.; Gibson, M.; Fater, D.C.W.; Porcari, J.P. (2004). Consistency of the Talk Test for Exercise Prescription. *Med. Sci. Sports Exerc.* 36 (9): pp. 1632-6.

Pluto, R.; Cruze, S.A.; Weiss, M.; Hotz, T.; Mandel, P.; Weicker, H. (1988). Cardiocirculatory, hormonal and metabolic reactions to various forms of ergometric tests. *Int. J. Sports Med.* 9 (S2): pp. S79-S88.

Pollock, M.L.; Mengelkoch, L.J.; Graves, J.E.; Lowenthal, D.T.; Limacher, M.C.; Foster, C.; Wilmore, J.H. (1997). Twenty-year follow up of aerobic power and body composition of older track athletes. *J. Appl. Physiol.* May, 82 (5): pp. 1508-16.

Powers, S.; Howley, E. (1997). *Application to Fitness and Performance.* The McGraw-Hill Companies.

Powers, S.; Howley, E. (2000). *Fisiologia do exercício: Teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho.* 3ª Ed. Editora Manole. São Paulo.

Potteiger, J.A.; Evans, B.W. (1995). Using heart rate and ratings of perceived exertion to monitor intensity in runners. *J. Sports Med. Phys. Fitness.* Sep. 35 (3): pp. 181-6.

Pyne, D.B.; Boston, T.; Martin, D.T. (2000). Evaluation of the Lactate Pro blood lactate analyser. *Eur. J. Appl. Physiol.* 82: pp. 112-6.

Reilly, T.; Woodbridge, V. (1999). Effects of moderate dietary manipulations on swim performance and on blood lactate swimming velocity curves. *Int. J. Sports Med. Stuttgart.* Vol. 20 (2): pp. 93-7.

Renoux, J.C.; Petit, B.; Billat, V.; Koralsztein, J.P. (2000). Calculation of times to exhaustion at 100 and 120% maximal aerobic speed. *Ergonomics.* Feb. 43 (2): pp. 160-6.

Ribeiro, J.P.; Fielding, R.A.; Hughes, F.; Black, A.; Bochese, M.A.; Knuttgen, H.G. (1985). Heart rate break point may coincide with the anaerobic and not the aerobic threshold. *Int. J. Sports Med.* 6: pp. 220-224.

Robergs, R.A.; Roberts, S.O. (1997). Measuring endurance, anaerobic capacity, and strength. *Exercise physiology, exercise, performance and clinical applications.* Chap. 19. Mosby-Year Book.

Robergs, R.A.; Landwehr, R. (2002). The Surprising History of the "H_{rmax}=220-age" Equation. *Journal of Exercise Physiologyonline.* Vol. 5 (2).

Rodas, G.; Calvo, M.; Estruch, A.; Garrido, E.; Ercilla, G.; Arcas, A.; Segura, R.; Ventura, J.L. (1998). Heritability of running economy: a study made in twin brothers. *Eur. J. Appl. Physiol.* May. 77 (6): pp. 511-6.

Rogers, M.A.; Evans, W.J. (1993). Changes in skeletal muscle with aging: effects of exercise training. *Exerc. Sports Sci. Rev.* 21: pp. 65-102.

Rotstein, A.; Meckel, Y. (2000). Estimation of VO₂ reserve from heart rate during arm exercise and running. *Eur. J. Appl. Physiol.* 83: pp. 545-50.

Rowland, T.W. (1996a). The plasticity of aerobic fitness. Development exercise physiology. Chap. 7. human Kinetics.

Rowland, T.W. (1996b). Submaximal energy expenditure. Development exercise physiology. Chap. 11. Human Kinetics.

Saltin, B. (1990). Cardiovascular and pulmonary adaptation to physical activity, in Bouchard C, Shephard RJ, Stephens T, et al (eds): Exercise, Fitness, and Health: A Consensus of Current Knowledge. Champaign, Ill. Human Kinetics: pp. 187-203.

