



Universidade Técnica de Lisboa
Faculdade de Motricidade Humana



Variação da aptidão funcional ao longo da época desportiva em corredores portugueses de meio fundo

Dissertação elaborada com vista à obtenção do Grau de Doutor em Motricidade Humana na especialidade de Treino Desportivo

Orientador: Professor Doutor Francisco José Bessone Ferreira Alves

Co-orientador: Professor Doutor Victor Manuel Machado de Ribeiro dos Reis

Júri

Presidente: Reitor da Universidade Técnica de Lisboa

Vogais: Doutor Jorge Proença Martins, Professor Catedrático convidado da Faculdade de Educação Física e Desporto da Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias

Doutor António José Rocha Martins da Silva, Professor Catedrático da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Doutor José Henrique Fuentes Gomes Pereira, Professor Catedrático da Faculdade de Motricidade Humana da Universidade Técnica de Lisboa

Doutor Francisco José Bessone Ferreira Alves, Professor Catedrático da Faculdade de Motricidade Humana da Universidade Técnica de Lisboa

Doutor Victor Manuel Machado de Ribeiro dos Reis, Professor Associado da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Doutora Joana Filipa de Jesus Reis, Bolseira de Pós-doutoramento, Investigadora do Centro Interdisciplinar da Performance Humana da Faculdade de Motricidade Humana da Universidade Técnica de Lisboa

Bernardo Gonçalves Manuel

2013

UNIVERSIDA TÉCNICA DE LISBOA
FACULDADE DE MOTRICIDADE HUMANA

**Variação da aptidão funcional ao longo da época
desportiva em corredores portugueses de meio
fundo**

Dissertação elaborada com vista à obtenção do Grau de Doutor em
Motricidade Humana na especialidade de Treino Desportivo

Orientador: Professor Doutor Francisco José Bessone Ferreira Alves

**Co-orientador: Professor Doutor Victor Manuel Machado de Ribeiro dos
Reis**

Júri

Presidente: Reitor da Universidade Técnica de Lisboa

Vogais: Doutor Jorge Proença Martins, Professor Catedrático convidado da
Faculdade de Educação Física e Desporto da Universidade Lusófona de
Humanidades e Tecnologias

Doutor António José Rocha Martins da Silva, Professor Catedrático da
Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Doutor José Henrique Fuentes Gomes Pereira, Professor Catedrático da
Faculdade de Motricidade Humana da Universidade Técnica de Lisboa

Doutor Francisco José Bessone Ferreira Alves, Professor Catedrático da
Faculdade de Motricidade Humana da Universidade Técnica de Lisboa

Doutor Victor Manuel Machado de Ribeiro dos Reis, Professor Associado da
Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Doutora Joana Filipa de Jesus Reis, Bolseira de Pós-doutoramento,
Investigadora do Centro Interdisciplinar da Performance Humana da
Faculdade de Motricidade Humana da Universidade Técnica de Lisboa

Bernardo Gonçalves Manuel

2013

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado no âmbito do doutoramento em Motricidade Humana na área de especialização de Ciências do Desporto, tendo em vista a obtenção do Grau de Doutor.

Apesar do carácter individual que é subjacente ao mesmo, a sua elaboração e preparação contaram com o apoio e o estímulo de várias pessoas e instituições, sem as quais a sua execução teria sido assaz difícil.

Gostaria, portanto, de expressar o meu sincero reconhecimento àqueles que partilharam comigo o desenvolvimento desta difícil e aliciante tarefa, para o que não posso deixar de relevar a insuficiência das minhas palavras.

Ao Professor Doutor Francisco José Bessone Ferreira Alves, pela competência, rigor científico, serenidade e disponibilidade manifestados na orientação do trabalho.

Ao Professor Doutor Victor Manuel Machado de Ribeiro dos Reis, também orientador deste trabalho, pela competência, rigor científico, disponibilidade e aconselhamento manifestados na orientação ao longo de vários anos.

Ao Dr. Mário Alberto Moniz Pereira, o meu mestre de sempre, pelo que me ensinou, pelo gosto e paixão pelo atletismo e pela vida. Conhecê-lo e ter tido o privilégio de, não só ter sido treinado por ele, mas também, integrar a sua equipa técnica, foi e continua a ser muito gratificante.

Ao Dr. Fernando Mota, pela amizade e apoio institucional permanente e não só nos bons momentos, enquanto Presidente da Federação Portuguesa.

Ao Dr. Marcel de Almeida, pela sua aptidão intelectual, apoio sistemático e amizade sólida.

Ao Arquitecto Pedro de Almeida, pela profunda amizade e laços familiares, meu primeiro treinador e mestre nas lides do atletismo, na longínqua década de setenta (70).

Ao Armando Aldagalega, pela amizade, companheirismo e apoio partilhado na orientação técnica das equipas do nosso clube de sempre.

Ao Norberto Santos, pela amizade e preciosa colaboração na procura de documentos específicos na área de meio-fundo.

Ao António Cabral, pela amizade, dedicação e preciosa colaboração na monitorização dos processos de treino e, principalmente, por falarmos a mesma linguagem.

Ao Carlos Grifo Babo, pela amizade e pela sua disponibilidade incondicional demonstrada na revisão do texto.

Ao José Augusto Neves, pela amizade e pela sua disponibilidade incondicional e ajuda na elaboração dos quadros.

Ao José Leitão, pela amizade e pela sua disponibilidade incondicional e ajuda na realização dos vários testes de terreno.

Ao Instituto do Desporto de Portugal, pelo apoio concedido no âmbito do programa de apoio financeiro à investigação no Desporto2004.

À Federação Portuguesa de Atletismo, pela sua prestimosa colaboração.

À Associação de Atletismo de Lisboa, também pela sua prestimosa colaboração.

Ao Sporting Clube de Portugal e a todos os que apoiaram e distinguiram o meu trabalho.

Aos meus colegas treinadores que disponibilizaram os seus planos de treino e incentivaram os seus atletas, antes e durante a realização dos testes de terreno.

Aos atletas envolvidos no estudo, pelo contributo e valorização dos meus próprios conhecimentos técnico/científicos, na difícil, mas igualmente aliciante, área do treino desportivo.

Finalmente, à minha mulher e aos meus filhos, pelo apoio, compreensão, carinho e pelo tempo que lhes roubei ao preparar este trabalho.

Resumo

Foi objectivo deste estudo analisar a variação da aptidão aeróbia e da aptidão anaeróbia de 2 grupos de corredores de meio fundo curto com nível de desempenho diferente durante uma época desportiva.

Os atletas realizaram uma prova progressiva máxima para determinação do $VO_2\text{max}$ e da velocidade aeróbia máxima (VAM) e uma prova supramáxima de 600 m, para determinação do défice de oxigénio acumulado máximo (DefO_2AC) e estudo da cinética do VO_2 .

Os melhores atletas de 800 m diferenciaram-se por cumprirem um menor volume de treino, possuírem uma VAM inferior, mas uma velocidade média na prova supramáxima (V600m) superior. Os melhores corredores de 1500 m realizaram um volume superior de carga, especialmente de corrida contínua, e tinham uma VAM superior.

Durante o macrociclo, os atletas perderam aptidão aeróbia após a fase de treino específico para o pico de forma. A V600m, no entanto, manteve-se estável ou melhorou. Quando considerada a amostra total, houve redução significativa na VAM e ligeira melhoria na V600m.

O desempenho competitivo aos 800 m mostrou estar associado à VAM e à V600m, enquanto que aos 1500 m houve correlações significativas com a VAM, a V4, a maxLa , a contribuição relativa do metabolismo aeróbio na prova supramáxima de 600 m e uma relação inversa com o DefO_2AC .

Este estudo comprovou a existência de um perfil marcadamente aeróbio nos melhores atletas de meio fundo curto portugueses e chama a atenção para a necessidade de aumentar as cargas de treino, visando adaptações de velocidade e capacidade anaeróbia.

Palavras-chave: meio fundo, corrida, potência aeróbia, capacidade anaeróbia, economia de corrida, cinética do consumo de oxigénio

Abstract

The purpose of this study was to analyze the variability of aerobic and anaerobic performance indicators during a competitive season in two groups of middle-distance runners with different performance levels.

The runners were evaluated by performing an incremental maximal test, for assessment of VO_2max and maximal aerobic velocity (MAV) and a supramaximal test of 600 m to estimate the maximal accumulated O_2 deficit (MAOD) and VO_2 kinetics.

Best 800 m runners have accomplished less training volume during the whole season, had a slower MAV but a better average velocity at the 600 m trial (V600m). Best 1500 m runners have done higher volumes of continuous running and had a faster MAV.

Both 800 m and 1500 m runners lost aerobic adaptations after the specific training phase and peaking at the end of the season, as can be seen by the decrease in MAV. V600m, however, remained unchanged or even increased in the best 800 m runners group.

Performance in the 800 m was associated with MAV and V600m, while in the case of the 1500 m event, significant correlations were obtained with MAV, OBLA, maximal lactate concentration after the 600 m trial, relative aerobic contribution in this test and an inverse relationship to MAOD.

This study confirmed that Portuguese elite short middle-distance runners have a markedly aerobic profile and draw attention to the fact that these athletes should increase training loads focusing the development of velocity, muscular power and anaerobic capacity.

Key words: middle-distance, running, aerobic power, anaerobic capacity, running economy, oxygen uptake on-kinetics

Índice

1. INTRODUÇÃO	2
1.1 Enquadramento do estudo.....	2
1.2 Pertinência do estudo	3
1.3 Problemas do estudo.....	4
1.4 Objetivos do estudo	5
1.5 Organização do estudo.....	5
1.6 Pressupostos da investigação	6
2. REVISÃO DA LITERATURA	8
2.1 As corridas de meio fundo no atletismo	8
2.1.1 Breve caracterização cronométrica dos desempenhos nas provas de 800 e 1500 m	9
2.1.2 Caracterização cronométrica do desempenho dos atletas nas provas de 800 e 1500 m	12
2.2.3 A periodização anual do treino no meio fundo	14
2.3 Indicadores aeróbios do desempenho no meio fundo	21
2.3.1 Consumo máximo de oxigénio e velocidade aeróbia máxima.....	23
2.3.2 Limiar anaeróbio.....	25
2.3.3 Economia de corrida	30
2.3.4 Consumo máximo de oxigénio e velocidade aeróbia máxima.....	34
2.4 Indicadores anaeróbios para o controlo do treino no meio fundo	37
2.4.1 Défice de oxigénio acumulado máximo (DefO ₂ Ac).....	38
2.4.2 Concentração sanguínea máxima de lactato (maxLa)	40
2.5 Perfil metabólico e desempenho nas provas de 800m e 1500m	41
3. METODOLOGIA.....	48
3.1 Desenho do estudo.....	48
3.2 Processo de treino	49
3.3 Caracterização da amostra	50
3.3.1 Estudo da prova de 800 m: caracterização da amostra	51

3.3.2	Estudo da prova de 1500 m: caracterização da amostra	52
3.3.3	Caraterização cronométrica da amostra: critérios de velocidade	53
3.4	Procedimentos experimentais.....	54
3.4.1	Prova progressiva máxima	54
3.4.2	Prova supramáxima	57
3.4.3	Instrumentação.....	59
3.5	Estatística	60
4.	APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	63
4.1	Cargas de treino efectivamente cumpridas.....	63
4.2	Indicadores aeróbios e anaeróbios por grupos de desempenho nas duas fases de avaliação.....	65
4.2.1	Estudo da prova de 800 m	65
4.2.2	Estudo da prova de 1500 m	67
4.2.3	Indicadores aeróbios e anaeróbios da amostra total nas duas fases de avaliação.....	68
4.3	Estudos correlacionais utilizando a amostra total	71
4.3.1	Idade, características corporais e indicadores aeróbios e anaeróbios	71
4.3.2	Volume de treino e indicadores aeróbios e anaeróbios.....	72
4.3.3	Índice de Zabiazowski e indicadores aeróbios e anaeróbios.....	73
4.3.4	Desempenho (velocidade média de prova) em competições de 800 m e de 1500 m	73
4.3.5	Desempenho na prova supramáxima de 600m (velocidade média no teste)	77
4.3.6	Relação entre indicadores de aptidão aeróbia e anaeróbia	77
5.	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	80
5.1	Comparações 800 vs 1500 e melhores vs piores	81
5.1.1	Consumo máximo de oxigénio	81
5.1.2	Velocidade aeróbia máxima	84
5.1.3	Velocidade de corrida correspondente a uma concentração sanguínea de lactato de 4mmol. L ⁻¹	86
5.1.4	Custo energético de corrida	86
5.1.5	Contribuição aeróbia e anaeróbia nos 600m.....	88

5.1.6 Déficit de oxigénio acumulado	90
5.2 Comparações entre fases de avaliação.....	91
5.2.1 Quantificação das cargas de treino – 800 m	91
5.2.2 Quantificação das cargas de treino - 1500 m.....	92
5.2.3 Alterações em indicadores fisiológicos.....	94
5.3 Associações entre variáveis	97
5.3.1 Idade e morfologia dos atletas	99
5.3.2 Indicadores de aptidão aeróbia e anaeróbia	100
5.3.3 Cinética do VO2 na prova supramáxima.....	102
6. CONCLUSÕES	106
6.1 Respostas às questões que justificaram o nosso estudo	106
6.2 Recomendações.....	108
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	110

Índice de Figuras

Figura 1 Relação entre os valores de VO ₂ max determinados na prova progressiva máxima, nos dois momentos de avaliação.	69
Figura 2 Relação entre os valores de VAM determinados na prova progressiva máxima, nos dois momentos de avaliação.....	69
Figura 3 Relação entre os valores de DefO ₂ AC determinados na prova supra-máxima, nos dois momentos de avaliação.....	70
Figura 4 Relação entre os valores de V600 determinados na prova supra-máxima, nos dois momentos de avaliação.....	70
Figura 5 Relação entre as constantes temporais determinadas na prova supramáxima de 600 m, nos dois momentos de avaliação.....	70
Figura 6 Relação entre as melhores marcas da época (MME) e pessoal (MMP), para a prova de 800 m.	74
Figura 7 Relação entre as melhores marcas da época (MME) e pessoal (MMP), para a prova de 1500 m.	74
Figura 8 Relação entre as melhores marcas pessoais (MMP) para a prova de 800 m e a VAM determinada na 1ª fase de avaliação.....	75
Figura 9 . Relação entre as melhores marcas da época (MME) na prova de 800 m e a V600m determinada 2ª fase de avaliação.	76
Figura 10 Relação entre as melhores marcas pessoais (MMP) na prova de 1500 m e a VAM determinada 1ª fase de avaliação.....	76
Figura 11 Relação entre as melhores marcas pessoais (MMP) na prova de 1500 m e o DefO ₂ AC determinado na 1ª fase de avaliação.	76
Figura 12 Relação entre as melhores marcas da época (MME) na prova de 1500 m e a VAM determinada na 2ª fase de avaliação.....	77
Figura 13 Relação entre a VAM e o DefO ₂ AC determinados na 1ª fase de avaliação.	78

Figura 14 Relação entre a VAM e o DefO2AC determinados no 2ª fase de avaliação.	78
Figura 15 Relação entre a constante temporal determinada na prova supramáxima de 600 m e o VO2max, na 1ª fase de avaliação.	79
Figura 16 Relação entre a constante temporal determinada na prova supramáxima de 600 m e o VO2max, na 2ª fase de avaliação.	79

Índice de Tabelas

Tabela 1 Características dos 10 melhores corredores de 800m de todos os tempos (Matthews: 1981, 1985, 1992, 1996, 1999, 2000, 2003, 2004, 2005, 2006, 2009, 2010, 2012).	10
Tabela 2 Características dos 10 melhores corredores portugueses de 800m de todos os tempos (FPA: 1990, 1995, 2000, 2004, 2008, 2010).	10
Tabela 3 Características dos 10 melhores corredores de 1500m de todos os tempos (Matthews: 1981, 1985, 1992, 1996, 1999, 2000, 2003, 2006, 2009, 2010, 2012)	11
Tabela 4 Características dos 10 melhores corredores portugueses de 1500m de todos os tempos (FPA: 1990, 1995, 2000, 2004, 2008, 2010; Silva, 1987)	11
Tabela 5 Critério de utilização da velocidade (Zabiazowski) de alguns dos melhores corredores nacionais e internacionais de todos os tempos - 800/1500 m.	13
Tabela 6 . Características da amostra referentes aos grupos de desempenho A e B dos estudos dos 800 m e dos 1500 m. MMP - melhor marca pessoal; MME - melhor marca da época; MC - massa corporal.....	52
Tabela 7 Volume total de treino (VTT) e volume de treino semanal médio (VTS) para os diferentes tipos de exercícios de treino utilizados, nos grupos A e B referentes ao estudo da prova dos 800 m, nas 2 fases da época e no total da época desportiva. CC – corrida contínua; TI - treino intervalado. Todos os volumes de treino são expressos em km. * $p \leq 0,05$	64
Tabela 8 Volume total de treino (VTT) e volume de treino semanal médio (VTS) para os diferentes tipos de exercícios de treino utilizados, nos grupos A e B referentes ao estudo da prova dos 1500 m, nas 2 fases da época e no total da época desportiva. CC – corrida contínua; TI - treino intervalado. Todos os volumes de treino são expressos em km. * $p \leq 0,05$	65
Tabela 9 Indicadores aeróbios e anaeróbios medidos nas 1ª e 2ª fase de avaliação do grupo A (melhores corredores) e do grupo B (piores corredores) do estudo da prova de 800 m. * -diferença entre fases de avaliação; # - diferente do grupo A (**- $p \leq 0,01$).....	66

Tabela 10 Indicadores aeróbios e anaeróbios medidos nas 1ª e 2ª fase de avaliação do grupo A (melhores corredores) e do grupo B (piores corredores) do estudo da prova de 1500 m. * -diferença entre fases de avaliação; # - diferente do grupo A (*- $p \leq 0,05$; # - $p \leq 0,05$)..... 67

Tabela 11 Indicadores aeróbios e anaeróbios medidos nas 1ª e 2ª fase de avaliação na amostra total. (diferenças entre fases: *- $p \leq 0,05$; **- $p \leq 0,01$).. 68

Tabela 12 Correlação (r) entre indicadores aeróbios e anaeróbios medidos nas 1ª e 2ª fases de avaliação e a idade, a altura e o peso. * $p \leq 0,05$ e ** $p \leq 0,01$ 71

Tabela 13 Correlação (r) entre indicadores aeróbios e anaeróbios medidos nas 1ª e 2ª fases de avaliação e volumes de treino de corrida contínua (VCC); de treino intervalado (VTI) e total (VTT). * $p \leq 0,05$ e ** $p \leq 0,01$ 72

Abreviaturas e símbolos

% AER - custo aeróbio relativo

% AN - custo anaeróbio relativo

ATP - adenosina trifosfato

CE - custo energético

Cesub - custo energético submáximo

DefO₂AC - défice de oxigénio acumulado

EC - economia de corrida

EEML - estado estacionário máximo de lactato

IRE - índice de resistência específica

Kg - quilograma

Km - quilómetro

Lan - limiar anaeróbio

LL - limiar láctico

MaxLa - concentração sanguínea máxima de lactato

MC - massa corporal

MME - melhor marca da época

MMP - melhor marca pessoal

O₂ - oxigénio

OBLA - onset of blood lactate accumulation

TF - tempo final

TLIM - tempo limite de exaustão

τ – constante temporal da fase primária da cinética de VO₂ inicial

VAM - velocidade aeróbia máxima

VCC - volume de corrida contínua

VO₂ - consumo de oxigénio

VO₂max - Consumo máximo de oxigénio

VO₂k – cinética do consumo de oxigénio

VTI - volume de treino intervalado

VTT - volume total de treino

V2 - velocidade de corrida correspondente a uma lactatemia de 2 mmol.l

V4 - velocidade de corrida correspondente a uma lactatemia de 4 mmol.l

V600m - velocidade nos 600m

1. INTRODUÇÃO

1.1 ENQUADRAMENTO DO ESTUDO

1.2 PERTINÊNCIA DO ESTUDO

1.3 PROBLEMAS DO ESTUDO

1.4 OBJECTIVOS DO ESTUDO

1.5 ORGANIZAÇÃO DO ESTUDO

1.6 PRESSUPOSTOS DA INVESTIGAÇÃO

1. INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento do estudo

No controlo do processo de treino tornou-se prática corrente, ao longo da segunda metade do século passado, a utilização de provas de avaliação laboratorial que, embora não reproduzindo na totalidade a situação específica da prática comum do atleta, permitem todavia a medição de parâmetros indicadores do esforço realizado, com elevada fidelidade e precisão. Nesta perspectiva, tornou-se comum a adoção de determinados testes laboratoriais como um dos principais instrumentos usados na avaliação e controlo do treino.

A evolução constante das marcas no chamado desporto de alto rendimento foi criando a necessidade de uma abordagem cada mais específica dos processos de avaliação e recolha de informação com vista à monitorização da resposta adaptativa do atleta, assim como visando um nível de prescrição das tarefas de treino de maior acuidade.

A procura de métodos de avaliação cada vez mais específicos, ou seja, estabelecendo um contexto mais próximo da situação vivida em competição e respeitando as condições de execução que a caracterizam, tem feito incidir cada vez mais a investigação aplicada ao treino de alto rendimento nos denominados testes «de terreno».

No caso do Atletismo, esta tendência tem-se verificado sobretudo no sector do Meio Fundo e Fundo; reflexo de uma necessidade ou, talvez, do facto de essas provas medirem, na sua maioria, parâmetros que são mais determinantes do

Introdução

rendimento em provas deste sector do que em quaisquer outras. As provas de meio fundo incluem disciplinas do Atletismo nas quais Portugal tem obtido sucesso a nível internacional. O perfil fisiológico destas provas determina que as exigências em termos bioenergéticos sejam de carácter misto, ou seja, ambos os processos de obtenção de energia (aeróbios e anaeróbios) contribuem para assegurar o custo energético do esforço. Assim, a avaliação do estado de preparação específica dos atletas deve incluir indicadores da aptidão aeróbia e da aptidão anaeróbia.

1.2 Pertinência do estudo

A maioria dos melhores atletas do nosso País cumpre habitualmente provas de esforço para avaliação de indicadores aeróbios (ex. consumo máximo de oxigénio e “limiar anaeróbio”), mas raramente provas de esforço que se destinem a avaliar a componente anaeróbia. Por outro lado, essas provas são usualmente cumpridas em tapete rolante. Ora está demonstrado, como veremos mais à frente, que o perfil biomecânico e bioenergético de esforços no tapete rolante é significativamente diferente do que se verifica na corrida em pista. Logo, os dados atualmente disponíveis podem não refletir, com o necessário rigor, o estado de preparação específica dos atletas especialistas daquelas provas.