Santos, P.; Santos, J. (2002). Investigação aplicada em atletismo – Um contributo da FCDEF.UP para o desenvolvimento do meio-fundo e fundo FCDEF - UP 2002: pp. 119-37.

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

Scruggs, K.D.; Martin, N.B.; Broeder, C.E.; Hofman, Z.; Thomas, E.L.; Wambsgans, K.C.; Wilmore, J.H. (1991). Stroke volume during submaximal exercise in endurance-trained normotensive subjects and in untrained hypertensive subjects with beta-blockade (propranolol and pindolol). American Journal of Cardiology. 67: pp. 416-21.

Sharkey, B. (1997). Fitness and Health. Human Kinetics. Champaign, Ill.

Shephard, R.J.; Bouhlei, E.; Vandewalle, H.; Monod, H. (1988). Muscle mass as a factor limiting physical work. J. Appl. Physiol. 64 (4): pp. 1472-9.

Shephard, R.J. (1994). Aerobics, Fitness & Health. Human Kinetics. Champaign, Ill.

Shephard, R.J. (2000). Consumo máximo de oxígeno. La resistencia en el deporte. Cap. 19. Paidotribo.

Simmons, D.N.; Berry, M.J.; Hayes, S.I.; Walschlager, S.A. (2000). The relationship between %HRpeak and VO2peak in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Med. Sci. Sports Exerc.* 32: pp. 881-6.

Simões, H. G.; Campbell, C. S.; Kokubun, E.; Denadai, B. S.; Baldissera, V. (1999). Blood glucose responses in humans mirror lactate responses for individual anaerobic threshold and for lactate minimum in track tests. *Eur. J. Appl. Physiol. Berlin.* Vol. 80. Nº 1: pp. 34-40.

Siscovick, D.S.; Weiss, N.S.; Fletcher, R.H.; Lasky, T. (1984). The incidence of primary cardiac arrest during vigorous exercise. *N. Eng. J. Med.* 311: pp. 874-7.

Skinner, J.S.; Wilmore, K.M.; Krasnoff, J.B.; Jaskolski, A.; Jaskolska, A.; Gagnon, J.; Province, M.A.; Leon, A.S.; Rao, D.C.; Wilmore, J.H.; Bouchard, C. (2000). Adaptation to a standardized training program and changes in fitness in a large, heterogenous population: The Heritage Family Study. *Med. Sci. Sports Exerc.* 32 (1): pp. 157-61.

Skinner, J.S.; Gaskill, S.E.; Rankinen, T.; Leon, A.S.; Rao, D.C.; Wilmore, J.H.; Bouchard, C. (2004). Heart rate versus %VO2max: age, sex, race, initial fitness, and training response--HERITAGE. *Med. Sci. Sports Exerc.* Feb. 36 (2): pp. 348.

Smith, T.D.; Thomas, T.R.; Londeree, B.R.; Zhang, Q.; Ziogas, G. (1996). Peak oxygen consumption and ventilatory thresholds on six modes of exercise. *Can. J. Appl. Physiol.* Apr. 21 (2): pp. 79-89.

Smith, T.P.; McNaughton, L.R.; Marshall, K.J. (1999). Effects of 4-wk training using V_{max}/T_{max} on VO_2max and performance in athletes. *Med. Sci. Sports Exerc.* Jun. 31 (6): pp. 892-6.

St Clair Gibson, A.; Lambert, M.I.; Hawley, J.A.; Broomhead, S.A.; Noakes, T.D. (1999). Measurement of maximal oxygen uptake from two different laboratory protocols in runners and squash players. *Med. Sci. Sports Exerc.* Aug. 31 (8): pp. 1226-9.

Stefanick, M.L.; Mackey, S.; Sheehan, M.; Ellsworth, N.; Haskell, W.L. (1998). Effects of diet and exercise in men and postmenopausal women with low levels of HDL cholesterol and high levels of LDL cholesterol. *N. Engl. J. Med.* 339 (1): pp. 12-20.