Como tal, julgamos ser importante iniciar a aplicação de estudos acerca dos perfis aeróbio e anaeróbio dos atletas em situação de terreno, isto é, na pista. Por outro lado, importa que essas avaliações sejam efetuadas em estudos longitudinais e abrangendo atletas com diferentes níveis de rendimento, de forma a constituir bases de dados que possam dar ao treinador informações relativas às alterações durante a época desportiva e às diferenças nos perfis bioenergéticos, de acordo com o nível de rendimento dos atletas.

Introdução

As provas de meio fundo curto caracterizam-se por um esforço misto (aeróbio e anaeróbio) e o perfil bioenergético que permite ao atleta ter sucesso nestas provas resulta, usualmente, de uma combinação da aptidão aeróbia e da aptidão anaeróbia. Assim, no caso de atletas de meio fundo curto (800m e 1500m) justifica-se mais ainda a avaliação de indicadores da aptidão quer aeróbia quer anaeróbia. Importa igualmente conhecer de que forma esses indicadores variam ao longo da época desportiva, bem como investigar quais os indicadores que mais se relacionam com o desempenho.

1.3 Problemas do estudo

O presente estudo visou dar resposta às seguintes questões:

- 1 Quais os níveis de aptidão aeróbia e anaeróbia dos melhores especialistas Portugueses de meio fundo?
- 2 Qual a variação da aptidão aeróbia e anaeróbia durante uma época desportiva?
- 3 Quais as diferenças na aptidão aeróbia e anaeróbia entre os melhores atletas Portugueses e os de nível de rendimento inferior?
- 4 Quais os indicadores aeróbios e anaeróbios que estão mais associados com o desempenho em corredores Portugueses de meio fundo?

Introdução

1.4 Objectivos do estudo

No sentido de dar resposta aos problemas atrás expostos, definiram-se para o presente estudo os seguintes objectivos:

- 1 Analisar a variação da aptidão aeróbia e da aptidão anaeróbia de corredores de meio fundo curto durante uma época desportiva.
- 2 Comparar a aptidão aeróbia e anaeróbia de dois grupos de corredores de meio fundo com diferentes níveis de desempenho.
- 3 Verificar quais os indicadores aeróbios e anaeróbios que melhor se associam com o desempenho em meio fundo.

1.5 Organização do estudo

Nesta tese, a abordagem da resposta adaptativa ao treino regular de meio fundo, em atletas de nível de rendimento elevado, de âmbito nacional e internacional, focando a determinação de algumas das variáveis que mais habitualmente se constituem como indicadores do desempenho aeróbio e anaeróbio, será analisada a partir da aplicação de um conjunto de avaliações em 2 momentos diferentes de um ciclo de treino.

Em simultâneo, a possibilidade de divisão do grupo total de atletas em dois subgrupos tendo como critério o desempenho competitivo, separadamente, nas provas de 800 m e 1500 m, permitirá averiguar a capacidade dos parâmetros avaliados em discriminar atletas com graus de proficiência desportiva diferenciados.

1.6 Pressupostos da investigação

Num estudo com estas características, é forçosa a assunção de algumas premissas:

- A carga de treino a que os atletas foram sujeitos ao longo do período em que ocorreu o estudo é registada pelos treinadores respectivos, sendo posteriormente fornecida ao investigador, que a trabalhou no sentido de organizar sistematicamente esse tipo de dados. É aceite a veracidade desta informação.
- O cumprimento dos planos de treino por parte dos atletas é muito elevado, partindo-se do princípio que estes realizam as tarefas de treino de acordo com a prescrição realizada, transposta para os registos de treino dos treinadores.
- Ocorrendo as situações de avaliação em fase de preparação dos atletas, forçoso será considerar a questão da fadiga acumulada decorrente de sequências de sessões de treino com prazo curto de recuperação entre elas, como acontece nos microciclos típicos no nível de treino do grupo de meio fundistas estudados. Deste modo, as sessões de avaliação terão que ser cuidadosamente colocadas de modo a permitir que a execução por parte de cada sujeito não seja perturbada por fontes de inaptidão decorrentes do efeito agudo de cargas de treino recentes.
- Assumimos ainda que todos os testes de solicitação máxima, até à exaustão, foram executados adequadamente pelos atletas, garantia cuja viabilidade é consistente com a experiência de treino e competição dos participantes.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 AS CORRIDAS DE MEIO FUNDO NO ATLETISMO

2.1.1 BREVE CARACTERIZAÇÃO CRONOMÉTRICA DOS DESEMPENHOS NAS PROVAS DE 800 E 1500 M

2.1.2 CARACTERIZAÇÃO CRONOMÉTRICA DO DESEMPENHO DOS ATLETAS NAS PROVAS DE 800 E 1500 M

2.2.3 A PERIODIZAÇÃO ANUAL DO TREINO NO MEIO FUNDO

2.3 INDICADORES AERÓBIOS DO DESEMPENHO NO MEIO FUNDO

2.3.1 CONSUMO MÁXIMO DE OXIGÉNIO

2.3.2 LIMIAR ANAERÓBIO

2.3.3 ECONOMIA DE CORRIDA

2.3.4 CONSUMO MÁXIMO DE OXIGÉNIO E VELOCIDADE AERÓBIA MÁXIMA

2.4 INDICADORES ANAERÓBIOS PARA CONTROLO NO MEIO FUNDO

2.4.1 DÉFICE DE OXIGÉNIO ACUMULADO MÁXIMO (DefO₂Ac)

2.4.2 CONCENTRAÇÃO SANGUÍNEA MÁXIMA DE LACTATO (maxLa)

2.5 PERFIL METABÓLICO E DESEMPENHO NAS PROVAS DE 800 E 1500M

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 As corridas de meio fundo no atletismo

Brandon (1995) definiu o meio fundo como o sector que engloba as distâncias de corrida entre 800 m e 3000 m, requerendo entre 2 a 10 minutos a completar. Todas as provas que estão neste âmbito são dependentes duma contribuição altamente integrada dos sistemas energéticos aeróbio e anaeróbio.

A importância relativa dos dois sistemas energéticos altera-se, não apenas para diferentes especialidades dentro do quadro das provas de meio fundo, mas também, em provas da mesma distância, entre os diferentes corredores, possuidores de diferentes atributos fisiológicos.

Discussão dos Resultados

Na realidade, o perfil fisiológico dos corredores de meio fundo, caracterizado pela existência de uma base aeróbia alargada e adaptações neuro musculares e anaeróbias consistentes, diferencia-se dos corredores de velocidade e dos corredores de fundo.

Nesta revisão, iremos centrar-nos nas provas de 800 e 1500 m, visto que é sobre elas que incidirá a parte experimental do estudo e, pelas mesmas razões, nos atletas do sexo masculino.

2.1.1 Breve caracterização cronométrica dos desempenhos nas provas de 800 e 1500 m

A corrida de 800 metros é uma prova olímpica clássica, disputada desde a 1ª edição dos Jogos Olímpicos da era moderna, em Atenas/1896. O primeiro campeão olímpico foi o australiano Teddy Flack, em 1896, com a marca de 2:11,0. O atual campeão olímpico (Londres 2012) é David Rudisha do Quênia, que ganhou o seu título com o tempo de 1:40,91. O record olímpico é de 1:40,91, detido, também, pelo queniano David Rudisha desde os Jogos de Londres, 2012, assim como o record do mundo é de 1:40,91, obtido no dia 09 de agosto de 2012, em Londres, na memorável final. (Megede & Hymans, 1995; Butler, 2007; Matthews, 1981, 1985, 1992, 1996, 1999, 2000, 2003, 2009, 2010, 2012).

Na tabela 1, apresentamos as características dos 10 melhores corredores de 800m de todos os tempos, no que se refere à melhor marca pessoal, à idade correspondente ao ano de realização da melhor marca pessoal, altura e massa corporal.

Na tabela 2, apresentamos as características dos 10 melhores corredores portugueses de 800m de todos os tempos.

Discussão dos Resultados

Tabela 1 Características dos 10 melhores corredores de 800m de todos os tempos (Matthews: 1981, 1985, 1992, 1996, 1999, 2000, 2003, 2004, 2005, 2006, 2009, 2010, 2012).

	Atleta	Tempo (min:s)	Idade (anos)	Altura (m)	MC (kg)
1.	David Rudisha	1:41,01	24	1,89	72
2.	Wilson Kipketer	1:41,11	27	1,72	60
3.	Sebastian Coe	1:41,73	25	1,76	58
4.	Nijel Amos	1:41,73	18	1,79	60
5.	Joaquim Cruz	1:41,77	21	1,83	73
6.	Abubaker Kaki	1:42,23	22	1,83	70
7.	Sammy Koskey	1:42,28	23	1,75	63
8.	Wilfred Bungei	1:42,34	22	1,78	64
9.	Y. Borzakovskiy	1:42,47	20	1,81	70
10.	Timothy Kitum	1:42,53	18	1,72	60

Tabela 2 Características dos 10 melhores corredores portugueses de 800m de todos os tempos (FPA: 1990, 1995, 2000, 2004, 2008, 2010).

	Atleta	Tempo(s)	Idade(anos)	Altura(m)	MC(Kg)
1.	R. Silva	1:44,91	25	1,73	65
2.	A. Silva	1:45,12	25	1,78	58
3.	J.Pires	1:45,59	21	1,87	76
4.	A. Abrantes	1:46,23	27	1,75	64
5.	F. Almeida	1:46,54	21	1,82	76
6.	D. Ponte	1:46,59	25	1,85	64
7.	M. Silva	1:46,65	30	1,72	58
8.	N. Lopes	1:46,82	21	1,75	66
9.	L. Feiteira	1:46,94	23	1,75	61
10.	T. Rodrigues	1:47,14	21	1,85	66

A corrida de 1500m é uma prova olímpica de meio fundo curto. Faz parte do programa olímpico desde a 1ª edição dos Jogos Olímpicos da era moderna, Atenas 1896. O primeiro campeão olímpico foi Teddy Flack da Austrália. O atual campeão olímpico é Taoufik Makhloufi da Argélia, Londres 2012. O atual detentor do record do mundo é Hicham El Guerrouj de Marrocos (ver tabela 3).

Discussão dos Resultados

Na tabela 4 apresentamos as características dos 10 melhores corredores portugueses de 1500m, de todos os tempos.

Tabela 3 Características dos 10 melhores corredores de 1500m de todos os tempos (Matthews: 1981, 1985, 1992, 1996, 1999, 2000, 2003, 2006, 2009, 2010, 2012)

	Atleta	Tempo(s)	Idade(anos)	Altura(m)	MC(kg)
1.	El Gerrouj	3:26,00	24	1,76	58
2.	B. Lagat	3:26,34	27	1,75	61
3.	N. Morceli	3:27,37	25	1,72	62
4.	N. Ngeny	3:28,12	22	1,82	68
5.	Asbel Kiprop	3:28,88	23	1,88,	62
6.	F. Cacho	3:28,95	28	1,75	65
7.	M. Baala	3:28.98	25	1,83	65
8.	D. K. Komen	3:29,02	22	1,75	60
9.	R. Ramzi	3:29,14	26	1,72	65
10.	V. Niyongab	3:29,18	24	1,75	65

Tabela 4 Características dos 10 melhores corredores portugueses de 1500m de todos os tempos (FPA: 1990, 1995, 2000, 2004, 2008, 2010; Silva, 1987)

	Atleta	Tempo (s)	Idade (anos)	Altura (m)	MC (kg)
1.	R. Silva	3:30,07	26	1,73	65
2.	L Feiteira	3:34,20	28	1,75	61
3.	M. Damião	3:34,37	26	1,77	66
4.	M. Silva	3:35,76	30	1,72	58
5.	A. Travassos	3:37,20	26	1,75	69
6.	H. Jesus	3:37,33	26	1,79	63
7.	J. Campos	3:37,68	26	1,74	56
8.	L. Jesus	3:37,74	26	1,70	63
9.	J. Moreira	3:37,89	24	1,78	63
10.	F. Mamede	3:37,98	25	1,75	59

Discussão dos Resultados

2.1.2 Caracterização cronométrica do desempenho dos atletas nas provas de 800 e 1500 m

Para Marre e Chanon (1998), existem diferentes critérios possíveis para construir uma tipologia dos corredores do meio fundo curto, mas o mais consistente parece ser o de Zabiazowski. Este promoveu a utilização de um índice cujo cálculo consiste no melhor resultado nos 800m, menos o dobro do melhor resultado aos 400.

Assim, poder-se-ão definir três categorias fundamentais:

- a) O tipo “400-800” terá índices de 14” a 12”, com predominância do fator velocidade;
- b) O tipo “800” terá índices de 12” a 10”, o que define um bom equilíbrio entre a velocidade e resistência;
- c) O tipo “800-1500” terá um índice igual a 10” ou menos, pois o mais resistente consegue manter por mais tempo a sua menor velocidade

Nos atletas mais jovens, diferenças de + 12” a 16” significam, muitas vezes, um treino insuficiente.

Decorrente deste critério, apresentamos na tabela 5, os índices e o tipo de corredor de alguns dos melhores atletas nacionais e internacionais de todos os tempos nos 800-1500 m, com base nos critérios de utilização da velocidade de Zabiazowski. Verificamos que, em função dos valores obtidos, os três tipos de corredores surgem com uma frequência relativa diferenciada: 400 (18.1%), 800 (31.8%) e 800-1500 (50%). Por outro lado, os melhores especialistas nacionais surgem claramente conotados com o tipo 800-1500.

Esta breve e incompleta análise de alguns dos resultados em competição de atletas de primeiro nível nacional e internacional permite-nos ilustrar a questão da variabilidade nos fatores influenciadores do desempenho nestas especialidade e referir como existe uma tensão constante no processo de

Discussão dos Resultados

treino entre os vectores de desenvolvimento da área neuromuscular, da velocidade e do metabolismo anaeróbio, por um lado, aproximando o sistema de preparação do que é típico da “velocidade prolongada” e, por outro lado, aproximando do sistema de preparação do fundo, o vector de optimização da capacidade e aeróbia e da economia de corrida.

Com níveis de desempenho semelhantes podem, assim, surgir atletas com tipologia diferente, e será a valorização das suas qualidades dominantes, em equilíbrio com os demais factores, que poderá ser caminho para o sucesso desportivo.

Tabela 5 Critério de utilização da velocidade (Zabiazowski) de alguns dos melhores corredores nacionais e internacionais de todos os tempos - 800/1500 m.

Nome	Índice	Tipo de corredor
S. Coe	9,4	800-1500
P. Snell	10,7	800-1500
Matuchewski	10,3	800-1500
M. Fiasconaro	12,9	800
Enyaert	12,9	800
Susanj	12,2	800
I. Van Damme	11,5	800
T. Courtney	14,2	400-800
R. Harbig	14,6	400-800
A. Juantorena	15,0	400-800
D. Rudicha	10,0	800-1500
W. Kipketer	7,4	800-1500
Y. Borzakovshiy	11,0	800
A. Bucher	11,0	800
V. Rodal	9,5	800-1500
R. Silva	5,91	800-1500
A. Silva	13,09	400-800
J. Pires	7,72	800-1500
A. Abrantes	10,87	800
F. Almeida	9,72	800-1500
N. Lopes	9,68	800-1500
T. Rodrigues	8,58	800-1500

Discussão dos Resultados

2.2.3 A periodização anual do treino no meio fundo

Pretendemos nesta fase da nossa revisão descrever sinteticamente as principais tendências reguladoras da periodização do processo de treino nos atletas do meio fundo.

Na esteira do modelo clássico de periodização, oriundo da escola soviética de organização da época de treino (Matveyev, 1986), Wilson (1983), conhecido treinador de atletismo, defendia que a estrutura do planeamento anual assentava em três períodos:

(1) O período preparatório e fundamental (outono/inverno), caracterizado principalmente pelo trabalho de resistência – muito volume de treino de corrida contínua, progredindo de 64 km/semana, 128 km/semana a 160 km/semana e com treinos de repetições longas, como por exemplo: 4/5 x 1500 m ou 6/8 x 1000 m com 30 s de recuperação, em percursos de estrada, circuitos de relva e rampas. Na fase final deste período, os atletas participavam em competições de corta-mato, havendo uma redução de volume e de intensidade de treino. Este período é sobretudo de trabalho quantitativo e do seu sucesso dependeria o êxito das outras sessões e da época desportiva em curso.

(2) O período de pré-competição, primavera, início de verão, caracterizado pelo treino variado: resistência (através da corrida contínua, todas as manhãs, entre 8 - 11,2 km, (resistência velocidade (2 / semana, sessões curtas), velocidade pura, entre 150 – 300 m (2 / semana), 1 treino de rampas por semana, com distâncias que variam entre 400 – 500 m, com muita inclinação e com inclinação, com distâncias que variam entre 100 – 150 m, treino de repetições (1xsemana), treino de repetições longas e rápidas (1 / semana), como por exemplo: 2 x 3000 m + 1 x 800 m + 1 x 500 m), técnica de corrida, força e treino de dunas e praia, durante os meses de março e abril.

(3) O período de competição, caracterizado pelo treino de fraca ou forte intensidade em distâncias curtas (por exemplo: 4 x (2 x 300 m, para 37 ou 38 s,

Discussão dos Resultados

com 30 s de recuperação entre cada uma e 5 - 6 minutos, entre os grupos), redução do volume, em função da importância ou da aproximação da competição.

Trazendo alguma inovação em relação ao modelo clássico, John Anderson, referenciado por Poole (2003), defendia uma estrutura de periodização simples, ou seja, um único macrociclo anual, mas com 5 períodos:

(1) De outubro a fevereiro (22 semanas), caracterizado pelo elevado volume de corrida contínua entre 130 a 112 km/semana, e algumas competições ou sessões de treino de 8-10 ou 10-14 milhas, aos sábados ou domingos.

(2) Treino em altitude durante (3 semanas), em março, caracterizado por um pequeno período de aclimatização e consolidação do trabalho de endurance iniciado no período anterior, podendo o atleta competir em provas de estrada de 5 ou 10 km.

(3) Pré-competitivo - de março a maio (9 semanas), caracterizado pela redução do volume de corrida, pela introdução do treino de rampas e por treino específico de média e curta duração, com distâncias de 4 milhas a 6 milhas e tarefas do tipo 1 x 8 x 600 m; 1 x 10 x 400 m, respetivamente, para o desenvolvimento do trabalho próximo do "limiar anaeróbio" (V_4) e da resistência-velocidade.

(4) Competitivo - de junho a agosto (15 semanas), caracterizado pela redução do volume de treino e introdução de treinos mais específicos para esta fase, tais como 8x200 m para 24-25 s, com recuperação de 60 s ou 2 x 400 m + 6 x 200 m com 2 minutos de recuperação.

(5) Período de repouso ativo e recuperação durante 3 semanas de setembro.

Discussão dos Resultados

Rojo (1996, 1997) apresentou um planeamento anual sobre o treino de Reyes Estévez caracterizado por uma periodização simples, subdividido da seguinte forma:

- (1) Período fundamental (outubro a março), com microciclos de 3 semanas (2 de carga -1 de recuperação);
- (2) Período pré-competitivo (abril a maio);
- (3) Período competitivo (junho a setembro).

O processo de preparação de Rojo variava em função ou não da participação do atleta em pista coberta.

Representante da “escola marroquina”, para Dauoda (1995), todos os principais atletas de meio fundo desta nacionalidade utilizavam a periodização dupla, participando em provas de corta mato e de pista coberta desde muito cedo, como meio de preparação para o macrociclo de verão, ou mesmo como objectivo principal, no que diz respeito ao macrociclo de inverno.

O planeamento anual estava estruturado em 4 ciclos de preparação:

(1) O primeiro tinha início em outubro e terminava em novembro/dezembro, dedicado ao desenvolvimento da resistência através de 4 formas de trabalho: *footing* de 50 – 60 minutos, *footing* de 30 – 45 min, séries de 4 x 2000 m e 6 x 1000 m, com recuperação de 2 minutos; a preparação física no ginásio com cargas ligeiras (halteres), estiramentos e exercícios abdominais e dorsais, sempre presente em todos os treinos, quer no aquecimento, quer no final das sessões; o treino de rampas, para o desenvolvimento da potência (exemplo: 10 x 300 m, 1 vez por semana ou 5 x 150m, com maior intensidade e multissaltos horizontais, verticais e exercícios com barreiras).

(2) O segundo ciclo, de janeiro a março, era caracterizado pela manutenção do trabalho da resistência aeróbia, do reforço muscular, 1 vez por semana, da potência através do treino de rampas, 1 vez por

Discussão dos Resultados

semana, da resistência específica e ritmo de competição para pista coberta ou corta mato.

(3) O terceiro ciclo de preparação (depois da pista coberta e/ou corta mato), de abril a junho, estava estruturado com base no trabalho de resistência aeróbia, resistência específica, rampas, reforço muscular com cargas ligeiras, velocidade e ritmo de competição.

(4) O quarto período ou de competição era dedicado quase exclusivamente à competição e utilizavam-se treinos ligeiros de corrida contínua e alguns de velocidade.

Daouda (1997) apresentou uma nova estrutura de planeamento anual de El Gerrouj para a época 1996 – 97, composta por 5 períodos ou ciclos de preparação, cujo conteúdo geral e objectivos não diferem tanto do apresentado em 1996, parecendo-nos, todavia, melhor estruturado para quem utilizava o modelo da periodização dupla, sem intensificar demasiado as cargas de treino para as competições de inverno, a saber:

(1) Período fundamental ou preparatório, com duas fases - 15 de outubro a 20 de fevereiro (1ª fase), caracterizado pela preparação multilateral de base, com os seguintes objectivos: resistência aeróbia, força e potência. 21 de fevereiro a 10 de maio (2ª fase), preparação mais específica – resistência aeróbia, potência e musculação, resistência específica e ritmo de competição.

(2) Período para aquisição da forma, de 11 a 30 de maio - ritmo de competição, velocidade específica, resistência aeróbia.

(3) Este período, que decorria de 31 de maio a 10 de junho e correspondia à 2ª fase de preparação, era caracterizado pelo trabalho de ritmo de competição, resistência aeróbia e velocidade específica.