Stegmann, H.; Kindermann, W.; Schnabel, A. (1981). Lactate kinetics and individual anaerobic threshold. *Int. J. Sports Med. Stuttgart.* Vol. 2: pp.160-5.

Stegmann, H.; Kindermann, W. (1982). Comparison of prolonged exercise tests at the individual anaerobic threshold and the fixed anaerobic threshold of 4 mmol/l lactate. *Int. J. Sports Med.* May. 3 (2): pp. 105-10.

Stenberg, J.; Astrand, P.O.; Ekblom, B.; Royce, J.; Saltin, B. (1967). Hemodynamic response to work with different muscle groups, sitting and supine. *J. Appl. Physiol.* 22: pp. 61–70.

Strath, S.J.; Swartz, A.M.; Bassett, D.R.; O'Brien, W.L.; King, G.A.; Ainsworth, B.E. (2000). Evaluation of heart rate as a method for assessing moderate intensity physical activity. *Med. Sci. Sports Exerc.* 32 (9): pp. S465-S470.

Stuart, R.J.; Ellestad, M.H. (1980). National survey of exercise stress testing facilities. *Chest.* 77: pp. 94-7.

Sumsion, J.R.; Hansen, D.E.; Francis, K.T. (1989). The relationship between anaerobic threshold and heart rate linearity during arm crank exercise. *J. Strength Conditioning Res.* 3. N° 3: pp. 51-6.

Svedahl, K.; Macintosh, B.R. (2003). Anaerobic Threshold: the concept and methods of measurement. *Can. J. Appl. Physiol.* 28: pp. 299-323.

Swain, D.P.; Leutholtz, B.C.; King, M.E. (1998). Relationship between heart rate reserve and %VO₂ reserve in treadmill exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 30: pp. 318–21.

Szymanski, L.M.; Pate, R.R.; Durstine, J.L. (1994). Effects of maximal exercise and venous occlusion on fibrinolytic activity in physically active and inactive men. *J. Appl. Physiol.* 77 (5): pp. 2305-10.

Tanaka, H.; Fukumoto, S.; Osaka, Y.; Ogawa, S.; Yamaguchi, H.; Miyamoto, H.; (1991). Distinctive effect of 3 different modes of exercise on oxygen-uptake, heart-rate and blood lactate and piruvate. *Int. J. Sports Med.* 12 (5): pp. 433-8.

Tanaka, H.; Monahan, K.G; Seals, D.S. (2001). Age-predicted maximal rate revisited. *Journal of American College of Cardiology.* 37: pp. 153-6.

Thoden, J.S. (1991). Testing Aerobic Power. Physiological testing of the high-performance athlete. *Can. Ass. of Sport Med. Human Kinetics.* 1991. Cap. 4: pp. 107-74.

Thomas, T.; Ziogas, G.; Smith, T.; Zhang, Q.; Londeree, B. (1995). Physiological and perceived exertion responses to six modes of submaximal exercise. *Res. Q. Exerc. Sport.* 66: pp. 239-46.

Thompson, P.D.; Funk, E.J.; Carleton, R.A.; Sturner, W.Q. (1982). The incidence of death during jogging in Rhode Island from 1975 to 1980. *J. Am. Med. Assoc.* 247: pp. 2535-8.

Tokmakidis, S.P.; Leger, L.A. (1992). Comparison of mathematically determined blood lactate and heart rate "threshold" points and relationship to performance. *Eur. J. Appl. Physiol.* 64 (4): pp. 309-17.

Trappe, S.W.; Costill, D.L.; Vukovich, M.D.; Jones, J.; Melham, T. (1996). Aging among elite distance runners: a 22-yr longitudinal study. *J. Appl. Physiol.* Jan. 80 (1): pp. 285-90.

Vachon, J.A.; Bassett, D.R.Jr.; Clarke, S. (1999). Validity of the heart rate deflection point as a predictor of lactate threshold during running. *J. Appl. Physiol.* Jul. 87 (1): pp. 452-9.