(4) Ciclo ou período específico era caracterizado pelo trabalho de ritmo, velocidade e recuperação.

Discussão dos Resultados

(5) Ciclo ou período de competição, dedicado às competições de verão, com muitos meetings da Liga Dourada e Campeonato do Mundo de Atenas, onde El Gerrouj se sagrou campeão do mundo.

Mais recentemente, Dirringer (2003), explanando a planificação anual de Mehdi Baala, caracteriza-a como sendo dupla, estruturando dois macrociclos no ano competitivo, mas com várias fases ou períodos bastante curtos, distribuídos da seguinte forma:

- 1) Período entre 15 de outubro e princípios de dezembro enfatizava o desenvolvimento da capacidade aeróbia (*footing*, VAM, *fartlek*), condição física geral e manutenção da técnica de corrida, musculação e rampas;
- 2) 6 a 27 de dezembro realizava o mesmo trabalho da alínea anterior, em altitude (Albuquerque), com um aumento de volume nas sessões de trabalho da VAM e *fartlek*;
- 3) 28 de dezembro a 5 de janeiro trabalho de recuperação e alguns *footings*;
- 4) 6 a 15 de janeiro, início do treino em pista coberta. 5) 16 a 30 de janeiro, início das sessões específicas de 800m, sem abandonar as sessões longas (tipo específico de 3000m ou *fartlek*);
- 6) 1 a 15 de fevereiro, 5 sessões de pista coberta, uma delas específica de 800m, como por exemplo (500m+300m; 400m+250m) e *footings* ligeiros entre as sessões; 7) no fim de janeiro até 28 de fevereiro, ciclo de competições de pista coberta (4 *meetings*): dia 25 de janeiro – 1500m (1º/3:38,00), em Karlsruhe, 10 de fevereiro – 1500m (1º/3:37,17), em Gant, 17 de fevereiro – 1500m (1º/3:40,00), em Birmingham e 24 de fevereiro – 1500m (2º/3:35,56), em Liévin.

Deste modo, Dirringer (2003) rompeu com o treino básico tradicional que direcionava toda a orientação do corredor para uma preparação de inverno

Discussão dos Resultados

para o corta mato, utilizando um modelo de preparação mais adequado para a pista coberta, mesmo não participando normalmente nas grandes competições de inverno – campeonato da Europa ou do mundo de pista coberta.

Terminado o ciclo de inverno, decorre um período de descanso ativo para recuperação.

O ciclo de verão tinha início na 1ª quinzena de março, com a seguinte distribuição:

a) período de 15 de março a 24 de abril, trabalho similar ao do inverno, e de 1 a 21 de abril, treino em Ifrane (altitude). b) período de 25 de abril a 19 de maio, treino intensivo, antes do início da nova concentração em altitude (Font Romeu);

c) período de 20 de maio a 15 de junho, concentração em Font Romeu (altitude) com os primeiros 5 dias de recuperação e adaptação, 10 dias de trabalho aeróbio, VAM, (sessões curtas e longas de VAM), 1 sessão de velocidade e 2 sessões de musculação, 2 sessões específicas de 800 m, (exemplo: 3 x (300 m + 300 m + 200 m) com recuperação de 2 minutos entre as repetições e de 4 minutos entre as séries, para tempos alvo de 40,0 s – 39,9 s – 25,1 s / 39,6 s – 39,7 s – 26,2 s / 39,6 s – 40,1 s – 24,1 s ou 500 m + 400 m + 300 m, com recuperação de 10 min para tempos alvo de 61,8 s – 48,5 s – 35,5 s e 5 dias de corrida contínua de fraca intensidade).

d) período de 16 de junho a 15 de setembro, ciclo de competição. e) 16 de setembro a meados de outubro, período de transição para uma nova época.

Em termos de síntese, integrando alguns dos aspectos presentes nos vários modelos de periodização atrás referidos, referenciamos os pontos chave de um processo de periodização do treino para corredores de meio fundo, levando em

Discussão dos Resultados

conta, igualmente, a nossa experiência profissional neste domínio (Manuel, 2006):

- (1) O elevado volume de treino, sobretudo nos períodos de preparação, não só no domínio da corrida contínua (140 / 160 km por semana), mas também no trabalho de curta, média e longa duração;
- (2) Redução gradual do volume de treino e conseqüente aumento progressivo da intensidade, nos períodos preparatórios e competitivos;
- (3) Utilização do treino de rampas quase toda a época, exceto no período competitivo ou pré-competitivo (na semana da competição) e dependendo da importância da prova;
- (4) Utilização e importância dada ao treino de condição física, da técnica de corrida e do reforço muscular;
- (5) Utilização e importância dada às acelerações progressivas (100m), quase todo o ano e com maior ênfase nos períodos pré-competitivos e competitivos;
- (6) O treino intervalado extensivo de curta duração quer no 1º macrociclo quer no 2º macrociclo, é utilizado com maior frequência nos períodos preparatórios;
- (7) O treino intervalado de curta duração com componente extensivo/intensivo é utilizado com maior frequência nos períodos preparatórios e competitivo do primeiro macrociclo;
- (8) O treino intervalado intensivo de curta duração é utilizado com maior frequência no período competitivo II;
- (9) O treino específico de média e longa duração surge com maior volume nos períodos preparatórios;

Discussão dos Resultados

(10) O treino de rampas com maior número de repetições, fraca intensidade (300/400m) e menor declive é realizado nos períodos preparatórios;

(11) As rampas com menor número de repetições, intensidade elevada (100/200m) e com maior declive são realizadas nos períodos de preparação específica e ou fases pré-competitivas;

(12) O treino de resistência-velocidade, ritmo de competição e velocidade são realizados nos períodos de preparação específica e ou pré-competitivos e (mas com maior intensidade e volume no 2º macrociclo). No período competitivo dá-se ênfase ao treino de velocidade, resistência – velocidade e corrida contínua regenerativa;

(13) No 1º período de transição, entre os dois macrociclos da época, caracterizado pelo descanso ativo, realiza-se apenas corrida contínua regenerativa, ou seja, corrida contínua de fraca intensidade e volume, e no 2º período de transição, de uma época para a outra, realiza-se na primeira quinzena descanso total e/ou prática de outras atividades fora do âmbito do atletismo. Na 2ª quinzena inicia-se a corrida contínua, com pouco volume e fraca intensidade.

2.3 Indicadores aeróbios do desempenho no meio fundo

A aptidão aeróbia pode ser avaliada a partir de indicadores agrupados do seguinte modo: a potência aeróbia máxima, que inclui o consumo máximo de oxigénio (VO_2max) e a saída de trabalho corresponde, habitualmente velocidades de deslocamento ou potências mecânicas externas, a fração do VO_2max utilizada em esforço e a economia de corrida (Di Prampero et al, 1986; Di Prampero, 2003; Bassett & Howley, 1997; 2000) e numa abordagem que

Discussão dos Resultados

tem ganho importância mais recentemente, os parâmetros da cinética inicial do consumo de oxigénio (Burnley & Jones, 2007; Jones & Burnley, 2009).

Segundo uma conceção já clássica, o $VO_2\text{max}$ constitui o teto máximo de funcionamento do desempenho aeróbio (Costill & Winrow, 1970; Costill et al, 1973; Joyner 1991), enquanto o limiar láctico ou o limiar anaeróbio ventilatório terá o potencial para quantificar a fração do $VO_2\text{max}$ sustentável numa competição de distância igual ou superior aos 3000 m.

A economia de corrida surge, então, em interação com os dois parâmetros anteriores, introduzindo o peso de variáveis como a técnica de corrida, as dimensões corporais, a flexibilidade e a utilização de energia elástica no ciclo alongamento-encurtamento que constitui cada passo, entre outras, para determinar a velocidade de corrida real no desempenho competitivo.

Na prática, a combinação destes três fatores surge sob múltiplas formas, mesmo em atletas de elite, definindo pontos frágeis e fatores de compensação que caracterizam o atleta individual e dão corpo aos objetivos dos programas de treino (Billat, 2003).

Só assim se compreende que, apesar do reconhecimento inicial do consumo máximo de oxigénio como um fator determinante de provas desportivas de meio fundo e fundo (Saltin & Åstrand, 1967), cedo se tenha verificado que, em grupos homogéneos de atletas bem treinados, com estreita margem de variabilidade para este parâmetro, a sua correlação com o desempenho é fraca ou mesmo inexistente (Conley & Krahenbuhl, 1980; Sjödín & Svedenhag, 1985).

Di Prampero et al (1993) mostrou como a importância destes fatores não é apanágio apenas do desempenho em provas de longa duração, pois estes interagem com os fatores determinantes do metabolismo anaeróbio para condicionar as velocidades de corrida em provas mais curtas, nomeadamente no referido meio fundo atlético.

Discussão dos Resultados

Por último, refira-se que diversos estudos comprovaram a influência que uma cinética do consumo de oxigénio, medido a nível pulmonar mas em condições de poder ser representativo das taxas de fosforilação oxidativa atingidas pelos músculos activos, numa determinada situação de exercício, tem na capacidade de desempenho em atletas de meio fundo e fundo de diversas modalidades desportivas. Na realidade, a interpretação que faz depender da curva inicial de crescimento do oxigénio a dimensão da presença do metabolismo anaeróbio no início de um exercício é bastante intuitiva e projecta uma ideia de maior eficiência energética e menor acumulação de catabolitos provenientes do trabalho muscular no arranque do exercício, o que terá consequências importantes para a tolerância ao prolongamento do mesmo (Jones & Burnley, 2009).

2.3.1 Consumo máximo de oxigénio e velocidade aeróbia máxima

O $VO_2\text{max}$ equivale à quantidade máxima de oxigénio que um organismo pode ser estimulado a extrair da atmosfera, transportar para os tecidos e utilizar na produção de trabalho mecânico (Gomes Pereira, 1992).

A taxa de produção máxima aeróbia de energia depende de dois fatores (Thoden, 1991): da aptidão química dos tecidos em utilizar oxigénio para a catabolização dos combustíveis orgânicos e da aptidão combinada dos mecanismos de captação.

As medições habituais de VO_2 tratam o transporte e utilização desta substância como uma realidade única, limitando-se a medir a quantidade total de O_2 extraído do ar alveolar como suporte do metabolismo aeróbio.

É consensual considerar-se o factor circulatório como o principal determinante do $VO_2\text{max}$ (Saltin et al, 1986). Noakes (1988), no entanto, fez notar que, quer o treino de alta intensidade, quer o treino aeróbio, induzem aumentos no

Discussão dos Resultados

VO₂max, mas os mecanismos de adaptação subjacentes poderão ser diferentes.

No primeiro caso, o acréscimo verificado na potência aeróbia máxima dever-se-á, em grande medida, à alteração da capacidade funcional do sistema cardiovascular, sendo o aumento do débito cardíaco induzido pelo aumento do volume sistólico, enquanto no segundo caso serão fundamentalmente as adaptações periféricas a explicar o efeito do treino, ou seja, as alterações intrafibrilares promotoras da capacidade de produzir energia na forma de ATP.

O VO₂max é uma medida indirecta do potencial de um atleta, porque mede o consumo de oxigénio à velocidade máxima atingida num teste progressivo. Mede, como diz Noakes (2000), na realidade a capacidade total de utilização do oxigénio pelo conjunto das mitocôndrias presentes no tecido muscular esquelético activo durante um exercício máximo de suficiente duração (\approx 2 minutos).

Entre corredores de nível semelhante de economia motora, aqueles que atingem velocidades superiores terão igualmente um VO₂max superior e realizarão melhores desempenhos. Mas o melhor preditor do desempenho é a velocidade final de corrida atingida no teste progressivo máximo e não os valores de VO₂max por si (Noakes, 2006).

Introduzido por Daniels et al (1986) em meados dos anos 80, o termo velocidade ao VO₂max ou velocidade aeróbia máxima (VAM) é definido como a menor velocidade de corrida que permite atingir o VO₂max durante um teste progressivo máximo (Billat et al, 1996).

O tempo limite para a duração possível de um exercício a esta velocidade é também considerado como um parâmetro de resistência, já que Billat et al (1994, 1995, 1996) o relacionaram de modo significativo com a velocidade média de uma prova de 1500 m ($r = 0,72$, $p < 0,01$) e com o VO₂ correspondente ao limiar láctico ($r = 0,74$, $p < 0,05$), quer em atletas de elite quer de sub-elite.

Discussão dos Resultados

Não é claro, no entanto, se a grande variação interindividual deste parâmetro em grupos relativamente homogêneos no que diz respeito ao $VO_2\text{max}$ se deve a uma maior aptidão aeróbia ou, pelo contrário, depende de diferenças na capacidade anaeróbia (Blondel et al, 2001; Faina et al, 1997; Renoux et al, 1999).

A dependência do protocolo utilizado torna difícil a utilização da VAM como referência para as intensidades de treino (Hill et al, 1996; Bishop et al, 1998; Léger et al, 1998).

Não obstante estas limitações, além da extrapolação do $VO_2\text{max}$, o conhecimento da VAM pode também permitir prever com certa precisão as performances susceptíveis de serem atingidas em competição, desde que se treine corretamente para desenvolver especificamente as capacidades fisiológicas e técnicas necessárias para o desempenho pretendido (Petibois et al, 2001; Bragada et al, 2010).

Justifica-se a noção de que o $VO_2\text{max}$ ou, mais adequadamente, a VAM, são melhores preditores do desempenho em provas mais curtas (2-12 min), já que se trata de uma prova de esforço que dura menos de 20 min e que apenas no seu último quarto (2-5 minutos) promove um tipo de solicitação semelhante ao que ocorre em competição, como é o caso das provas de 800-1500 m.

2.3.2 Limiar anaeróbio

A capacidade de utilizar, por períodos determinados de tempo, uma fração elevada do $VO_2\text{max}$ constitui um importante preditor do desempenho nas corridas de meio fundo e fundo (Di Prampero et al, 1993), sendo um indicador privilegiado da aptidão aeróbia (Bosquet et al, 2002; Bragada et al, 2010).

Níveis excelentes de aptidão aeróbia estão associados a diversos fatores, entre eles a existência de percentagem elevada de fibras de contração lenta, de

Discussão dos Resultados

reservas importantes de glicogénio muscular e/ou hepático, uma alta taxa de utilização de ácidos gordos mesmo em velocidades de corrida consideráveis, permitindo, assim, o “poupar” das reservas de glicogénio e um sistema termo regulatório de grande eficácia (Foster et al, 1978, Newsholme, 1986). A independência característica da aptidão aeróbia em relação ao $VO_2\text{max}$ faz com que tenha que ser avaliada com instrumentos específicos (Costill et al, 1973; Peronnet & Thibault, 1989).

Como o aponta, na sua extensiva revisão, Bosquet et al (2002), o limiar anaeróbio ventilatório, expresso percentualmente em relação ao $VO_2\text{max}$, tornou-se gradualmente o procedimento por excelência para avaliar a capacidade de um atleta de permanecer em exercício por períodos de tempo prolongados, caracterizando, simultaneamente, a capacidade de trabalho que o atleta manifesta na chamada “zona de transição aeróbia-anaeróbia”.

A existência de um determinado nível crítico de intensidade do exercício marcando uma fronteira entre zonas de predominância metabólica diversa, associado, portanto, a uma ideia de transição abrupta entre estados do sistema (Boudon, 2000) ganhou corpo com Wasserman et al (1973), num estudo em que verificaram que as alterações em determinados parâmetros ventilatórios no quadro de um exercício protocolar progressivo estavam relacionadas com o crescimento do lactato sanguíneo, conhecido desde os anos 30 (Hollmann, 2001).

Definiram, então, um “limiar anaeróbio” como o nível de trabalho ou de consumo de oxigénio no qual ocorrem alterações na acidose metabólica e na troca de gases respiratórios. Decorrente dos mecanismos de resposta à crescente exigência de energia química para a produção de trabalho muscular, este ponto de transição será consequência de um fluxo glicolítico na fibra muscular ativa, em excesso para as possibilidades de fosforilação oxidativa.

A necessidade de, localmente, se dar um destino aos iões H^+ produzidos pela glicólise fisiologicamente compatível com a manutenção das condições

Discussão dos Resultados

funcionais celulares e o prosseguimento do exercício promove a redução do ácido pirúvico para ácido láctico (Billat, 2003).

Brooks (1985), pondo em causa a existência de um “limiar”, enquanto fase de transição abrupta levando a alterações qualitativas nas relações entre os elementos do sistema, enfatiza a noção de um desequilíbrio crescente entre a produção de lactato na fibra muscular activa e a sua difusão para a circulação por um lado e os factores que promovem a remoção do lactato do sangue e posterior catabolização por outro.

A acumulação de lactato em fases do exercício que excedem o nível crítico de intensidade fornece, sobretudo, indicação sobre as condições de solicitação em que já não é possível a estes últimos, embora aumentados em relação ao exercício de menor intensidade (Richardson et al, 1998; Hamann et al, 2001), manterem-se a par com os níveis de produção decorrentes do fluxo glicolítico intracelular.

Na realidade, o lactato é o veículo do transporte de energia química potencial entre, fundamentalmente, as fibras de contração rápida activas no exercício e o coração e as fibras oxidativas (Gladden, 2000 e 2004).

Não nos detendo nas múltiplas controvérsias geradas em torno dos mecanismos explicativos da transição aeróbia-anaeróbia, digamos que o modelo prevalecente e relativamente consensual fornece importantes conexões com a prática do exercício e do desempenho competitivo, uma vez que implica que qualquer exercício executado a uma intensidade inferior a este limiar poderia ser mantido por períodos de tempo prolongados, sendo a instalação da fadiga condicionada apenas pelas reservas de substrato, já que o lactato e os iões de hidrogénio libertados no músculo seriam tamponados e reutilizados a par e passo da sua produção (Peronnet et al, 1987; Wasserman, 1994).

A base para a ligação entre os limiares ventilatório e láctico reside na estimulação crescente dos quimiorreceptores (Whipp & Ward, 1990; Whipp, 1994). No entanto, devido à grande diferença na frequência de amostragem na

Discussão dos Resultados

medição das diferentes variáveis, assim como, eventualmente, a algum atraso entre o desencadear dos fenómenos a nível muscular e a sua repercussão sistémica, raramente o nível de intensidade, em taxa de trabalho mecânico ou % VO_2max , coincidirá para os dois parâmetros.

Uma meta-análise encetada mais recentemente mostrou que o limiar láctico e o limiar anaeróbio ventilatório, embora dissociados, não se apresentam como correspondendo a intensidades significativamente diferentes (Wyatt, 1999).

Este nível de intensidade do exercício, correspondendo a um crescimento não linear na lactatemia foi designado por diferentes termos, correspondendo igualmente a protocolos de determinação variados – limiar aeróbio, limiar anaeróbio, ponto de acumulação inicial de lactato (onset of blood lactate accumulation, OBLA), ponto de deflexão do lactato (lactate turning point) ou limiar láctico (Ivy et al, 1980; Sjödín & Jacobs, 1981; Stegmann et al, 1981; Hughson et al, 1987), termo que passaremos a adoptar neste texto.

A fundamentação do modelo teórico do limiar ventilatório / limiar láctico foi contestada desde o início por autores de relevância indiscutível no âmbito da fisiologia do exercício (Brooks 1985, Richardson et al, 1998, Stainsby, 1986, Walsh & Banister 1988), mantendo-se até aos nossos dias um criticismo e alguma polémica em torno de alguns dos elementos que o alicerçaram, nomeadamente a relação entre acidose metabólica e fadiga, o significado fisiológico da acumulação de lactato no músculo e nos compartimentos extracelulares, a utilização do lactato como substrato para o metabolismo energético em fibras musculares não ativas ou no miocárdio, o seu papel na reposição das reservas de glicogénio, ou a sua captação como nutriente por variados tecidos do organismo, entre eles o tecido nervoso cerebral (Bergersen, 2007; Schurr et al, 2006; Serres et al, 2003, Ide et al, 2000).

Nas últimas duas décadas o conceito de estado estacionário máximo de lactato (EEML) foi desenvolvido e validado como um método para descrever a resposta da lactatemia ao exercício prolongado de intensidade constante, de

Discussão dos Resultados

modo a determinar qual a máxima intensidade que pode ser mantida sem que, ao longo da duração do exercício, ocorra acumulação de lactato.

Nesta intensidade, que representa uma taxa de trabalho superior ao limiar láctico, perto de $15\pm 5\%$ do custo energético total é coberto pelo metabolismo anaeróbio, independentemente do nível de treino e de desempenho do atleta (Faina et al, 1997). Surge assim uma clara distinção entre um nível de intensidade correspondendo ao limiar láctico e aquele que poderá ser definido a partir da determinação do EEML.

A velocidade correspondente ao EEML tem sido utilizada para a avaliação de atletas de meio-fundo e fundo (Beneke, 1995; Beneke R & Von Duvillard, 1996; Billat, 1996), parecendo estar perto, em muitos atletas, da velocidade média da maratona (Billat et al, 2001) e surge com um valor médio de concentração sanguínea de $4,0 \text{ mmol.L}^{-1}$.

Daí a utilização habitual da velocidade correspondente a este valor fixo de lactatemia (V_4) como parâmetro de avaliação e prescrição do treino.

Contudo, o EEML surge com uma variabilidade inter-individual elevada entre atletas de alto nível, entre $2-8 \text{ mmol.L}^{-1}$ no sangue capilar (Billat, 2003), variabilidade essa que não está relacionada com o desempenho (Beneke et al, 2000).

O modo de determinação do EEML distingue-o claramente dos restantes parâmetros provenientes da determinação da lactatemia. A grande diferença metodológica reside no facto de exigir a realização de diversos períodos de esforço de duração longa (20-30 min), cada um executado a intensidade constante. Como o apontam Beneke et al (1996), o EEML não representa, necessariamente, o mesmo conjunto de fenómenos no plano muscular que os índices provenientes de testes progressivos com patamares de duração relativamente curta (2-4 min).

Discussão dos Resultados

Devido ao caráter moroso de que se reveste a determinação do EEML, diversos estudos exploraram a hipótese de haver um indicador determinável a partir de testes progressivos típicos.

O modelo teórico sugerido faz aproximar a intensidade a que ocorre o “2º limiar ventilatório” como descrito por alguns autores, ou limiar de compensação respiratória (Dekerle et al, 2003) da intensidade do EEML.

Do mesmo modo, foi tentada a aproximação ao EEML e respetiva taxa de trabalho a partir de diversos índices que relacionam lactatemia e velocidades de deslocamento, como o ponto de deflexão do lactato, o limiar anaeróbio individual e o lactato mínimo (Urhausen et al, 1993; Tokmakidis et al, 1998; Simões et al, 1999; Smith & Jones, 2001; Baldari & Guidetti, 2000; Jones & Doust, 1998; Beneke, 1995; MacIntosh et al, 2002).

Não obstante a falta de consenso em relação à definição, significado e procedimentos de avaliação e estimação da velocidade correspondente a uma lactatemia fixa de $4,0 \text{ mmol.L}^{-1}$, ou V_4 , a verdade é que se constituiu como um parâmetro útil no controlo e prescrição do treino, apresentando forte correlação com o desempenho de resistência e bons resultados na demarcação de velocidades para o treino aeróbio (Coen et al, 1991; Billat, 1996; Boudon, 2000; Nicholson et al, 2001; Demarle et al, 2003; Bragada et al, 2010).

2.3.3 Economia de corrida

A economia de corrida pode ser definida como o custo energético (normalmente medido em oxigénio consumido) para o deslocamento a uma determinada velocidade, sendo estimada a partir da medição do consumo de oxigénio em equilíbrio metabólico para determinadas intensidades submáximas (Frederick, 1992).

Discussão dos Resultados

Em termos metabólicos, corredores com uma melhor economia utilizam menos oxigénio para uma mesma velocidade de corrida. Em condições experimentais bem controladas, a economia de corrida apresenta boa reprodutibilidade, mostrando variação intra-individual de 1,5 a 5% (Saunders et al, 2004).

Por outro lado, há indicação de que a variabilidade inter-individual pode ser bastante elevada (> 15%), mesmo entre indivíduos bem treinados e com valores similares de $VO_2\text{max}$ (Morgan et al, 1991). A comparação entre grupos diferenciados pelo nível de desempenho competitivo parece ser, portanto, bastante eloquente.

Noakes (1988) notava que a economia de corrida surge como um preditor do desempenho fraco quando comparado com o limiar láctico, expresso em percentagem da potência aeróbia máxima ou como velocidade de deslocamento correspondente a uma lactatemia de 4 mmol.L^{-1} .

São bastante numerosos, no entanto, os estudos onde a associação entre economia e desempenho competitivo em meio fundo e fundo surge com alguma força (Conley & Krahenbuhl, 1980; Di Prampero et al, 1986; Krahenbuhl et al, 1989; Lacour et al, 1990), embora esta relação não tenha sido comprovada por alguns autores (Svedenhag & Sjodin, 1985).

Vários autores encontraram diferenças significativas na economia de corrida entre atletas de elite e corredores de fundo bem treinados, mas de nível competitivo inferior (Pollock et al, 1980; Pate et al, 1987; Williams & Cavanagh, 1987). Foi também encontrada uma associação forte entre sucesso competitivo e economia de corrida em grupos de maratonistas de nível médio (Helgerud et al, 1990) e de elite (Helgerud, 1994).

Williams & Cavanagh (1987) assinalaram a existência de uma diferença de 5,4 % no custo energético de corrida entre corredores masculinos de maratona e de meio fundo à velocidade de $4,5 \text{ m.s}^{-1}$, valor próximo dos 5,5 % à velocidade de $4,1 \text{ m.s}^{-1}$ encontrados posterior e recentemente por Pate et al (1992).

Discussão dos Resultados

O comportamento diferenciado apresentado pelos dois tipos de atletas pode ser devido ao grau ou orientação das adaptações fisiológicas ao treino ou a uma melhor execução técnica nas condições específicas de competição, assumindo que as diferenças dimensionais entre os diferentes grupos referidos são negligenciáveis.

A questão da especificidade das adaptações de treino não pode deixar de ser colocada a este nível. É neste sentido que podemos interpretar os dados de Craib et al (1996) que mostram serem os fundistas menos económicos do que os meio fundistas para velocidades mais elevadas (perto de 6 m.s^{-1}), embora a lactatemia após o esforço mostre que, a esta velocidade, a participação anaeróbia é superior por parte dos corredores de meio fundo, o que significa que a potência metabólica total será, provavelmente, superior ao observado para os fundistas.

Deste modo, a consideração das velocidades ou intensidades de esforço é fundamental quando se pretende avaliar o custo aeróbio de um determinado esforço ou tarefa motora.

Estes efeitos serão, evidentemente, contrariados pelas adaptações provocadas pelo treino aeróbio. Uma melhor economia de corrida parece estar relacionada com menores valores de FC e de ventilação (Pate et al, 1992) para uma determinada taxa de trabalho. Estas alterações induzidas pelo treino aeróbio produzem uma queda geral no VO_2 de todo o organismo, provocando diminuição do custo aeróbio da tarefa (Morgan & Craig, 1992).

A estimulação local numa base de resistência de força em conjugação com a continuação de treino aeróbio, curiosamente, parece poder exercer igualmente um efeito benéfico na economia de corrida, como o comprovaram pela primeira vez Johnston et al (1995) num grupo de corredores de bom nível competitivo do sexo feminino, dados confirmados em atletas de fundo por Nummela et al (2006).

Discussão dos Resultados

Também a flexibilidade poderá contribuir para uma melhor economia de corrida (Craib et al, 1996), embora se desconheçam dados sobre atletas de elite neste âmbito. Para além dos aspectos neuromusculares, parte da variabilidade da economia de corrida tem sido associada a factores antropométricos, biomecânicos (distribuição da massa nos segmentos, frequência gestual) e técnicos (Svedenhag, 2001).

Apesar de Helgerud (1994) não ter encontrado uma relação significativa entre massa corporal e economia de corrida num grupo de 12 maratonistas de elevado nível competitivo, esta surge confirmada em estudos que incidiram sobre amostras mais numerosas e heterogêneas (Williams & Cavanagh, 1987; Bergh et al, 1991; Padilla et al, 1992).

A utilização do quociente simples para normalização dos valores de custo energético em relação à massa corporal foi questionada perante dados que mostram que indivíduos mais pesados consomem menos oxigénio por unidade de massa corporal (Bergh et al, 1991; Padilla et al, 1992; Helgerud, 1994). Põe-se em causa, deste modo, o pressuposto segundo o qual o custo aeróbio por unidade de M_c seria independente da M_c total individual. O mesmo foi verificado, aliás, em outras formas de locomoção humana, tal como o remo (Secher, 1993) e o ciclismo (Atkinson et al, 2003).

A tentativa de identificação dos factores determinantes mecânicos da economia de corrida não forneceu resultados conclusivos (Martin et al, 1993; Lake & Cavanagh, 1996, Saunders et al, 2004), não tendo sido possível provar a existência de associação entre a potência mecânica, as oscilações verticais intracíclicas do centro de massa ou as características cinemáticas no custo energético da corrida. No entanto, é sabido como pequenas alterações na frequência de ciclo podem ter consequências desastrosas no aumento do custo energético (Cavanagh PR & Williams KR, 1982; Cavanagh & Kram, 1990, Billat et al, 2001).

Discussão dos Resultados

2.3.4 Consumo máximo de oxigénio e velocidade aeróbia máxima

A cinética do consumo de O_2 pulmonar (VO_{2k}) em exercícios de intensidade constante (protocolos rectangulares) caracteriza-se por se desenvolver segundo três fases (Whipp & Wasserman, 1972). A fase I resulta do aumento imediato do fluxo sanguíneo pulmonar e é geralmente apelidada de fase cardiodinâmica. A fase II é a fase de crescimento rápido do VO_2 , em que este acelera até um determinado valor superior e reflecte o ganho (Poole et al, 1992) e a alteração com o tempo (Grassi et al, 1996; Rossiter et al, 1999; DeLorey et al, 2003) do consumo de O_2 no músculo activo. A fase III representa a chegada a um ponto de equilíbrio metabólico em que o VO_2 permanece relativamente estável ao longo de um determinado período de tempo. Não ocorrerá fase III se a intensidade do exercício for supramáxima ou se o esforço for interrompido antes de atingir o VO_{2max} (Carter et al, 2006).

Quando a saída de trabalho é leve ou moderada (abaixo do limiar láctico), a fase II é monoexponencial (Whipp & Wasserman, 1972; Paterson & Whipp, 1991), com um ganho de 9 – 10 ml/min/watt e uma constante temporal de perto de 15 – 40 s (Barstow et al, 1996; Carter et al, 2000). Neste nível, a lactatemia não sofre acréscimo e o declive da curva na fase II da cinética de VO_2 não varia com a intensidade mas aumenta com o treino e é abrandada pelo envelhecimento, a inactividade prolongada e/ou doenças crónicas (Jones & Poole, 2005).

No início do exercício, no domínio severo de intensidade, a resposta do VO_2 caracteriza-se por três fases distintas. Em primeiro lugar surge a fase cardiodinâmica, na qual o aumento do VO_2 medido na boca reflecte principalmente um aumento no débito cardíaco. Depois de 10 a 20 s de exercício, há a fase de resposta rápida ou principal, na qual o VO_2 aumenta exponencialmente como função do consumo muscular de VO_2 .

Por fim, 90 a 110 s após o início do exercício, surge a terceira fase ou de componente lenta, conduzindo o VO_2 a valores superiores ao que seria predito

Discussão dos Resultados

a partir de relação submáxima entre custo energético aeróbio e taxa de trabalho, até se atingir a exaustão (Gaesser & Poole 1996, Hill et al, 2003). A componente lenta eleva o ganho total para 11–17 ml/min/watt, independentemente do nível de preparação do atleta (Bearden & Moffatt, 2004) e atrasa a obtenção de um equilíbrio metabólico ou impede a sua estabilização.

Bearden & Moffatt (2000) mostraram que a componente lenta é, na realidade, um acréscimo fisiológico tardio no requerimento de O₂, dependente de uma redução na eficiência muscular. Os mecanismos subjacentes a este acréscimo no custo energético têm sido intensamente discutidos, não havendo uma resposta definitiva (Jones & Poole, 2005). Factores relacionados com a distribuição de tipos das fibras musculares e com os padrões de recrutamento das unidades motoras estarão envolvidos (Billat, 2000), embora haja resultados pouco concordantes com esta hipótese (Scheuermann et al, 2001; Garland et al, 2006).

Tornou-se claro, a partir dos estudos realizados nas últimas décadas, quer de índole transversal, quer longitudinal, que uma melhor condição física está associada a uma cinética de VO₂ mais rápida, ou seja, a uma constante temporal da fase primária, habitualmente denotada pela letra grega tau (τ), inferior (Hagberg et al, 1980; Phillips et al, 1995; Carter et al, 2000; Duffield et al, 2002; Koppo et al, 2004) e, para níveis absolutos de trabalho mecânico correspondentes aos domínios de intensidade pesado e severo, a uma menor amplitude da componente lenta (Russell et al, 2002a). Estas adaptações são específicas para os grupos musculares treinados (Cerretelli et al, 1979) e estão associadas a uma maior actividade enzimática oxidativa nesses grupos musculares (Bell et al, 2001).

Kilding et al (2006) mostraram que, quer a cinética inicial quer a de recuperação, se mostravam significativamente mais rápidas em corredores de fundo do que em meio fundistas, atribuindo esse facto ao maior volume de treino cumprido por aqueles. No entanto, a análise incidiu unicamente no

Discussão dos Resultados

domínio de intensidade moderado, colocando-se a hipótese de tal não acontecer em regimes de trabalho superiores.

Diversos estudos comprovaram a associação de uma VO_{2k} “rápida” nos regimes de intensidade moderado e severo, com diversos parâmetros associados ao desempenho em corredores, nadadores, ciclistas e remadores (Carter et al, 2000; Kilding et al, 2006; Reis et al, 2012; 2012a; Caputo et al, 2003; Koppo et al, 2004; Ingham et al, 2007). Norris & Petersen (1998) concluíram mesmo que a cinética poderia refletir de forma mais sensível as adaptações ao treino aeróbio do que o VO_{2max} , no que foram corroborados recentemente num estudo de Bailey et al (2009) que visou o impacto de um programa de treino de curta duração utilizando o modelo do treino intervalado rápido.

Estudos em atletas têm reportado valores médios de τ na ordem dos 20 – 40 s nos regimes moderado e severo, embora surjam casos individuais menores. Jones & Poole (2005) revelaram o caso de uma corredora de fundo de primeiro plano mundial cujo τ numa transição de repouso para corrida moderada foi de 10 s e Ingham et al (2007) referiram-se a um valor de 5.6-s atingido por um múltiplo campeão olímpico de remo.

Não obstante se tenha dado como pressuposto, em muitos estudos, a estabilidade da constante temporal ao longo de uma gama vasta de intensidades (Barstow et al, 1993; Carter et al, 2000), tal nem sempre se confirmou (Carter et al, 2002).

Na realidade, é escassa a investigação incidindo sobre a VO_{2k} em exercícios conduzidos a intensidades supramáximas, o que é paradoxal, uma vez que é nestes regimes de intensidade que ocorrem a maior parte das situações competitivas em variados desportos.

Do conjunto de estudos recenseados com cálculo dos parâmetros da VO_{2k} em exercício supra-máximo (Carter et al, 2006; Hettinga et al, 2009; Hughson et al, 2000; Wilkerson et al, 2004; Wilkerson et al, 2006), apenas dois se referem a

Discussão dos Resultados

corredores de meio fundo (Draper et al, 2003; Bosquet et al, 2007a) e um coloca em especial a questão da modelação matemática dos valores de VO_2 nesta intensidade (Hirai et al, 2008).

Uma vez que o sistema aeróbio é levado ao seu limite no domínio supra-máximo, qualquer alteração na resposta do VO_2 numa transição repouso – exercício terá grande implicação na utilização dos recursos ligados ao metabolismo anaeróbio nas fibras musculares colocadas em acção, tornando este factor relevante para o desempenho competitivo. No entanto, tem-se obtido valores muito próximos do VO_{2max} em esforços inferiores a 2 minutos, pelo menos em atletas bem treinados (Draper et al, 2003; Bosquet et al, 2007^a; Hettinga et al, 2009) e após aquecimento.

Com base nestes trabalhos, pode-se concluir, igualmente, que a VO_{2k} inicial num esforço supramáximo pode ser treinada, não só através dos métodos contínuos e intervalados de referência, como também através do treino intervalado intensivo de forte pendor anaeróbio.

2.4 Indicadores anaeróbios para o controlo do treino no meio fundo

Conley et al (2001) demonstraram que o desempenho muscular sustentável durante algum tempo depende sempre da interação entre o fluxo glicolítico no sarcoplasma e a oxidação fosforilativa e, além disso, que a provisão de ATP decorrente da glicólise pode atingir perto de 20% em exercícios próximo do VO_{2max} – qualquer coisa como 12% sem conexão directa com as vias oxidativas e 8 % directamente ligadas à subsequente oxidação do piruvato.

Há muito que se sabe que os atletas sujeitos a treino especializado em velocidade e potência muscular realizam desempenhos de nível superior, em exercícios de curta duração e alta intensidade, aos dos atletas de fundo ou indivíduos sedentários, quer a partir de estudos transversais (Tharp et al, 1984; Cheetham et al, 1985; Serresse et al, 1989; Olesen et al, 1994), quer pela sua

Discussão dos Resultados

confirmação em diversos estudos longitudinais (Houston et al, 1977; Nevill et al, 1989; Bouchard et al, 1991).

O treino a intensidades supramáximas atua positivamente na capacidade dos sistemas tampão (Sahlin & Henriksson, 1984; Henriksson, 1977), na concentração das enzimas glicolíticas (Jacobs et al, 1987), na atividade da ATPase miofibrilar (37), e na produção de lactato (Nevill et al, 1989; Jacobs et al, 1987).

Foi confirmada ainda a possibilidade de alteração da tipologia das fibras musculares nos músculos sujeitos a treino de potência e velocidade, com aumento das fibras de contração rápida de 8 a 13% e decréscimo nas fibras de contração lenta de nível semelhante (Harridge et al, 1998; Bottinelli et al, 2000).

2.4.1 Déficit de oxigénio acumulado máximo (DefO₂Ac)

Medbo e colaboradores (Medbo et al, 1988; Medbo & Tabata, 1989; Medbo & Burgers, 1990) conceberam o enquadramento teórico e instituíram o corpo de procedimentos básicos para a utilização do DefO₂Ac máximo como um método não invasivo para a quantificação da energia anaeróbia produzida durante um exercício supramáximo.

O déficit de oxigénio é expresso em equivalentes de oxigénio e, durante o exercício submáximo, representa uma medida válida da contribuição anaeróbia para o fornecimento total de energia (Gastin, 1994), tendo-se mantido alguma preocupação entre os especialistas no que diz respeito à sua precisão quanto ao exercício supramáximo (Bangsbo et al, 1990; Bangsbo, 1996; Green & Dawson, 1996).

A fonte de erro na medição do déficit de O₂ nestas circunstâncias consiste na determinação do custo energético em equivalentes de oxigénio, já que este não

Discussão dos Resultados

pode ser medido diretamente, mas sim calculado extrapolando a partir do VO_2 medido em intensidades submáximas.

Outra assunção problemática é a inalterabilidade da eficiência mecânica perante o acréscimo da temperatura corporal e a instalação da fadiga durante exercícios até à exaustão, entendendo por eficiência mecânica o dispêndio de energia necessário para a realização de uma certa quantidade de trabalho (Whipp & Wasserman, 1969).

É provável que isto leve à subestimação do custo energético real durante o exercício supramáximo, já que será de esperar que ocorra um decréscimo de eficiência mecânica com o aumento da intensidade de esforço (Vandewalle et al, 1987; Olesen, 1992; Bangsbo, 1998).

Estudos recentes, no entanto, parecem confirmar a validade da utilização da extrapolação linear do requerimento de oxigénio supramáximo a partir de valores submáximos (Weber & Schneider, 2001; Aisbett & Le Rossignol, 2003; Gardner et al, 2003; Reis et al, 2005). A verificação da existência de relações significativas com diferentes variáveis intramusculares – concentrações de ATP, creatina fosfato, monofosfato de ionosina e lactato determinadas a partir de biopsia muscular realizada imediatamente após esforço até à exaustão - consolidaram a sua utilização (Bangsbo et al, 1990; Medbø & Tabata, 1993). Confirmou-se, também, o efeito do treino no $DefO_2Ac$ (Medbø & Burgers, 1990; Scott et al, 1991; Gatin & Lawson, 1994; Medbo, 1996).

Em exercícios executados a uma intensidade constante superior ao limiar láctico, um dos efeitos do treino aeróbio será o decréscimo do défice de O_2 , fenómeno associado ao aumento do tempo até à exaustão (Poole & Richardson, 1997; Demarle et al, 2001). Para além do efeito do treino, outros factores podem influenciar o $DefO_2Ac$, aquando da sua determinação, independentemente do protocolo utilizado.

Marth et al, (1998) afirmaram: para que os resultados obtidos sejam correctamente interpretados temos que ter em conta que a capacidade

Discussão dos Resultados

anaeróbia é maior da parte da tarde do que de manhã. Hill & Smith (1992) afirmaram que num esforço de 30 s o trabalho produzido é maior 5 ou 16% maior da parte da tarde, enquanto que Reilly & Waterhouse (2009) reportaram que a acumulação de lactato é 21% maior da parte da tarde em esforços a 95% do VO_2 máx.

Outro factor que poderá influenciar a estimativa do Def O_2 Ac, será a massa magra que cada atleta possui e que, de acordo com Maud & Shultz (1986) uma maior capacidade anaeróbia dos homens é significativamente relacionada com a sua maior massa magra.

Também Hill et al, 2002; Craig et al, 1998; Olesen et al, 1994; Saltin, 1990; Sloniger et al, 1997; Weyand et al, 1993, consideram existirem dependências do Def O_2 Ac na magnitude da massa muscular envolvida ou seja, quanto maior forem os grupos musculares envolvidos no esforço, maior serão os valores obtidos na determinação do défice de O_2 e conseqüente capacidade anaeróbia.

2.4.2 Concentração sanguínea máxima de lactato (maxLa)

A máxima concentração sanguínea de lactato obtida após exercício supra-máximo, na maioria dos estudos, foi alcançada entre os 4 e os 9 minutos após o final do esforço (Thomson e Garvie, 1981; Withers et al, 1993; Medbo et al, 1988; Medbo & Tabata, 1993 e Fujitsuka et al, 1982).

Housh et al, 1992, no seu estudo, não encontraram correlação entre a concentração sanguínea de lactato e a capacidade anaeróbia medida em teste de intensidade máxima com a duração de 1 minuto em tapete rolante. Weyand et al (1994), por seu lado, compararam fundistas e velocistas num teste em tapete rolante horizontal de aproximadamente 2 minutos. Na concentração de lactato no sangue verificou-se que os atletas masculinos obtiveram 10,6 e 7,9 mmol.L⁻¹, respetivamente. Olesen et al (1995) avaliaram a lactatemia máxima de corredores com diferentes níveis de desempenho, num teste supramáximo

Discussão dos Resultados

até à exaustão de 2 – 3 minutos, em tapete rolante sem inclinação, tendo obtido valores de $13,3 \text{ mmol.L}^{-1}$ para os atletas bem treinados. Lacour et al (1996) realizaram recolhas de sangue em atletas de elite após competição (400 / 800 m). As lactatemias médias foram de 20,1 e 21,9 mmol.L^{-1} para os 400 e 800 m respetivamente.

Num estudo realizado por Mujika et al (2000), estes autores utilizaram 10 atletas do meio-fundo treinados. Os sujeitos realizaram uma prova quadrangular supramáxima até à exaustão de modo a atingirem a concentração sanguínea máxima de lactato. Foram retiradas amostras sanguíneas de lactato aos 2, 4, 8 e 12 min após o teste. O pico de lactato encontrado foi de $15,9 \text{ mmol.L}^{-1}$.

Hanon et al (2008), num teste de terreno supramaximal de 1500m, com 11 corredores de meio fundo, entre 5 e 7min após o esforço, a concentração máxima de lactato foi de $14,9 \text{ mmol.L}^{-1}$. Hill (1999) realizou recolhas de sangue para determinação do lactato após testes de 5 min em tapete rolante, com corredores de meio fundo universitários, e após uma corrida de 400, 800 e 1500 m, tendo a concentração média de lactato sido de 15 mmol.L^{-1} .