Van Camp, S.P.R.; Peterson, R.A. (1986). Cardiovascular complications of outpatient cardiac rehabilitation programs. *JAMA.* 256: pp. 1160-3.

Van Ingen, G.J.; Bobbert, M.F.; De Haan, A. (1997). Does elastic energy enhance work and efficiency in the stretch-shortening cycle? *J. Appl. Biomech.* 13: pp. 389-415.

Van Someren, K.A.; Howatson, G.; Nunan, D.; Thatcher, R.; Shave, R. (2005). Comparison of the Lactate Pro and Analox GM7 blood lactate analysers. *Int. J. Sports Med.* Oct. 26 (8): pp. 657-61.

Varo, J.; Martínez-Gonzalez, M.A.; Irala-Estévez, J.; Kearney, J.; Gibney, M.; Martínez, J.A. (2003). Distribution and determinants of sedentary lifestyles in the European Union. *Int. J. Epidemiol.* 32: pp. 138-46.

Ventura, S.J.; Anderson, R.N.; Martin, J.A.; Smith, B.L. (1998). Births and deaths: preliminary data for 1997. National Vital Statistics Reports. Vol. 47. No. 4. Hyattsville, MD: National Center for Health Statistics.

Verstappen, F.; Huppertz, R.; Snoeckx, L. (1982). Effect of training specificity on maximal treadmill and bicycle ergometer exercise. *Int. J. Sports Med.* 3: pp. 43-6.

Vincent, P.; Roche, F.; Gaspoz, J.; Enjolras, F.; Antoniadis, A.; Minini, P.; Costes, F.; Busso, T.; Lacour, J.; Barthélémy, J.C. (2000). Relation between heart rate variability and training load in middle-distance runners. *Med. Sci. Sports Exerc.* 32: pp. 1729-36.

Vokac, Z.; Bell, H.; Bautz-Holter, E.; Rodahl, K. (1975). Oxygen uptake/heart rate relationship in leg and arm exercise, sitting and standing. *J. Appl. Physiol.* 39: pp. 54–9.

Vuorimaa, T.; Vasankari T.; Rusko, H. (2000). Comparison of physiological strain and muscular performance of athletes during two intermittent running exercises at the velocity associated with VO_{2max} . *Int. J. Sports Med.* Feb. 21 (2): pp. 96-101.

Wasserman, K.; McIlroy, M.B. (1964). Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise. *Am. J. of Cardiology.* Vol. 14: pp. 844-52.

Wasserman, K.; Hansen, J.E.; Sue, D.Y.; Whipp, B.J.; Casaburi, R. (1994). *Principles of exercise testing and interpretation.* 2nd ed. Pennsylvania, Lea & Febiger.

Wells, C.L. (1991). *Women, Sport, and Performance: A Physiological Perspective,* 2nd Ed. Champaign, Ill: Human Kinetics Publishers.

Williams, P.T. (1996). High-density lipoprotein cholesterol and other risk factors for coronary heart disease in female runners. *N. Engl. J. Med.* 334 (20): pp. 1298-303.

Wilmore, J.H.; Costill, D.L. (1994). *Cardiorespiratory adaptations to training. Physiology of sport and exercise.* Human Kinetics.

Wilmore, J.H.; Stanforth, P.R.; Gagnon, J.; Leon, A.S.; Rao, D.C.; Skinner, J.S.; Bouchard, C. (1996). Endurance exercise training has a minimal effect on resting heart rate: The HERITAGE study. *Med. Sci. Sports Exerc.* 28: pp. 829-35.

Wilmore, J.H.; Costill, D.L. (2004). *Fisiologia del Esfuerzo e del Deporte* (5^a ed.). Barcelona: Paidotribo.

Wolfe, G.A.; Waters, R.; Hislop, H.J. (1977). Influence of floor surface on the energy cost of wheelchair propulsion. *Phys. Ther.* 57: pp. 1022-7.