2.5 Perfil metabólico e desempenho nas provas de 800 m e 1500 m

A interação relativa entre as diferentes vias metabólicas para o fornecimento de ATP durante as diferentes fases de um exercício de alta intensidade é importante para que seja possível ter uma noção concreta do requerimento metabólico a que um atleta está sujeito ao realizar uma determinada prova em competição. Este aspecto é um pré-requisito para a otimização do treino e a sua adequada especialização. Como transparece da revisão realizada por Brandon (1995), no início dos anos 90 verificou-se um acréscimo do interesse pelo estudo dos factores preditores do desempenho nas provas de meio fundo

Discussão dos Resultados

na corrida, apesar de muitos estudos não terem incidido sobre atletas de elite, ou terem englobado amostras heterogêneas que levaram a conclusões nem sempre presumivelmente aplicáveis ao treino de alto rendimento.

Lacour et al (1990) usaram a lactatemia máxima pós-esforço para estimar a contribuição glicolítica. Partindo de assunções baseadas na literatura sobre a contribuição aeróbia e a taxa de utilização das reservas de oxigênio e de creatina fosfato e valores médios para o VO_{2max} , massa muscular e reservas de oxigênio, chegaram a valores de 41% de contribuição anaeróbia para os 800 m.

Recentemente, num estudo que teve como participantes 11 meio-fundistas jovens ($17,6 \pm 1,4$ anos) e de nível competitivo médio, apesar de apresentarem bons índices de potência aeróbia ($VO_{2max} = 72,9 \pm 4,54 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$; $VAM = 19,9 \pm 0,86 \text{ km.h}^{-1}$), Pupo et al (2012) concluíram que a prova de 800 m é fortemente determinada por índices de potência aeróbia e também da capacidade glicolítica, tendo a análise de regressão revelado que a VAM e a $maxLa$ explicaram 87% do desempenho. A importância que este último parâmetro obteve neste estudo confirma os resultados obtidos por Lacour (1990), sendo este um dos poucos trabalhos de investigação em que tal acontece, ao qual se deve adicionar o estudo de Ferri et al (2011), este para a prova de 1500 m.

A relação entre o desempenho na corrida e o $DefO_2Ac$ foi inicialmente estudada por Weyand et al (1994) para distâncias de competição entre os 100 m e os 1500 m.

A avaliação dos parâmetros respiratórios foi realizada em teste de corrida no tapete rolante, em corredores de sub-elite. O $DefO_2Ac$, em comparação com o VO_{2max} , a lactatemia máxima e a economia de corrida, foi o preditor mais forte do desempenho nas distâncias de 100 m, 200 m, e 400 m, mantendo correlações fracas mas significativas com os tempos realizados aos 800 m e aos 1500 m, explicando o desempenho em 38% e 27%, respetivamente. De acordo com este estudo, portanto, os desempenhos de meio fundo dependem

Discussão dos Resultados

mais da potência aeróbia do que da capacidade anaeróbia. A contribuição anaeróbia calculada para os 800 m foi apenas de 19% e 24%, para mulheres e homens, respetivamente. Não obstante o rigor deste estudo, os atletas avaliados não eram de alto nível, o que deixa aberta a possibilidade de, para desempenhos superiores, a influência anaeróbia ser mais importante.

Por outro lado, Ramsbottom et al (1994) encontraram uma correlação significativa entre DefO₂Ac e o tempo aos 800 m em 14 indivíduos ativos, não treinados. Em contraste, Olesen et al (1994) não encontraram qualquer associação entre aquele parâmetro e o desempenho aos 800 m em corredores de elite, velocistas e meio-fundistas, assim como num grupo controlo de 6 corredores recreativos, o que foi confirmado por Craig & Morgan (1998), desta vez num grupo homogéneo de corredores de meio fundo de nível intermédio. Também Spencer et al (1996) abordaram este problema recorrendo à simulação de exercícios de competição no tapete rolante. Forneceram para os 800 m uma contribuição anaeróbia de apenas 31%. Na mesma linha de procedimento, Hill (1999) calculou o custo aeróbio como sendo a soma das reservas em oxigénio (2,3 mlO₂.kg⁻¹) e o VO₂ medido em prova no tapete rolante. A energia anaeróbia foi calculada como a soma da energia disponível nas reservas de creatina fosfato (37 mlO₂.kg⁻¹ massa muscular) e a energia da glicólise (3,0 mlO₂.kg⁻¹ por mmol.L⁻¹ de aumento na lactatemia). A contribuição anaeróbia para os corredores masculinos foi, em média, 63%, 39% e 20%, para os 400 m, 800 m e 1500 m.

Spencer & Gatin (2001) apresentaram valores relativos para a contribuição aeróbia e anaeróbia no custo metabólico total das provas de meio fundo em atletas de alto nível masculinos, a partir de testes realizados em tapete rolante, usando o cálculo do DefO₂Ac. A contribuição relativa do sistema aeróbio foi de 66 ± 2 % e 84 ± 1 %, para os 800 m e os 1500 m, respetivamente. O DefO₂Ac apresentou valores semelhantes para as duas provas (47,1 ± 3,8 ml.kg⁻¹ e 48,1 ± 4,5 ml.kg⁻¹). O ponto de transição para a predominância do metabolismo aeróbio ocorreu, em ambas as provas, entre os 15 e os 30 segundos. Confirmando os resultados de Weyand et al (1994), a contribuição aeróbia

Discussão dos Resultados

relativa surgiu assim, neste estudo, com uma importância considerável, superior ao que era habitualmente pensado, rondando os 60% (Scott et al, 1991). Mais recentemente, Draper et al (2003) obtiveram resultados semelhantes, demonstrando uma estabilização dos valores de VO_2 clara mas submáxima em indivíduos bem treinados, no último minuto de um esforço máximo, a intensidade constante, com a duração de 2 min. Em atletas de meio fundo e fundo, estes autores confirmaram este “plateau” submáximo de VO_2 , também num esforço máximo de 2 min, percorrido em tapete rolante, a uma velocidade média correspondente ao melhor tempo nos 800 m, não encontrando nenhuma associação entre o nível de VO_2 atingido e o VO_{2max} (Draper & Wood, 2005).

Constatando a dispersão de valores apresentada na literatura baseada em testes laboratoriais, com valores de contribuição anaeróbia para os 400 m oscilando entre os 36% e os 72%, enquanto para os 800 m, embora com menor variação, surgem valores entre 27% e 42%, Duffield et al (2005) avançaram com uma metodologia recorrendo à simulação da competição numa pista sintética. A contribuição anaeróbia relativa para os 800 m simulados, determinada a partir do $DefO_2Ac$ e de medições de lactatemia e creatina fosfato, foi de 40% e 37%, respetivamente, para os corredores masculinos. Ao contrário do que ocorreu em Ramsbottom et al (1994) e em Craig & Morgan (1998), no entanto, os valores de $DefO_2Ac$ não se mostraram associados ao desempenho nas provas de 400 m e 800 m. Provavelmente porque, no primeiro caso, a duração não é suficiente para exaurir completamente a capacidade anaeróbia e, no segundo caso, por intensidade insuficiente. Utilizando os mesmos procedimentos, estes autores alargaram a sua análise a distância superiores – 1500 m e 3000 m (Duffield et al, 2005a). A contribuição aeróbia para os 3000m foi de 86% e para os 1500 m de 77%. O desempenho nesta última prova surgiu associado apenas ao VO_{2max} , o que não aconteceu com a distância mais longa.

Discussão dos Resultados

A larga maioria dos estudos presentes na literatura é feita em tapete rolante. Contudo, os estudos realizados em laboratório a velocidade constante não correspondem à realidade de uma situação de competição na distância de 800m, em que se observam variações de velocidade muito importantes. Tentando ultrapassar esta limitação, Thomas et al (2003) visaram a quantificação da contribuição parcelar proveniente de cada sistema energético nos diferentes momentos de uma prova de corrida de 800 m simulando a situação de competição, medindo continuamente o VO_2 e a velocidade real de corrida. Concluíram que o dispêndio energético total e o déficit de O_2 eram quase idênticos no decurso de uma prova simulada de 800m e num esforço supramáximo de velocidade constante em tapete rolante, mas a repartição temporal deste último apresentou diferenças importantes. A variação da velocidade de corrida mostrou ter, assim, uma incidência determinante quer sobre a contribuição anaeróbia quer sobre a aeróbia.

Em estudos mais recentes, quer Sandals et al (2006), quer Hanon et al (2011), mostraram que a estratégia de doseamento da velocidade tem uma influência determinante no perfil energético de uma prova de meio fundo, condicionando o consumo de O_2 atingido. Com efeito, a simulação da prova, impondo uma velocidade inicial elevada, conduziu a valores mais elevados de VO_2 do que estratégias de intensidade crescente ou constante.

Curiosamente, enquanto que Sandals et al (2006) relatam que nenhum dos atletas medidos, fosse qual fosse a estratégia utilizada, atingiu o VO_2 no decorrer da simulação dos 800 m, já no caso do estudo de Hanon et al (2011), quer na prova simulada de 800 m, quer na de 1500 m.

Este último estudo é particularmente interessante porque estudou a evolução do consumo de O_2 ao longo de provas simuladas em pista, onde os atletas seguiam um doseamento da velocidade habitualmente utilizada por si em competição. Embora com óbvias diferenças para as duas provas, os 800 m mais dependentes de uma saída forte e os 1500 m com uma variação de velocidade mais equilibrada, a verdade é que estes autores defendem que para

Discussão dos Resultados

um desempenho óptimo, em provas de duração inferior a 3 minutos e 30 s, a única maneira de assegurar a utilização total das reservas anaeróbias é realizar uma fase inicial da corrida com grande intensidade, incorrendo num défice de O_2 inicial forte, mesmo que isso implique alguma descida de velocidade na fase final da prova. É sugerido, também, que uma saída de intensidade elevada poderá levar a uma componente primeira da VO_2 mais rápida, com um melhor aproveitamento do potencial aeróbio para a produção de trabalho muscular num curto espaço de tempo, facto que carece de comprovação.

Alguns dos factores biológicos apresentados anteriormente indicam, com uma margem de erro aceitável, quais as adaptações determinantes para o sucesso em cada uma das provas de meio fundo no Atletismo. Outros factores interferem, no entanto, diretamente, no custo energético em competição e, entre eles, destaca-se a condução ou doseamento do esforço ao longo da prova (Myburgh, 2003).

3. METODOLOGIA

3.1 DESENHO DO ESTUDO

3.2 PROCESSO DO TREINO

3.3 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

3.3.1 ESTUDO DA PROVA DE 800 M: CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

3.3.2 ESTUDO DA PROVA DE 1500 M: CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

3.3.3 CARACTERIZAÇÃO CRONOMÉTRICA DA AMOSTRA: CRITÉRIOS DE VELOCIDADE

3.4 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

3.4.1 PROVA PROGRESSIVA MÁXIMA

3.4.2 PROVA SUPRAMÁXIMA

3.4.3 INSTRUMENTAÇÃO

3.5.5 ESTATÍSTICA

3. METODOLOGIA

3.1 Desenho do estudo

Os atletas foram avaliados em dois momentos de um macrociclo de treino que correspondeu a uma “época de inverno”, de acordo com a terminologia corrente.

A 1ª Fase de avaliação decorreu após um primeiro mesociclo de treino, de carácter preparatório, com ênfase na solicitação da capacidade aeróbia e com grande volume de corrida contínua, entre as 6ª e a 8ª semanas de preparação, enquanto que a 2ª fase de avaliação surgiu na semana seguinte ao termo do macrociclo, ou seja, após um mesociclo de preparação terminal com três semanas de manutenção ou ligeiro decréscimo do volume e aumento da intensidade.

Este mesociclo, graças à concessão de maiores tempos de recuperação entre tarefas específicas e sessões de empenhamento elevado, tornados possível devido à redução do volume de treino, visou a obtenção do pico de forma do macrociclo.

Os conteúdos das sessões de treino e a respectiva dinâmica das cargas nas semanas que antecederam cada uma destas fases de avaliação serão caracterizadas no ponto seguinte.

Discussão dos Resultados

Como se verá em detalhe na explanação referente à caracterização da amostra, o grupo total de atletas surgiu, à partida, diferenciável entre aqueles que competiram na prova de 800 m durante o macrociclo visado neste estudo, os que competiram na prova de 1500 m no mesmo período e aqueles que competiram em ambas as provas. Foi, deste modo, decidido empreender dois estudos separados focando, cada um deles, uma das distâncias de competição referidas, e que constituem aquilo que muitos especialistas designam por “meio fundo curto”.

Por outro lado, a caracterização do nível de desempenho competitivo dos atletas participantes neste estudo mostrou a adequação da sua divisão em dois níveis diferenciados, constituindo-se assim dois subgrupos para cada um dos estudos visando as distâncias de competição, divisão essa que foi empreendida segundo um critério objectivo: a consideração da melhor marca da época.

No caso de atletas que participaram em mais do que uma prova nas distâncias de meio fundo curto, foi considerada a melhor marca para posterior conversão em pontuação, de acordo com as tabelas utilizadas para o efeito pela Federação Portuguesa de Atletismo.

3.2 Processo de treino

O planeamento anual de treino foi caracterizado por uma estrutura de periodização dupla, formando dois grandes macrociclos: o macrociclo de inverno com início em setembro/outubro e termo em março, e o macrociclo de verão com início em abril e termo em agosto ou setembro, em função da data de realização do campeonato da Europa, do Mundo ou os Jogos Olímpicos.

O macrociclo de inverno, onde se inseriram as avaliações que deram corpo ao presente estudo, foi constituído por um período preparatório geral, um período específico ou fundamental, um período pré-competitivo e um competitivo.

Discussão dos Resultados

O período preparatório geral ocorreu entre setembro e outubro e caracterizou-se por grande volume de treino, tendo como principal objetivo o desenvolvimento da capacidade aeróbia através dos meios e métodos de treinos baseados na corrida contínua de média e longa duração, *fartlek*, treino intervalado extensivo curto e longo, complementados com o trabalho de preparação física geral com bolas medicinais, reforço muscular com cargas leves, exercícios de técnica de corrida e treinos de corrida contínua de intensidade fraca e média na praia.

No final deste período realizámos a primeira fase de avaliações funcionais e de desempenho. O período específico ou especial durou de novembro a janeiro, também ele caracterizado por grande volume de treino, visando não só a continuação do desenvolvimento da capacidade aeróbia, mas também da capacidade anaeróbia e da potência aeróbia, através do treino intervalado intensivo, do treino de velocidade-resistência, do treino de rampas, reforço muscular e exercícios de preparação física geral e técnica de corrida.

O período pré-competitivo e competitivo de inverno decorreu em fevereiro e março, e caracterizou-se por uma redução progressiva do trabalho aeróbio em quase 50%, comparando com o volume utilizado nos períodos preparatório e específico de inverno, visando o desenvolvimento da velocidade-resistência e do ritmo de competição. Nesta fase, houve uma redução significativa das cargas de solicitação neuromuscular gerais e especiais e o treino de rampas só se realizava na ausência de competição importante no fim de semana seguinte.

Durante o período de transição, logo na 1ª semana, realizámos a 2ª Fase de avaliações funcionais e de desempenho, recolhendo os mesmos indicadores da fase anterior.

3.3 Caracterização da amostra

A amostra foi constituída por vinte e oito atletas do género masculino, de categoria Júnior e Sénior, que participam regularmente em competições de

Discussão dos Resultados

meio fundo curto de nível nacional e, na sua maioria, de nível internacional, alguns com sucesso notável em Campeonatos do Mundo e nos Jogos Olímpicos.

Durante o período de realização do estudo, estes atletas participaram em provas oficiais de 1500 m e 23 desses atletas participaram igualmente, durante o mesmo período, em provas de 800 m. Os atletas incluídos neste estudo, após terem sido aprovados nos exames médicos que acompanham, em cada época, o registo na Federação Portuguesa de Atletismo, consentiram voluntariamente na sua participação, com conhecimento pleno dos objectivos e procedimentos inerentes.

No estudo de cada uma das provas, os 800 m e os 1500 m, os atletas foram divididos em dois grupos, de acordo com a melhor marca na época em que o estudo se realizou. Para essa divisão, partiu-se da marca correspondente a 1000 pontos na Tabela Internacional (Spiriev, 2011) e, através de uma análise de função discriminante, foi definido o agrupamento final.

3.3.1 Estudo da prova de 800 m: caracterização da amostra

A amostra para este estudo foi constituída por 23 atletas, divididos em 2 grupos de acordo com o melhor resultado obtido nos 800 m durante a época em que a recolha de dados se realizou (tabela 6). O grupo A, com os melhores resultados, incluiu atletas com um tempo até 1:50,64 min:s na prova de 800m ($n = 10$). O grupo B incluiu atletas com um tempo acima daquele limite ($n = 13$). Os melhores resultados da época nos 800m para o grupo A foi de 1:48,70 \pm 1,58 min:s e no grupo B foi de 1:53,80 \pm 1,81. A idade, altura e peso dos elementos do grupo A foram, respetivamente, 23,5 \pm 3,6 anos, 1,79 \pm 7 cm e 66,3 \pm 7,5 kg. No grupo B estes valores foram 24,4 \pm 4,6 anos, 1,78 \pm 8 cm e 64,0 \pm 5,1 kg, respetivamente.

Discussão dos Resultados

3.3.2 Estudo da prova de 1500 m: caracterização da amostra

No estudo da prova de 1500 m, a amostra foi constituída por 28 atletas, divididos em 2 grupos de acordo com o melhor resultado obtido nos 1500m durante a época em que a experiência se realizou (tabela 6). O grupo A, com os melhores resultados, incluiu atletas com um tempo inferior a 3:46,82 min:s na prova dos 1500 m (n = 13).

O grupo B, com os piores resultados, incluiu atletas com um tempo abaixo daquele limite (n = 15). Os melhores resultados no grupo A da época nos 1500m foram de 3:41,00 ± 5,38 min:s e no grupo B foram de 3:49,43 ± 6,25 min:s. A idade, a altura e o peso dos elementos do grupo A foram 26,2 ± 4,0 anos, 1,79 ± 0,06 m, 66,1 ± 4,2 kg, respetivamente. Os valores correspondentes nos elementos do grupo B foram de 22,0 ± 3,7 anos, 1,76 ± 8 m e 62,8 ± 7,4 kg, respetivamente.

Tabela 6 . Características da amostra referentes aos grupos de desempenho A e B dos estudos dos 800 m e dos 1500 m. MMP - melhor marca pessoal; MME - melhor marca da época; MC - massa corporal.

Grupo de Atletas	MMP (min:s)	MME (min:s)	Idade (anos)	Altura (cm)	MC (kg)
800 m A	1:47,83 ± 1,78	1:48,70 ± 1,58	23,5 ± 3,6	1,79 ± 7	66,3 ± 7,5
800 m B	1:52,78 ± 3,04	1:53,80 ± 1,81	24,4 ± 4,6	1,78 ± 8	64,0 ± 5,1
1500 m A	3:40,95 ± 5,48	3:41,00 ± 5,38	26,2 ± 4,0	1,79 ± 6	66,1 ± 4,2
1500 m B	3:49,14 ± 3,94	3:49,43 ± 6,25	22,0 ± 3,7	1,76 ± 8	62,8 ± 7,4

Discussão dos Resultados

3.3.3 Caracterização cronométrica da amostra: critérios de velocidade

Com o intuito de retratar melhor o nível técnico dos atletas estudados, procedemos à sua caracterização a partir das suas melhores marcas pessoais, com base nos critérios de utilização da velocidade de Zabiazowski (Marre & Chanon, 1998).

Em função dos valores obtidos nos índices, encontramos 3 tipos de corredores no grupo A do estudo da prova de 800 m: “400-800” (10%), “800” (60%) e “800-1500” (30%), com índices médios de, respectivamente, $13,09 \pm 0,80$; $10,61 \pm 0,33$ e $7,77 \pm 1,89$.

No caso do grupo B deste mesmo estudo, com base nos critérios anteriormente referidos, verificamos possuírem estes atletas, quase na totalidade, um elevado nível de resistência específica, com índices médios de $8,43 \pm 0,65$, sendo classificados como estando na categoria “800-1500” (92,30%), com exceção de 1 corredor que possuía um nível próximo dos corredores do tipo “800”.

No caso da amostra selecionada para o estudo da prova de 1500 m, as características dos corredores mais resistentes e mais rápidos do grupo A, segundo os critérios de utilização da velocidade de Zabiazowski, adaptando o critério para esta distância de competição, ou seja, usando a melhor marca pessoal de cada atleta nos 800 m, 2 x a melhor marca pessoal dos 800 m + um valor igual ou inferior a 10 segundos, que corresponde à melhor prestação pessoal de cada atleta, permite-nos verificar que a maioria dos sujeitos deste grupo possuem resistência específica “muito boa”. No entanto, 3 atletas apresentam valores positivos entre 9,62 - 9,99, o que implica ser-lhes atribuído um nível de resistência específica moderado, eventualmente, com larga margem de progressão neste âmbito.

Por outro lado, 80% dos sujeitos do grupo B apresentam resistência específica muito boa, e os restantes, segundo este mesmo critério, muito fraca.

Discussão dos Resultados

A utilização destes critérios de classificação propostos para atletas de nível elevado de rendimento, quando aplicados aos presentes grupos integrando o nosso estudo, confirma estarmos perante um grupo de atletas com graus de desempenho desportivo relevantes e, mais importante ainda, coloca-os claramente como especialistas de meio fundo. Deste modo, reforça-se a pertinência do estudo das suas aptidões para este tipo particular de esforço físico e o interesse da verificação da sua variação com os ciclos de treino.

3.4 Procedimentos experimentais

Em cada uma das fases de avaliação, os atletas cumpriram duas provas de esforço em pista ao ar livre, uma progressiva máxima e uma supramáxima. O intervalo de tempo entre as duas provas foi de 48 h e, durante este intervalo, os atletas realizaram apenas sessões de corrida contínua de intensidade moderada e volume reduzido.

Cada sujeito realizou as provas de avaliação à mesma hora do dia e em condições climatéricas semelhantes.

3.4.1 Prova progressiva máxima

Esta prova foi constituída por 5 patamares de 6 min de duração. A razão para a escolha de um protocolo com patamares mais longos do que o habitual reside no facto de se pretender utilizar os níveis de intensidade para estabelecer uma relação custo energético em VO_2 e velocidade de corrida que permitisse a determinação da economia aeróbia de corrida e a sua posterior utilização no cálculo do Def O_2 Ac.

Deste modo, a duração dos patamares submáximos deveria ser a necessária e suficiente para que ocorresse uma estabilização no O_2 . Se não ocorrer uma

Discussão dos Resultados

estabilização no VO_2 , a validade do método fica comprometida, sendo provável que ocorra uma subestimação do CE submáximo (Buck & McNaughton, 1999). O fato de um vasto número de investigadores optarem por patamares de duração de 6 min nos seus estudos, sugere que esta duração poderá ser uma opção que permite um compromisso ótimo entre a duração e a intensidade dos patamares (Green & Dawson, 1996).

Será igualmente de evitar uma duração prolongada deste tipo de provas, o que poderá pôr em causa a possibilidade de o atleta atingir a VAM, para além dos efeitos nefastos de provas de duração muito longa na motivação dos atletas e na sua disponibilidade para nelas participarem. Daí a selecção de um protocolo progressivo com 5 patamares de intensidade.

As características deste protocolo, visando a economia de corrida, tornam-no menos adequado para a determinação dos limiares ventilatórios, facto que condicionou a decisão de não se usar os ditos parâmetros neste estudo, optando pela determinação de velocidades correspondentes a lactatemias fixas de 2 e 4 mmol.L^{-1} , como adiante se refere, como indicadores de capacidade aeróbia.

Cada patamar foi realizado a uma velocidade constante. Para assegurar o cumprimento das velocidades prescritas foi usado como referência e controlo um ciclista numa bicicleta equipada com velocímetro electromagnético. Assim, os sujeitos limitaram-se a seguir o ciclista.

A velocidade inicial foi escolhida de acordo com o nível de aptidão de cada sujeito, entre 3 e 4 m.s^{-1} , devendo corresponder a velocidades que se situem entre os 40 e os 50 % da VAM. Os acréscimos de velocidade nos patamares subsequentes foram de 0,5 m.s^{-1} .

Pretendeu-se que dois a três dos patamares fossem cumpridos a uma intensidade inferior à V_4 , um a uma intensidade próxima deste limiar e dois ou mais claramente acima.

Discussão dos Resultados

Existe maior probabilidade de não se verificar uma estabilização aceitável no VO_2 quando são usadas intensidades de esforço acima do limiar láctico, consequência da intervenção da componente lenta da cinética do VO_2 . Não obstante este aspecto, a utilização exclusiva de intensidades inferiores ao limiar láctico, ou seja, exclusivamente no domínio de intensidade moderada, pode conduzir a uma subestimação do CE e consequentemente do DefO_2Ac . Ou seja, quando se utilizam intensidades muito baixas, o diferencial entre estas e a intensidade supramáxima para a qual vai ser estimado o CE, é obviamente superior, pondo em causa que a extrapolação leve a um cálculo realista desta última. Com efeito, esta diferença influencia o erro padrão da estimativa do valor predito para o CE supramáximo (Green & Dawson, 1996; Reis & Carneiro, 2005). Assim, parece que a melhor opção será a de combinar patamares de intensidade inferiores e superiores ao limiar láctico.

Entre cada patamar ocorreu um período de repouso passivo, cuja duração foi individual e determinada com base no VO_2 - diferença inferior a $2 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ em relação ao valor observado antes do início do primeiro patamar.

As amostras de sangue capilar recolhidas para medição da concentração sanguínea de lactato foram realizadas antes do início do teste, imediatamente após a conclusão de cada patamar e 3 minutos após o final do último patamar.

Nesta prova, foram determinados os seguintes indicadores de aptidão aeróbia:

- Velocidade de corrida correspondente a um valor fixo de lactatemia de 2 mmol.L^{-1} (V_2). Parâmetro indicador da intensidade de exercício correspondente ao limiar láctico. Foi calculada com base na regressão não linear entre La e velocidade de corrida.
- Velocidade de corrida correspondente a um valor fixo de lactatemia de 4 mmol.L^{-1} (V_4). Parâmetro indicador da intensidade de exercício correspondente ao estado estacionário máximo de lactato. Foi calculada com base na regressão não linear entre La e velocidade de corrida.

Discussão dos Resultados

- Velocidade aeróbia máxima (VAM) - foi calculada com base na equação de regressão VO_2 - velocidade e no máximo valor de VO_2 registado para cada sujeito (Hill & Rowell, 1996).
- Consumo máximo de oxigénio (VO_{2max})

Outro indicador de aptidão aeróbia usado foi o VO_{2max} . Este correspondeu à média mais elevada num intervalo de 30s registada no último patamar da prova.

- Custo energético da corrida (CE).

Foi determinado pelo declive da reta de regressão entre VO_2 e velocidade de corrida nos primeiros 3 patamares. A correção foi efectuada por relativização ao tempo, obtendo-se, assim, o CE nas unidades pretendidas ($ml.kg^{-1}.m^{-1}$), ou seja, a expressão de um custo energético por unidade de deslocamento do corpo do corredor.

Para determinação da equação de regressão entre VO_2 e velocidade, foi considerada a média dos valores registados no último minuto de cada patamar. Foi ainda acrescentado um valor de VO_2 correspondente a uma velocidade nula. Para tal foi considerado o valor médio de VO_2 observado no último minuto antes do início da prova. Este procedimento permite melhorar a validade da regressão (Russell et al, 2002; Reis et al, 2005).

3.4.2 Prova supramáxima

Esta prova consistiu numa corrida cronometrada de 600 m (Billat et al, 2004). Cada atleta realizou a prova autonomamente e foi instruído para o fazer como se se tratasse de uma competição. Ao longo da sua execução os atletas foram exortados a manter um esforço máximo por parte do treinador e colegas presentes. Durante toda a prova e nos dois primeiros minutos de recuperação,

Discussão dos Resultados

procedeu-se à análise do ar expirado, registando-se os valores de VO_2 em intervalos de 10 s.

Nesta prova, foram determinados os seguintes indicadores:

- Velocidade média obtida na prova (V_{600m})
- Défice de oxigénio acumulado ($DefO_2Ac$).

O $DefO_2Ac$ é quantificado pela diferença entre o custo energético total do exercício e o consumo de oxigénio acumulado durante esse mesmo esforço. Este último representa a porção de energia obtida pelos processos aeróbios e o $DefO_2Ac$ representa a porção de energia obtida pelos processos anaeróbios. Assim, o seu somatório equivale ao total de energia produzida durante o esforço, ou seja, equivale ao CE total.

O VO_2 acumulado é obtido pela integração em ordem ao tempo de esforço do VO_2 medido durante a prova. Da mesma forma, o CE total resulta da integração do CE em ordem ao tempo de esforço.

Para esforços de intensidade supramáxima, o CE é estimado por extrapolação linear do CE submáximo; ou seja, através da utilização da equação da reta de regressão entre VO_2 e velocidade de corrida. A precisão do método depende principalmente da robustez desta regressão, assim como da robustez da extrapolação linear do CE submáximo e, como tal, depende do rigor do protocolo da prova submáxima (Green & Dawson, 1996; Reis & Carneiro, 2005).

- Concentração sanguínea máxima de lactato ($maxLa$).

Estimada a partir do valor máximo registado na recuperação da prova.

- Percentagem de energia aeróbia produzida (%AER).

Discussão dos Resultados

Foi calculada pela fração entre o VO_2 acumulado durante a prova e o CE total, tendo este sido determinado com base nos valores de economia de corrida encontrados na prova submáxima. Para esforços de intensidade supramáxima, o CE é estimado por extrapolação linear do CE submáximo; ou seja, através da utilização da equação da reta de regressão entre o VO_2 e a intensidade do esforço (Billat et al, 2004).

- Cinética do consumo de oxigénio (VO_{2k})

Foi utilizada uma modelação mono-exponencial de modo a calcular a constante temporal da fase primária da curva de crescimento do VO_2 (τ), correspondendo a 63% do tempo necessário para o atingir da amplitude máxima desta curva (A), de acordo com a equação,

$$VO_{2(t)} = VO_{2base} + A \cdot (1 - e^{-(t-TD1)/\tau})$$

onde $VO_2(t)$ representa o VO_2 num dado instante, o VO_{2base} representa o VO_2 de repouso, calculado através da média do VO_2 nos primeiros 30 segundos do ultimo minuto prévio ao início do exercício.

Cada instante (t) foi descrito por um tempo de atraso (*time delay*), por uma constante temporal (τ) e incluiu também uma amplitude (A), como descrito em Reis et al (2012).

Estes parâmetros foram calculados, através de um processo interactivo, minimizando a soma da raiz quadrada da média dos valores das diferenças entre o modelo e os valores de VO_2 medidos, utilizando uma macro concebida para o efeito e correndo no SPSS (Reis et al, 2012).

3.4.3 Instrumentação

A lactemia foi determinada a partir da colheita de 5 microlitros de sangue capilar retirado da polpa dos dedos da mão e analisados imediatamente num

Discussão dos Resultados

analisador portátil de lactato de marca Lactate Pro LT-1710 (Arkray KDK), calibrado antes de cada utilização de acordo com instruções do fabricante (<http://www.fact-canada.com/LactatePro/lactate-pro-portable-analyzer.html>).

Diversos estudos comprovaram a validade, garantia e reprodutibilidade do aparelho, assim como correlação elevada com resultados de laboratório segundo os procedimentos padrão (Medbo et al, 2000; Pyne et al, 2000; Mc Naughton et al, 2002; Buckley et al, 2003; Saunders et al, 2005, Baldari et al, 2009).

Durante as provas máxima e submáxima, no minuto que as precedeu e nos dois primeiros minutos de recuperação, o ar expirado foi recolhido por um analisador de gases Cosmed K4b² (Cosmed, Rome, Italy), sendo retidos para tratamento posterior os valores registados de VO_2 em intervalos de 10 s. O aparelho foi calibrado antes de cada prova, de acordo com as instruções do fabricante.

Este instrumento está validado para utilização em situações de exercício de intensidades submáximas e supramáximas, nomeadamente na corrida (Hauswirth et al, 1997; Duffield et al, 2004). O aparelho pesa 800 g e é colocado perto do centro de massa do corpo dos corredores, constituindo um factor de perturbação na movimentação dos corredores mínimo e ultrapassável com algum treino de habituação inicial.

3.5 Estatística

Os dados foram analisados com o software SPSS 19.0 (SPSS Science, Chicago, USA). Todos os resultados são apresentados como médias e desvios padrão. Foi confirmado o pressuposto de normalidade dos dados através do teste de Shapiro-Wilk.

Discussão dos Resultados

As diferenças entre os resultados dos dois grupos foram testadas pelo teste t para amostras independentes.

As diferenças entre os resultados nos dois períodos de avaliação foram testadas pelo teste t para amostras emparelhadas.

O grau de associação entre variáveis foi determinado pelo coeficiente de correlação simples de Pearson ou pela técnica não paramétrica de Spearman, nos casos de falta de normalidade de uma ou de ambas as variáveis, ou quando o número de casos foi inferior a 20.

O nível de significância estatística definido foi de $p \leq 0,05$.

4. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

4.1 CARGAS DE TREINO EFECTIVAMENTE CUMPRIDAS

4.2 INDICADORES AERÓBIOS E ANAERÓBIOS POR GRUPOS DE DESEMPENHO NAS DUAS FASES DE AVALIAÇÃO

4.2.1 ESTUDO DA PROVA DE 800 M

4.2.2 ESTUDO DA PROVA DE 1500 M

4.2.3 INDICADORES AERÓBIOS E ANAERÓBIOS DA AMOSTRA TOTAL NAS DUAS FASES DE AVALIAÇÃO

4.3 ESTUDOS CORRELACIONAIS UTILIZANDO AMOSTRA TOTAL

4.3.1 IDADE, CARACTERÍSTICAS CORPORAIS E INDICADORES AERÓBIOS E ANAERÓBIOS

4.3.2 VOLUME DE TREINO E INDICADORES AERÓBIOS E ANAERÓBIOS

4.3.3 ÍNDICE DE ZABIAZOWSKI E INDICADORES AERÓBIOS E ANAERÓBIOS

4.3.4 DESEMPENHO (VELOCIDADE MÉDIA DE PROVA) EM COMPETIÇÕES DE 800 M E 1500 M

4.3.5 DESEMPENHO NA PROVA SUPRAMÁXIMA DE 600M (VELOCIDADE MÉDIA NO TESTE)

4.3.6 RELAÇÃO ENTRE INDICADORES DE APTIDÃO AERÓBIA E ANAERÓBIA

4. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

4.1 Cargas de treino efectivamente cumpridas

No capítulo da Metodologia foi descrito o modelo de periodização da época seguido pelos atletas integrados neste estudo. No entanto, com base nos dados provenientes do registo das sessões de treino realizadas, podemos avançar na caracterização das cargas a que estes atletas foram sujeitos, levando em conta a quantificação e estratificação dos volumes de corrida efectuados individualmente.

Esta caracterização permitirá averiguar se as diferenças que surjam no volume de treino aplicado, total e nas categorias de treino de corrida contínua e treino intervalado, com a variação de intensidade decorrente, influenciam o nível de desempenho competitivo ou os parâmetros fisiológicos avaliados.

O volume total de treino durante as 2 fases da época desportiva ao longo da qual o estudo se realizou, estão apresentados nas tabelas 7 e 8, respeitante aos grupos A e B dos estudos da prova de 800 m e da prova de 1500 m. A fase I da época decorreu entre 1 de setembro a 15 novembro e a fase II entre 16 de novembro a 15 de março, conforme referenciado na Metodologia.

Discussão dos Resultados

Tabela 7 Volume total de treino (VTT) e volume de treino semanal médio (VTS) para os diferentes tipos de exercícios de treino utilizados, nos grupos A e B referentes ao estudo da prova dos 800 m, nas 2 fases da época e no total da época desportiva. CC – corrida contínua; TI - treino intervalado. Todos os volumes de treino são expressos em km. *p<0,05.

		Grupo A		Grupo B		Variação entre grupos
		VTT	VTS	VTT	VTS	
Fase I	CC	585 ± 262	73	727 ± 135	91	24 %
	TI	33 ± 10	4,1	42 ± 6	5,3	** 27 %
	TT	618 ± 276	77	769 ± 141	96	24 %
Fase II	CC	1271 ± 373	79	1455 ± 271	91	14 %
	TI	100 ± 30	6,3	126 ± 18	7,9	** 26 %
	TT	1371 ± 535	86	1581 ± 289	99	15 %
Época total	CC	1856 ± 635	48,8	2182 ± 406	57,4	18 %
	TI	133 ± 40	3,5	168 ± 24	4,4	* 26 %
	TT	1989 ± 675	52,3	2350 ± 430	61,8	18 %

A compilação dos valores relativos à anamnese do treino permitiu verificar as diferenças no volume de treino e na distribuição deste pelos dois tipos de tipologia de exercícios utilizada entre os grupos constituídos para o estudo referente à prova de 800 m e à prova de 1500 m.

Todas as variáveis fisiológicas e de desempenho foram tratadas de acordo com a divisão em grupos de nível de desempenho (Grupo A e Grupo B) salvo o parâmetro τ decorrente da análise da VO_{2k} na prova submáxima. A razão reside no fato de apenas se ter conseguido boas modelações, para ambas as fases de avaliação, em 16 indivíduos, o que inviabilizou a respectiva subdivisão. Deste modo, esta variável só será alvo de apresentação e discussão no referente à amostra total e aos estudos correlacionais dela decorrentes.

Discussão dos Resultados

Tabela 8 Volume total de treino (VTT) e volume de treino semanal médio (VTS) para os diferentes tipos de exercícios de treino utilizados, nos grupos A e B referentes ao estudo da prova dos 1500 m, nas 2 fases da época e no total da época desportiva. CC – corrida contínua; TI - treino intervalado. Todos os volumes de treino são expressos em km. *p≤0,05.

		Grupo A		Grupo B		Variação entre grupos
		VTT	VTS	VTT	VTS	
Fase I	CC	722 ± 242	90,3	636±156	79,5	-12 %
	TI	41 ± 8	5,1	37±9	4,6	-10 %
	TT	763 ± 250	95,4	673±156	84,1	-12 %
Fase II	CC	1528 ± 275	95,5	1272±312	79,5	* -17 %
	TI	124 ± 24	7,8	110±28	6,9	-11 %
	TT	1552 ± 299	97,0	1480±117	92,5	-5 %
Época total	CC	2250 ± 541	59,2	1908±468	50,2	* -15 %
	TI	165 ± 32	4,3	147±37	3,8	-11 %
	TT	2315 ± 549	60,9	2153±273	56,6	-7 %

4.2 Indicadores aeróbios e anaeróbios por grupos de desempenho nas duas fases de avaliação

4.2.1 Estudo da prova de 800 m

Na tabela 9 apresentam-se os valores referentes às duas fases de avaliação dos atletas dos grupos A e B. Os elementos do grupo A eram significativamente mais rápidos na prova máxima de 600 m, quando comparados com os elementos do grupo B, apresentando igualmente valores superiores de VAM, mas apenas na 2ª fase de avaliação, após uma redução deste parâmetro significativa em relação à 1ª fase, o que relativiza o significado deste resultado.

Discussão dos Resultados

Nenhum dos restantes parâmetros mostraram poder discriminatório entre grupos, observando-se também uma ausência de alterações significativas entre momentos da época desportiva, para além da já referida redução da VAM no grupo B, da 1ª para a 2ª fases de avaliação.

Tabela 9 Indicadores aeróbios e anaeróbios medidos nas 1ª e 2ª fases de avaliação do grupo A (melhores corredores) e do grupo B (piores corredores) do estudo da prova de 800 m. * -diferença entre fases de avaliação; # - diferente do grupo A (**- p≤ 0,01).

	Grupo A		Grupo B	
	1ª Fase	2ª Fase	1ª Fase	2ª Fase
VO₂max (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	62,34 ± 5,13	63,83 ± 3,50	68,81 ± 5,13	66,38 ± 7,51
VAM (m.s ⁻¹)	5,86 ± 0,48	5,64 ± 0,34	5,96 ± 0,47	5,77 ± 0,52**#
V₄ (m.s ⁻¹)	4,98 ± 0,29	4,94 ± 0,25	5,05 ± 0,34	5,08 ± 0,45
V₂ (m.s ⁻¹)	4,53 ± 0,42	4,38 ± 0,29	4,55 ± 0,37	4,55 ± 0,41
MaxLa (mmol.L ⁻¹)	13,92 ± 1,25	14,52 ± 1,19	13,57 ± 1,87	13,50 ± 1,22
%AER	69,35 ± 10,97	69,07 ± 8,87	68,12 ± 9,29	70,07 ± 11,32
DefO₂AC (mlO ₂ .kg ⁻¹)	33,05 ± 13,55	36,22 ± 9,38	36,55 ± 12,93	32,78 ± 12,40
Cesub (ml.kg ⁻¹ .m ⁻¹)	0,16 ± 0,02	0,17 ± 0,01	0,17 ± 0,01	0,17 ± 0,01
V600m (m.s ⁻¹)	7,21 ± 0,19	7,28 ± 0,20**	6,92 ± 0,18	6,89 ± 0,18**

Discussão dos Resultados

4.2.2 Estudo da prova de 1500 m

No que diz respeito ao estudo tendo como referência a prova de 1500 m, apenas a VAM mostrou diferença significativa entre grupos, com o grupo B apresentando valores mais reduzidos, do que o grupo constituído por corredores de melhor nível de desempenho competitivo. Os parâmetros funcionais e de desempenho avaliados mostraram uma estabilidade notável durante a época, não se tendo registado alterações significativas da 1ª fase para a 2ª fase de avaliação.

Tabela 10 Indicadores aeróbios e anaeróbios medidos nas 1ª e 2ª fases de avaliação do grupo A (melhores corredores) e do grupo B (piores corredores) do estudo da prova de 1500 m. * -diferença entre fases de avaliação; # - diferente do grupo A (*- p≤ 0,05; # - p≤ 0,05).

	Grupo A		Grupo B	
	1ª Fase	2ª Fase	1ª Fase	2ª Fase
VO ₂ max (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	66,51 ± 6,66	66,24 ± 7,01	66,34 ± 5,56	64,73 ± 5,90
VAM (m.s ⁻¹)	6,11 ± 0,53	5,82 ± 0,52*	5,76 ± 0,34	5,64 ± 0,40#
V ₄ (m.s ⁻¹)	5,07 ± 0,35	4,96 ± 0,41	4,99 ± 0,29	5,08 ± 0,37
V ₂ (m.s ⁻¹)	4,48 ± 0,47	4,39 ± 0,40	4,60 ± 0,31	4,56 ± 0,35
MaxLa (mmol.L ⁻¹)	14,59 ± 1,89	14,50 ± 1,3	12,98 ± 1,01	13,44 ± 1,30
%AER	72,92 ± 12,02	74,59 ± 9,71	65,34 ± 6,23	65,90 ± 9,24
DefO ₂ AC (mlO ₂ .kg ⁻¹)	29,32 ± 14,84	28,72 ± 10,69	39,76 ± 9,72	38,29 ± 10,09
Cesub (ml.kg ⁻¹ .m ⁻¹)	0,16 ± 0,02	0,17 ± 0,01	0,17 ± 0,01	0,17 ± 0,01
V600m (m.s ⁻¹)	7,10 ± 0,22	7,19 ± 0,27	6,97 ± 0,23	6,95 ± 0,24

Discussão dos Resultados

4.2.3 Indicadores aeróbios e anaeróbios da amostra total nas duas fases de avaliação

Tabela 11 Indicadores aeróbios e anaeróbios medidos nas 1ª e 2ª fases de avaliação na amostra total. (diferenças entre fases: *- $p \leq 0,05$; **- $p \leq 0,01$).

	Amostra total	
	1ª Fase	2ª Fase
VO ₂ max (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	66,77 ± 6,04	65,43 ± 6,33
VAM (m.s ⁻¹)	5,97 ± 0,48	5,73 ± 0,46 **
V ₄ (m.s ⁻¹)	5,04 ± 0,33	5,03 ± 0,38
V ₂ (m.s ⁻¹)	4,58 ± 0,37	4,49 ± 0,37
MaxLa (mmol.L ⁻¹)	13,42 ± 1,33	13,92 ± 1,31
%AER	69,25 ± 10,25	69,32 ± 10,32
DefO ₂ AC (mlO ₂ .kg ⁻¹)	34,69 ± 13,88	34,61 ± 11,23
Cesub (ml.kg ⁻¹ .m ⁻¹)	0,17 ± 0,02	0,17 ± 0,02
V600m (m.s ⁻¹)	7,02 ± 0,24	7,07 ± 0,25 *
τ (s)	9,21 ± 2,31	9,62 ± 2,21

Quando considerados os valores da amostra total nas duas fases de avaliação, confirma-se a tendência presente setorialmente, ou seja, que apenas a VAM e a V600 apresentaram variação com o decorrer da época de treino, a primeira decaindo e a segunda mostrando um pequeno acréscimo.