Wood, P.D.; Stefanick, M.L.; Williams, P.T.; Haskell, W.L. (1991). The effects on plasma lipoproteins of a prudent weight-reducing diet, with or without exercise, in overweight men and women. *N. Engl. J. Med.* 325 (7): pp. 461-6.

Wyatt, F.B. (1999). Comparison of lactate and ventilatory threshold to maximal oxygen consumption: a meta analysis. *J. of Strength and Conditioning Res.* 13: pp. 67-71.

Yasuda, N.; Ruby, B.C.; Gaskill, S.E. (2002). Substrate utilization during arm and leg exercise relative to the ventilatory threshold in men. *J. Sports Med. Phys. Fit.* 42 (4): pp. 403-8.

Yoshida, T. (1984). Effect of exercise duration during incremental exercise on the determination of anaerobic threshold and the onset of blood lactate accumulation. *Eur. J. Appl. Physiol.* 53 (3): pp. 196-9.

Zavorsky, G.S. (2000). Evidence and possible mechanisms of altered maximum heart rate with endurance training and tapering. *Sports Med.* Jan 29 (1): pp. 13-26.

Zeni, A.; Hoffman, M.; Clifford, P. (1996). Energy expenditure with indoor exercise machines. *JAMA.* 275: pp. 1424-7.

Zwiren, L.D.; Bar-Or, O. (1975). Responses to exercise of paraplegics who differ in conditioning level. *Med. Sci. Sports Exerc.* 7: pp. 94-8.

Anexos

Anexos

Anexo A

Sítios consultados a 12 de Agosto de 2006, através do motor de busca “Google”, e utilizando as expressões “zonas de treino”, “heart rate chart”, e outras semelhantes, tendo em vista a verificação da forma actual de prescrição do treino.

<http://athletics.spokane.cc.wa.us/WellnessProgram/ACSMTrainingGuide.pdf>

http://www.machinehead-software.co.uk/bike/heart_rate/heart_rate_calculator.html

http://pages.prodigy.net/edc3/imusa/heart_rates.html

<http://online.chabotcollege.edu/kgrace/FitnessCenter/TargetZones.htm>

http://www.mercatosquare.com/images/large/child_LRG.jpg

<http://walking.about.com/library/graphics/heartzon.gif>

<http://w3.ouhsc.edu/phar5442/Images/Imagescardio/Trainingzones.gif>

<http://www.joedom.com/joedom.com/hartzone.jpg>

http://www.timex.com/hrm/hrm_images/heart_chart.gif

http://www.leighcrews.com/shop/shopimages/WC-HRZ_large.jpg

http://www.timemedical.co.uk/posters/fitness_charts/training_heart_rate_zones.jpg

<http://www.cardiosport.com/images/chart000.gif>

http://www.rogercortesi.com/athleticlog_help/html_single/table_trainingzones.png

<http://www.fitnessbreakthrough.co.uk/images/content/image003.gif>

<http://www.heartratemonitorsusa.com/Images/TZ-2004/product-page-images/Heart-Rate-Monitors/Timex/timex-exercise-zone-pic2.gif>

<http://www.activeforlife.com.au/images/general/exercise-zones.gif>

http://www.visionfitness.com/images/fitinfo_targetHRzone.gif

http://mexa-se.idesporto.pt/04_02.html

<http://www.3fitness.com/1fitness/freq%20cardiaca.htm>

http://www.fitnessboutique.pt/compra-frequencia_cardiaca.html

<http://www.oregonscientific.com.br/assets/manuals/Portuguese%20HR102.pdf>

http://www.miralago.pt/cms_imgs/5d99a741aa8691fce2c1f49772beaa55.jpg

<http://www.cdof.com.br/fisio1.htm>

http://www.adidas.com/campaigns/verticalsrunning/content/pt/download/data/training_plans/MTP_3_45-4_15h.pdf

http://biclas.blogspot.com/2006_04_01_biclas_archive.html

http://www.bikemagazine.com.br/index.php?option=com_content&task=view&id=1291&Itemid=51

<http://www.rtp.pt/wportal/sites/tv/mulher/pdf/treino.pdf>

http://www.institutofleury.org.br/educacao/eventos/2004/atividade_fisica/saude_atividade_fisica6.pdf

<http://www.copacabanarunners.net/monitor-cardiaco.html>

<http://www.vivaesporte.com.br/artigos/trein2.cfm>

http://www.bikemagazine.com.br/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=1291

[http://support.polar.fi/PKBSupport.nsf/0/42256c2b001e0f6ac22570890025daf5/\\$FILE/ExeGuide_19625933.00_PRT_A.pdf](http://support.polar.fi/PKBSupport.nsf/0/42256c2b001e0f6ac22570890025daf5/$FILE/ExeGuide_19625933.00_PRT_A.pdf)

[http://support.polar.fi/PKBSupport.nsf/0/42256c2b001e0f6ac22570890029534f/\\$FILE/Personal%20Guide_19628326.00_PRT_A.pdf](http://support.polar.fi/PKBSupport.nsf/0/42256c2b001e0f6ac22570890029534f/$FILE/Personal%20Guide_19628326.00_PRT_A.pdf)

http://www.portalbtt.com/hidratacao_nutricao/plano_treino.asp

<http://carvalhelhosboavista.com/calculadores.htm>

http://www.corporaterun.com/m3.asp?cod_pagina=1133

<http://www.efdeportes.com/efd67/aerobico.htm>

<http://www.gd4caminhos.com/orientacao/treino/2001/mesociclo1.html>

<http://www.arbl.pt/pulsacoes.html>

<http://www.vitorgamito.com/treino.asp?codigo=6>

<http://www.twrc.rowing.org.uk/coach/hearttrate.htm>

http://www.ultracycling.com/training/heart_rate_training_zones.html

<http://www.trifuel.com/triathlon/triathlon-training/how-to-set-accurate-training-zones-000573.php>

http://www.heartmonitors.com/zone_calc.htm

<http://www.runnersworld.co.uk/news/article.asp?UAN=176>

<http://spokepost.com/news/story/1274/?catViewAll=4>

<http://www.marathonguide.com/training/articles/HeartMonitorTraining.cfm>

http://www.bupa.co.uk/health_information/html/healthy_living/lifestyle/exercise/running/heart.html

<http://www.nordicskiracer.com/Training/2002/DeterminingZones.asp>

<http://www.copacabanarunners.net/iheart.html>

http://www.y2kanu.com/hrm_training.htm

<http://www.howtobefit.com/five-heart-rate-zones.htm>

<http://www.adventuresportsonline.com/hrzoneseasy.htm>

http://www.totalfitnessnetwork.com/cgi-bin/totalfitnessnetwork/Heart_Rate_Training_Zones3.html

Anexo B

Ficha de consentimento para a realização dos testes máximos.

Serão realizados vários testes de cariz maximal em vários ergómetros (tapete rolante, elíptica, bicicleta e manivela), tendo sido explicados todos os procedimentos e riscos inerentes aos mesmos, previamente à assinatura deste documento.

A participação é inteiramente voluntária.

Declaro que entendi os procedimentos do estudo, estando ciente dos seus riscos. Na remota possibilidade de alguma eventualidade nefasta decorrente da sua realização, não imputarei qualquer responsabilidade aos investigadores ou ginásios onde os testes se realizaram. Nestes termos, consinto voluntariamente a minha participação nos mesmos.

Data

Assinatura do/a participante

Anexo C

Escala de Borg adaptada, utilizada para a confirmação da maximalidade dos testes.

Escala	Apreciação verbal
1	Demasiado leve
2	Muito leve
3	Leve
4	Moderado
5	
6	Intenso
7	
8	Muito intenso
9	
10	Demasiado intenso