Discussão dos Resultados

A análise da consistência de resultados entre as fases de avaliação, a partir da determinação da sua correlação é apresentada para algumas das variáveis fisiológicas no gráficos 1 a 5.

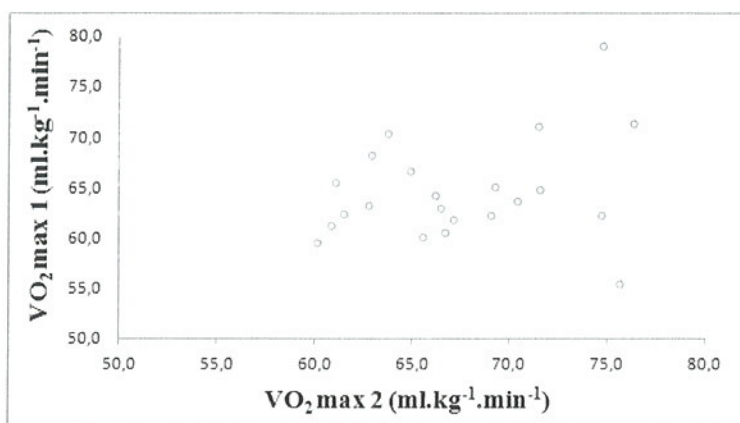


Figura 1 Relação entre os valores de VO_2max determinados na prova progressiva máxima, nos dois momentos de avaliação.

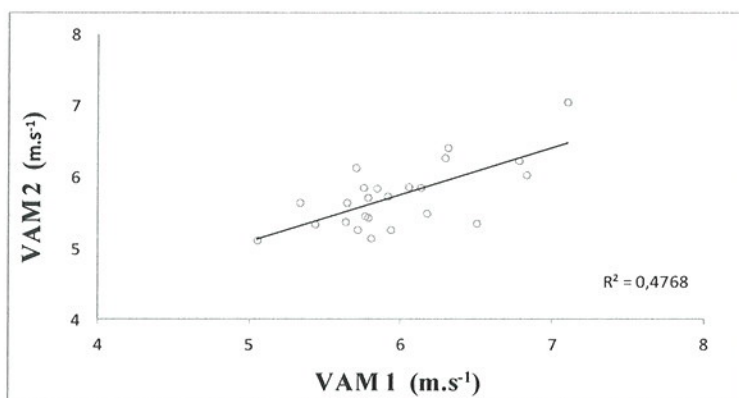


Figura 2 Relação entre os valores de VAM determinados na prova progressiva máxima, nos dois momentos de avaliação.

Discussão dos Resultados

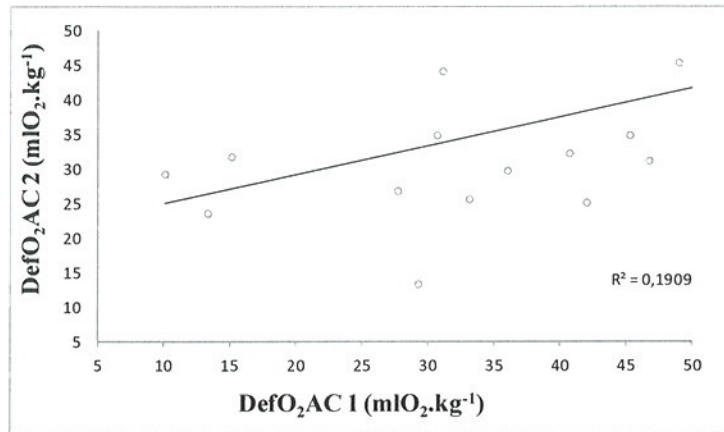


Figura 3 Relação entre os valores de DefO₂AC determinados na prova supra-máxima, nos dois momentos de avaliação.

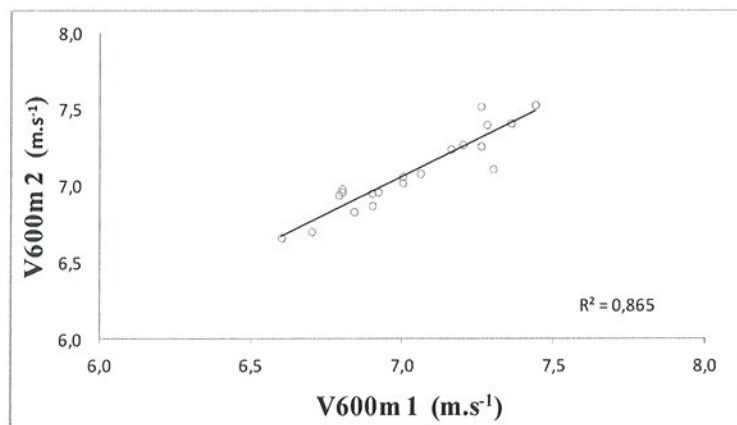


Figura 4 Relação entre os valores de V600 determinados na prova supra-máxima, nos dois momentos de avaliação.

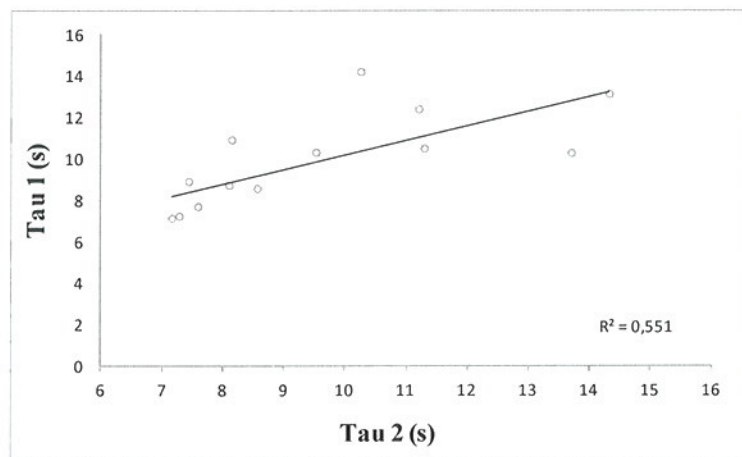


Figura 5 Relação entre as constantes temporais determinadas na prova supramáxima de 600 m, nos dois momentos de avaliação.

Discussão dos Resultados

4.3 Estudos correlacionais utilizando a amostra total

4.3.1 Idade, características corporais e indicadores aeróbios e anaeróbios

Conforme se pode observar na tabela 12, a idade dos atletas mostrou estar associada positivamente com diversos indicadores de desempenho aeróbio (VAM, V_4 e V_2), assim como com a %AER. Por outro lado, a idade variou negativamente com o déficit de oxigênio acumulado.

Tabela 12 Correlação (r) entre indicadores aeróbios e anaeróbios medidos nas 1ª e 2ª fases de avaliação e a idade, a altura e o peso. * $p \leq 0,05$ e ** $p \leq 0,01$.

Indicadores	1ª fase de avaliação			2ª fase de avaliação		
	Idade	Altura	Massa corporal	Idade	Altura	Massa corporal
VO ₂ max	0,05	-0,45*	-0,39*	0,47*	-0,15	0,27
VAM	0,72**	-0,10	0,13	0,72**	-0,21	0,11
V ₄	0,50**	-0,18	0,03	0,43*	0,07	-0,07
V ₂	0,26	-0,14	-0,15	0,43*	0,07	-0,11
MaxLa	0,27	0,10	0,35	0,10	0,41	0,37
%AER	0,49*	-0,16	0,25	0,30	0,60**	-0,24
DefO ₂ AC	-0,51**	0,12	-0,32	-0,33	0,57**	0,24
Cesub	-0,40*	-0,23	-0,45*	0,17	-0,04	0,29
V600m	0,30	0,54**	0,52	0,34	0,57**	0,46*

Discussão dos Resultados

4.3.2 Volume de treino e indicadores aeróbios e anaeróbios

Como se pode verificar na tabela 13, apenas o volume de treino intervalado se correlacionou positivamente com vários indicadores aeróbios (VAM, e V_4), na 1ª fase de avaliação. Na 2ª fase de avaliação, contudo, também o volume de treino de corrida contínua mostrou ter tido influência nos parâmetros aeróbios. Numa perspectiva abrangente, poder-se-á dizer que o volume de treino realizado pelos atletas surge claramente associado aos resultados obtidos para os diferentes indicadores aeróbios avaliados.

Tabela 13 Correlação (r) entre indicadores aeróbios e anaeróbios medidos nas 1ª e 2ª fases de avaliação e volumes de treino de corrida contínua (VCC); de treino intervalado (VTI) e total (VTT). * $p \leq 0,05$ e ** $p \leq 0,01$.

Indicadores	1ª fase de avaliação			2ª fase de avaliação		
	VCC	VTI	VTT	VCC	VTI	VTT
VO ₂ max	0,06	0,32	0,12	0,49*	0,45*	0,50*
VAM	0,01	0,39*	0,2	0,41*	0,30	0,41*
V ₄	-0,29	0,39*	-0,27	0,31	0,11	0,30
V ₂	-0,12	0,37	-0,11	0,41*	0,27	0,41*
MaxLa	-0,05	-0,11	-0,05	-0,14	0,26	-0,12
%AER	-0,09	0,23	-0,09	-0,01	-0,03	-0,01
DefO ₂ AC	0,26	-0,19	0,25	-0,08	0,02	-0,08
Cesub	0,24	-0,08	0,24	0,36	0,34	0,37
V600m	-0,03	-0,04	0,03	-0,21	0,10	-0,20

Discussão dos Resultados

4.3.3 Índice de Zabiazowski e indicadores aeróbios e anaeróbios

Ainda no âmbito da caracterização da amostra, foi verificado se existiria alguma associação entre o índice de Zabiazowski, apresentado no capítulo anterior e os indicadores aeróbios e anaeróbios recolhidos, para o grupo total. Seria de esperar que corredores com um comportamento mais direcionado para a resistência surgissem com valores superiores nos indicadores aeróbios e que, pelo contrário, nos corredores mais “rápidos” surgisse alguma relação com os indicadores anaeróbios. Tal não aconteceu, no entanto, e o índice de Z mostrou valores de r muito baixos com qualquer um dos indicadores referidos.

4.3.4 Desempenho (velocidade média de prova) em competições de 800 m e de 1500 m

Embora as melhores marcas pessoais dos atletas em 800 m e 1500 m estivessem correlacionadas ($r = 0,51$; $p \leq 0,05$), as melhores marcas em ambas as provas durante a época em que decorreu o estudo não apresentaram correlação significativa. Não obstante, em ambas as provas, a melhor marca da época apresentou forte correlação com a melhor marca pessoal: 800 m ($r = 0,91$; $p \leq 0,01$) e 1500 m ($r = 0,84$; $p \leq 0,01$).

Discussão dos Resultados

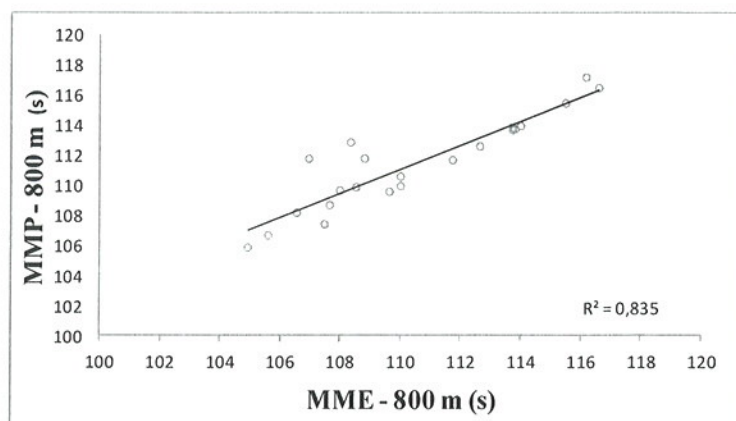


Figura 6 Relação entre as melhores marcas da época (MME) e pessoal (MMP), para a prova de 800 m.

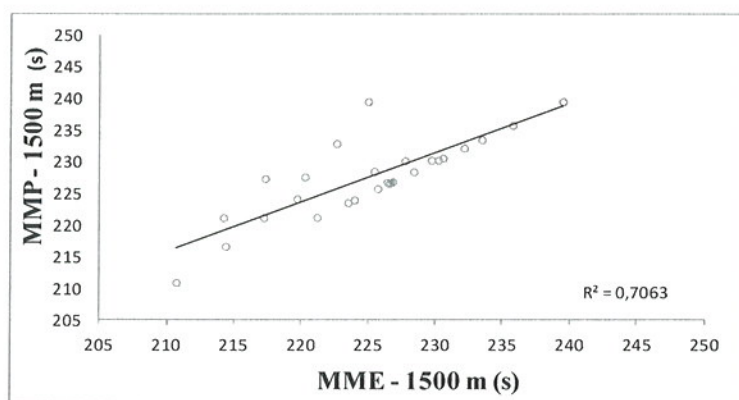


Figura 7 Relação entre as melhores marcas da época (MME) e pessoal (MMP), para a prova de 1500 m.

O desempenho no teste de 600 m, na primeira fase de avaliação, correlacionou-se com a MME e MMP em 800 m ($r = 0,72$; $p \leq 0,01$ e $r = 0,77$; $p \leq 0,01$, respetivamente) mas não com o desempenho nos 1500 m. Na segunda fase de avaliação, as correlações mantiveram-se mas foram mais fortes, tanto com MME ($r = 0,82$; $p \leq 0,01$), como com MMP ($r = 0,87$; $p \leq 0,01$).

O desempenho nos 1500 m (quer enquanto MME quer enquanto MMP) correlacionou-se com todos os volumes de treino (contínuo, intervalado e total) em ambas as fases da época, com coeficientes de correlação variando entre 0,39 e 0,53 ($p < 0,05$ ou $p < 0,01$), mas o mesmo não aconteceu no referente à prova de 800 m.

Discussão dos Resultados

Nos 800 m, nem MME nem MMP se correlacionaram com indicadores de aptidão anaeróbia e, quanto aos indicadores de aptidão aeróbia, apenas a VAM medida na 1ª Fase se correlacionou com a MMP ($r = 0,45$; $p \leq 0,05$).

Contrariamente, nos 1500m verificaram-se várias correlações com indicadores aeróbios e anaeróbios. Relativamente a indicadores aeróbios, tanto a MME como a MMP se correlacionaram com a VAM em ambos os momentos de medição (coeficientes de correlação entre 0,40 e 0,51; $p < 0,05$ ou $p < 0,01$) e a MMP correlacionou-se com o limiar láctico ($r = 0,40$; $p \leq 0,05$) no 1º teste e com a produção de energia aeróbia em ambos os momentos ($r = 0,43$; $p \leq 0,05$ e $r = 0,43$; $p \leq 0,05$, respectivamente nos 1º e 2º testes). Quanto aos indicadores anaeróbios, apenas a lactatemia máxima se correlacionou com a MME e MMP na 1ª Fase de avaliação ($r = 0,40$; $p \leq 0,05$ para ambos). A MMP em 1500m correlacionou-se ainda negativamente com o DefO₂Ac, medido na 1ª Fase ($r = 0,49$; $p \leq 0,05$).

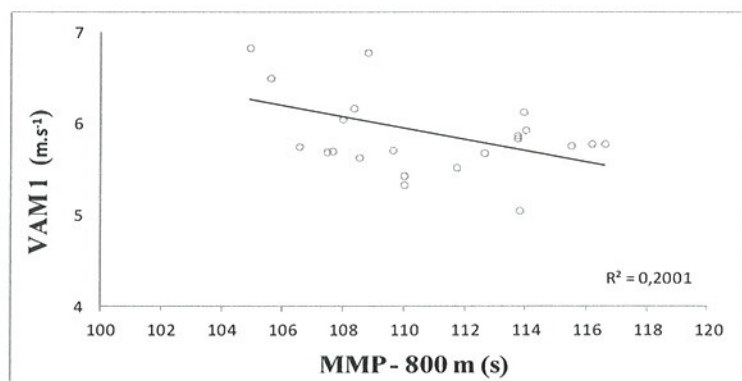


Figura 8 Relação entre as melhores marcas pessoais (MMP) para a prova de 800 m e a VAM determinada na 1ª fase de avaliação.

Discussão dos Resultados

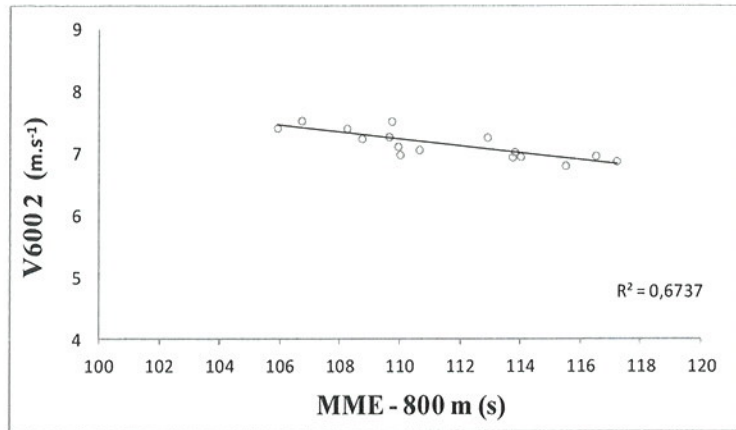


Figura 9 . Relação entre as melhores marcas da época (MME) na prova de 800 m e a V600m determinada na 2ª fase de avaliação.

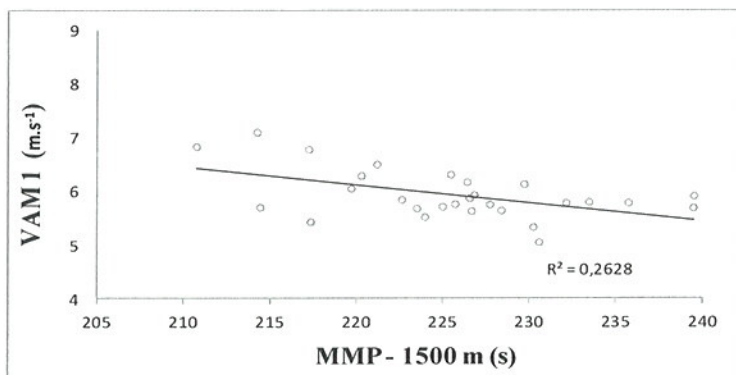


Figura 10 Relação entre as melhores marcas pessoais (MMP) na prova de 1500 m e a VAM determinada na 1ª fase de avaliação.

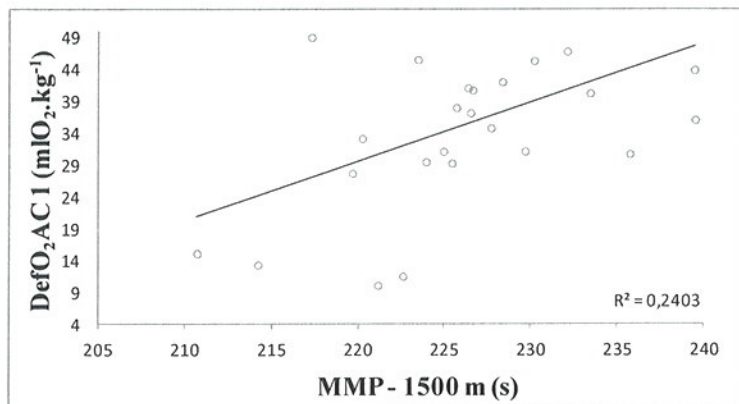


Figura 11 Relação entre as melhores marcas pessoais (MMP) na prova de 1500 m e o DefO₂AC determinado na 1ª fase de avaliação.

Discussão dos Resultados

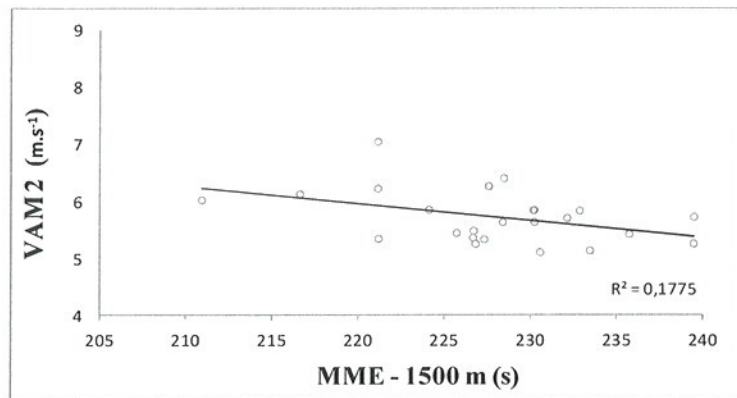


Figura 12 Relação entre as melhores marcas da época (MME) na prova de 1500 m e a VAM determinada na 2ª fase de avaliação.

4.3.5 Desempenho na prova supramáxima de 600m (velocidade média no teste)

Para além das correlações acima indicadas, a V600 m apresentou ainda correlações significativas com a altura e massa corporal dos atletas em ambos os testes (coeficientes de correlação entre 0,46 e 0,58; $p \leq 0,05$ ou $p \leq 0,01$). A V600 correlacionou-se negativamente com dois indicadores aeróbios no 1º teste, custo energético ($r = -0,48$; $p \leq 0,05$) e $VO_2\max$, ($r = -0,58$; $p \leq 0,01$), e apenas com um indicador anaeróbio no 2º teste, máxima lactatemia ($r = 0,67$; $p \leq 0,01$).

4.3.6 Relação entre indicadores de aptidão aeróbia e anaeróbia

Quando investigadas as associações entre os vários indicadores de aptidão aeróbia e anaeróbia entre si, destacamos a existência das seguintes correlações com significado estatístico.

O custo energético da corrida correlacionou-se positivamente com o $VO_2\max$, no 1º teste ($r = 0,61$; $p \leq 0,01$) e no 2º teste ($r = 0,77$; $p \leq 0,01$) e negativamente com a VAM no 1º teste ($r = -0,52$; $p \leq 0,01$).

Discussão dos Resultados

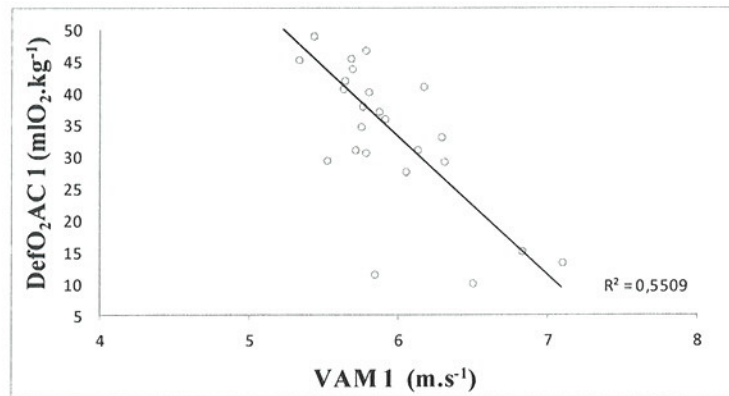


Figura 13 Relação entre a VAM e o DefO₂AC determinados na 1ª fase de avaliação.

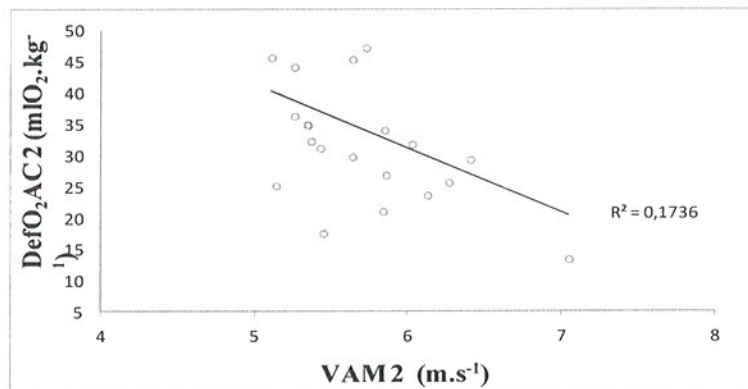


Figura 14 Relação entre a VAM e o DefO₂AC determinados na 2ª fase de avaliação.

A V_2 correlacionou-se com a V_4 na 1ª fase ($r = 0,74$; $p \leq 0,01$) e com o $VO_2\max$, VAM e V_4 na 2ª fase (coeficientes de correlação entre 0,48 e 0,85; $p \leq 0,05$ ou $p \leq 0,01$).

A VAM correlacionou-se com a produção de energia aeróbia e com a V_4 em ambos os testes (coeficientes de correlação de 0,52 e 0,72; $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$).

Discussão dos Resultados

O DefO₂Ac correlacionou-se negativamente com a V₄ apenas no 1º teste ($r = -0,46$; $p \leq 0,05$).

O τ mostrou estar associado, nas duas fases de avaliação, com o VO₂max ($r = -0,62$; $p \leq 0,01$ e $-0,60$; $p \leq 0,05$).

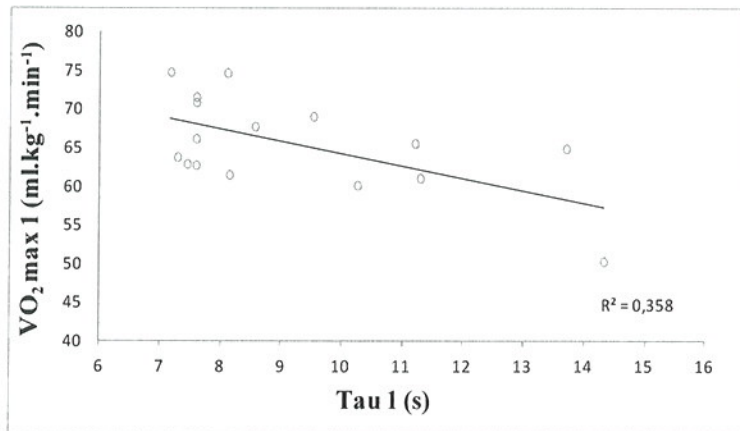


Figura 15 Relação entre a constante temporal determinada na prova supramáxima de 600 m e o VO₂max, na 1ª fase de avaliação.

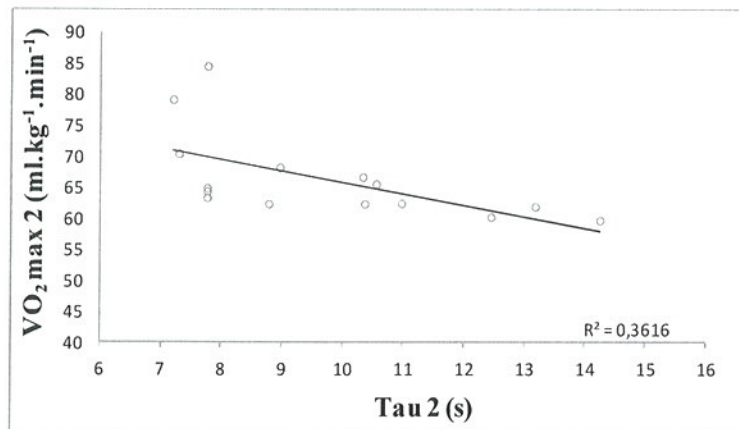


Figura 16 Relação entre a constante temporal determinada na prova supramáxima de 600 m e o VO₂max, na 2ª fase de avaliação.

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1 COMPARAÇÕES 800 VS 1500 E NOS GRUPOS DE DESEMPENHO

5.1.1 CONSUMO MÁXIMO DE OXIGÉNIO

5.1.2 VELOCIDADE AERÓBIA MÁXIMA

5.1.3 VELOCIDADE DE CORRIDA CORRESPONDENTE A UMA CONCENTRAÇÃO SANGUÍNEA DE LACTATO DE 4mmol.L⁻¹

5.1.4 CUSTO ENERGÉTICO DE CORRIDA

5.1.5 CONTRIBUIÇÃO AERÓBIA E ANAERÓBIA NOS 600M

5.1.6 DÉFICE DE OXIGÉNIO ACUMULADO

5.2 COMPARAÇÕES ENTRE FASES DE AVALIAÇÃO

5.2.1 QUANTIFICAÇÃO DAS CARGAS DE TREINO – 800 M

5.2.2 QUANTIFICAÇÃO DAS CARGAS DE TREINO – 1500 M

5.2.3 ALTERAÇÕES EM INDICADORES FISIOLÓGICOS

5.3 ASSOCIAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS

5.3.1 IDADE E MORFOLOGIA DOS ATLETAS

5.3.2 INDICADORES DA APTIDÃO AERÓBIA E ANAERÓBIA

5.3.3 CINÉTICA DO VO₂ NA PROVA SUPRAMÁXIMA

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Tendo em consideração o número de variáveis em estudo, o facto de existirem 4 grupos de sujeitos (800 m vs. 1500 m e melhores vs piores) e o facto de os dados terem sido recolhidos em dois momentos da época desportiva, o capítulo de discussão dos resultados está organizado em 3 partes. Na parte I são analisados os valores para cada variável no primeiro período de testes para cada variável e comparados os vários grupos, confrontando obviamente os nossos valores com os constantes na literatura. Na parte II é analisada a variação longitudinal durante a época desportiva das variáveis em estudo (em cada um dos grupos). Na parte III são analisadas as associações entre variáveis, considerando o grupo total de atletas estudados.

5.1 Comparações 800 vs 1500 e nos grupos de desempenho

5.1.1 Consumo máximo de oxigénio

Uma avaliação rigorosa do $VO_2\text{max}$, pressupõe a medição direta das trocas gasosas durante a ventilação, nomeadamente das frações expiratórias do VO_2 e do CO_2 , durante um exercício de intensidade progressiva até à exaustão. Dado que a determinação do $VO_2\text{max}$ implica a realização de esforços máximos, normalmente são definidos alguns critérios para avaliar se esse estado foi ou não atingido. O critério principal é a ocorrência de um *plateau* no VO_2 (Dotan et al, 1989; Shephard, 2000), isto é, a observação de uma

Discussão dos Resultados

estabilização do VO_2 , apesar de um incremento na intensidade do esforço. Para St Clair et al (1999), em aproximadamente 50% dos sujeitos o VO_2 não estabiliza nos níveis mais elevados, daí não se observar o referido *plateau*, durante testes máximos incrementais, levando ao estabelecimento de critérios secundários.

A aceitação de critérios alternativos parece adequada desde que os sujeitos estejam motivados. Nesta circunstância, o maior valor do consumo observado durante a realização do teste incremental (pico de VO_2) pode ser aceite como VO_{2max} (Green & Patla, 1992; Mcardle et al, 1994). No nosso estudo, uma percentagem significativa dos sujeitos da nossa amostra o VO_2 não estabilizou nos níveis mais elevados, isto é, não se verificou o *plateau*, o que revela o não cumprimento do principal requisito para a verificação do VO_{2max} , durante testes máximos incrementais, e portanto optámos por critérios secundários, adoptando o pico de VO_2 como o valor indicador do VO_{2max} .

Os valores médios de VO_{2max} dos atletas de 800 m, da nossa amostra, relativo aos grupos dos melhores contra os piores foram $63,08 \pm 4,32$ e $67,60 \pm 6,32$ $ml.kg^{-1}.min^{-1}$, respetivamente. Em estudos anteriores foram referidos, para corredores de 800 m, valores médios superiores (Spencer & Gatin, 2001; Arrese et al, 2005; Bosquet et al, 2007) e iguais ou inferiores (Scott et al, 1991; Brandon, 1995; Spencer et al, 1996; Craig & Morgan, 1998; Duffield et al, 2005; Arrese et al, 2005; Bosquet et al, 2007; Billat et al, 2009).

Dos anteriores, existem 2 estudos com testes realizados no terreno cujos valores foram próximos dos nossos, caso de $66,3 \pm 2,3$ $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ (Hanon et al, 2002) e $64 \pm 3,0$ $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ (Billat et al, 2009). Os estudos de Bosquet et al, 2007; Spencer & Gatin, 2001; Arrese et al, 2005 e Craig & Morgan, 1998 foram realizados com corrida em tapete rolante e apresentam valores de pico de VO_{2max} superiores comparativamente aos observados no nosso estudo.

Os valores médios de VO_{2max} dos atletas de 1500 m no presente estudo foram respetivamente $66,38 \pm 6,32$ e $65,54 \pm 5,73$ $ml.kg^{-1}.min^{-1}$, para os

Discussão dos Resultados

melhores e piores deste grupo. Em estudos anteriores, para corredores de 1500 m, foram referidos valores médios superiores (Abe et al, 1998; Spencer & Gastin, 2001; Arrese et al, 2005) e iguais ou inferiores (Scott et al, 1991; Denadai et al, 2004; Duffield et al, 2005; Hanon et al, 2007, 2008; Billat et al, 2009).

Destes estudos, aqueles que testaram atletas com nível de prestação semelhante aos do nosso estudo e que foram realizados no terreno apresentam valores semelhantes aos nossos (Hanon et al, 2007, 2008). Tal como discutido anteriormente, também na análise dos corredores de 1500 m verificamos que os estudos que na literatura referem valores superiores aos do presente estudo, se referem à utilização do tapete rolante. Assim, conclui-se que provavelmente o tapete rolante é o principal motivo que poderá explicar as diferenças encontradas. Com efeito, é frequente nos testes laboratoriais que a inclinação do tapete rolante seja pronunciada, o que pode ajudar a explicar valores mais elevados de VO_2 .

Globalmente, os valores médios do VO_{2max} de todos os atletas do nosso estudo foi de $65,65 \pm 5,79 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$, o que se enquadra com a literatura (Tanaka et al, 1984; Lacour et al, 1990; Bunc & Heller, 1989; Noakes et al, 1990; Houmard et al, 1991; Daniels & Daniels, 1992; Bangsbo et al, 1993; Svedenhag & Sjodin, 1994; Billat et al, 1994, 1996; Foster et al, 1995; Santos, 1995; Padilla et al, 2000; Billat, 2000; Hanon et al, 2002; Bragada 2003).

Basicamente, os nossos valores ajustam-se à literatura pertinente. As diferenças poderão ser atribuídas à aptidão dos atletas, ao período da época no qual foram feitos os testes e ao tipo de exercício usado (tapete vs. terreno). Se o tapete for inclinado a probabilidade do VO_{2max} ser superior é maior do que o verificado em tapete rolante ou terreno horizontal. Por último, o tipo de médias usadas para medir o VO_{2max} influencia o seu valor (ainda que a maioria dos estudos não o refira). No nosso estudo, usámos uma média de 20 s. Se tivéssemos usado, por exemplo, um intervalo de 10 s, o nosso valor médio seria superior.

Discussão dos Resultados

Na nossa amostra, apenas os atletas classificados como os melhores do grupo de 800 m apresentaram um valor inferior aos dos restantes 3 grupos. Isto poderia significar uma pior aptidão aeróbia e uma possível melhor aptidão anaeróbia neste grupo específico. Todavia, os valores encontrados para indicadores anaeróbios (por exemplo para o DefO₂Ac) não confirmaram esta explicação. Por outro lado, no conjunto, os nossos corredores de 800 m não se distinguiram dos corredores dos 1500 m em termos do valor do VO₂max atingido ($65,34 \pm 5,31$ vs. $65,96 \pm 6,27$ ml.kg⁻¹.min⁻¹, respectivamente) o que sugere um perfil aeróbio semelhante nos dois grupos.

5.1.2 Velocidade aeróbia máxima

Embora o VO₂max reflita a aptidão aeróbia do desportista, a VAM é um indicador mais específico da potência máxima aeróbia, porquanto traduz a adaptação da aptidão aeróbia ao gesto motor específico, no caso vertente, a corrida. Os valores médios de VAM dos atletas dos 800 m da nossa amostra, dos grupos melhores vs piores, foram respetivamente de $5,75 \pm 0,41$ e $5,87 \pm 0,50$; m.s⁻¹ sendo de $5,97 \pm 0,53$ e $5,70 \pm 0,37$ m.s⁻¹ para os mesmos dois subgrupos nos 1500 m. Os valores anteriores não foram diferentes entre si, confirmando a homogeneidade da aptidão aeróbia específica de todos os sujeitos da nossa amostra. No entanto, é de realçar que os melhores corredores de 800 m eram o subgrupo com o valor de VAM mais baixo, enquanto nos corredores de 1500 m a tendência foi a inversa.

Estes resultados sugerem assim que a potência aeróbia máxima (enquanto medida pela VAM) será um indicador da prestação mais importante na prova de 1500 m do que na prova de 800 m.

Em estudos anteriores, para corredores de meio fundo de elite e de nível médio, em testes realizados em tapete rolante, foram encontrados valores

Discussão dos Resultados

semelhantes aos do nosso estudo (Lacour et al, 1990; Padilla et al, 1992; Billat et al, 1994, 1996; Abe et al, 1998) e valores abaixo dos nossos em testes de terreno e com atletas de nível inferior aos do nosso estudo (Billat, 2000; Billat et al, 2009; Hanon et al, 2002, 2007, 2008) ou em tapete rolante (Denadai et al, 2004).

Nos estudos referidos na literatura com atletas que apresentam níveis de desempenho próximos do nosso estudo, e onde se realizaram testes de terreno, para corredores de 1500m, os valores de VAM encontrados foram $5,6 \pm 0,6 \text{ m.s}^{-1}$ (Hanon et al, 2007) e $5,3 \pm 1,1 \text{ m.s}^{-1}$ (Billat et al, 2009).

Não encontramos níveis de prestação, em testes realizados em tapete rolante, susceptíveis de serem quantificados, em estudos anteriores, sobre corredores de 800 m e 1500 m, próximo do nosso estudo, exceto, $5,9 \pm 0,22 \text{ m.s}^{-1}$ (Abe et al, 1998) em corredores de 1500 m e $5,9 \pm 0,25 \text{ m.s}^{-1}$ (Padilla et al, 1992) em corredores de 1500 m / 3000 m.

No nosso estudo, a VAM foi calculada com base na equação de regressão VO_2 – velocidade e no máximo valor de VO_2 registado por cada sujeito (Hill & Rowell, 1996). É curioso verificar que os nossos valores são coincidentes com os de (Billat et al, 1994) não obstante estes terem utilizado um método de avaliação diferente (com base na observação directa da velocidade a que ocorre o VO_2max).

Também Lacour et al (1990) e Di Prampero et al (1986) utilizaram outra forma de avaliação resultante da velocidade obtida pela razão entre o VO_2max e custo energético da corrida.

Tendo como objectivo comparar resultados obtidos a partir de diferentes procedimentos, Billat & Korlasztein (1996) calcularam a VAM num mesmo corredor, utilizando diferentes protocolos. Embora os resultados não sejam precisamente coincidentes, em três desses protocolos a VAM é igual ou muito próxima, o que poderá significar que esse valor é independente do protocolo utilizado.

Discussão dos Resultados

5.1.3 Velocidade de corrida correspondente a uma concentração sanguínea de lactato de 4mmol. L⁻¹

Embora o $VO_2\text{max}$ e a VAM sejam indicadores de aptidão aeróbia, a V_4 também o é, e tem sido cada vez mais usado para controlo da intensidade do treino de meio fundistas e fundistas. Por exemplo, a utilização de corrida contínua entre 80-85% da V_4 é geralmente utilizada pela maioria dos corredores portugueses de meio fundo e fundo (Santos et al, 1994; Santos, 1996).

Os valores médios da V_4 dos atletas de 800 m da nossa amostra, dos grupos melhores vs piores, foram respectivamente de $4,96 \pm 0,27$ e $5,07 \pm 0,40$ m.s⁻¹; sendo $5,02 \pm 0,38$ e $5,04 \pm 0,33$ m.s⁻¹ respectivamente nos mesmos subgrupos de corredores de 1500m. Em estudos anteriores para corredores de meio fundo de elite, em testes realizados em tapete rolante, foram encontrados valores ligeiramente acima ($\approx 5,0$ a $5,3$ m.s⁻¹ por Lacour, et al, 1990; Daniels & Daniels 1992; Padilha et al, 1992; Billat, 1996; Billat et al, 2002) e ligeiramente abaixo ($\approx 4,8$ m.s⁻¹ por Bragada, 2003 e Denadai et al, 2004). A literatura inclui ainda dois estudos, um no tapete rolante (Billat et al, 1994) e outro no terreno (Billat, 2000) com valores ($\approx 4,2$ m.s⁻¹) muito abaixo do nosso estudo.

Neste indicador não encontramos diferenças significativas entre os corredores de 800 m e de 1500 m ou mesmo entre os melhores vs. piores atletas da mesma especialidade. Em nossa opinião estes resultados traduzem uma característica da escola Portuguesa de meio fundo e fundo, em que o volume de treino de corrida contínua é elevado tanto em corredores de 800 m quanto de 1500 m, contribuindo para um desenvolvimento óptimo da V_4 .

5.1.4 Custo energético de corrida

Discussão dos Resultados

O custo energético de corrida (CE) traduz a economia de corrida e é normalmente medido pelo consumo de oxigénio em equilíbrio em intensidades submáximas (Frederick, 1992). Os valores de CE dependem de vários factores (Morgan et al, 1989): o género, a idade, a superfície da corrida, a temperatura, a fadiga, o treino, a biomecânica da corrida. No entanto, outros fatores têm sido igualmente referenciados, tais como o estado psicológico do atleta (Crews, 1992; Williams & Armstrong 1991), o $VO_2\text{max}$ (Morgan & Daniels, 1994) e a hereditariedade (Rodas et al, 1998) ou antropometria (Saunders et al, 2004).

Os valores médios do CE dos atletas dos 800 m foram $0,17 \pm 0,02$ e $0,17 \pm 0,01 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{m}^{-1}$, respetivamente nos melhores e piores. No grupo dos corredores de 1500 m os valores médios foram $0,17 \pm 0,02$ e $0,17 \pm 0,01 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{m}^{-1}$, respetivamente para os mesmos grupos.

A maioria dos estudos encontrados na literatura (Lacour et al, 1990; Noakes et al, 1990; Svedenhag, 1992; Padilla et al, 1992; Bourdin et al, 1993; Billat et al, 1994 e 2009; Billat, 1996; Abe et al, 1998; Santos, 2002; Bragada, 2003; Duffield et al, 2005) para corredores de 800 m e 1500 m, em particular, e no meio fundo em geral, apresentaram valores superiores aos nossos, variando de $0,180 \pm 0,013$ a $0,214 \pm 0,020 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{m}^{-1}$. O valor igual ou mais próximo ao do nosso estudo ($0,169 \pm 0,010 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{m}^{-1}$) foi encontrado por Santos (2002) em atletas portugueses de meio-fundo de elite.

Vários dos estudos anteriormente citados estudaram atletas Franceses e Nórdicos. Julgamos que, normalmente, os atletas Portugueses do meio-fundo (800 m e 1500 m) treinam menos em regime anaeróbio do que os Franceses ou Nórdicos. Isto poderá explicar termos verificado um CE inferior aos referidos na literatura.

Por outro lado, os atletas Portugueses também apresentam normalmente menores dimensões corporais (massa corporal e estatura) comparativamente com os atletas do centro e norte da Europa. Ora, uma menor dimensão corporal também aumenta a probabilidade de se conseguir um CE mais baixo. Naturalmente que também o nível de treino e de rendimento dos atletas pode

Discussão dos Resultados

ajudar a explicar variações no CE. Por exemplo, Bragada (2003), com meio-fundistas (3000 m) Portugueses, encontrou valores elevados, não obstante ter realizado os testes em laboratório (tapete rolante) e sem qualquer inclinação.

Julgamos que o fato de a sua amostra incluir corredores de um nível de rendimento inferior aos do presente estudo, poderá explicar o maior CE. Com efeito, outros estudos referidos na literatura, quer para corredores de 800 ou de 1500 m com níveis de prestação inferior aos nosso sujeitos, e realizados em tapete rolante (Duffield et al, 2005) ou em teste de terreno (Billat et al, 2009) apresentaram valores médios superiores ao nosso estudo.

No nosso estudo, os valores médios do CE são muito próximos nos dois grupos de especialistas (800 m vs. 1500 m) e nos dois grupos de rendimento (melhores vs. piores). Mas, mesmo assim, verificamos que os melhores atletas quer dos 800 m quer dos 1500 m, em comparação com os piores atletas, apresentam um menor CE, embora a diferença não tenha atingido significância estatística.

5.1.5 Contribuição aeróbia e anaeróbia nos 600m

No presente estudo, medimos a contribuição aeróbia e anaeróbia durante uma corrida máxima de 600 m. Os valores médios da energia aeróbia dos melhores vs. piores atletas em cada grupo foram respetivamente de $69,21 \pm 9,92$ vs. $69,09 \pm 10,31\%$ nos corredores de 800 m e $73,76 \pm 10,87$ vs. $65,62 \pm 7,74\%$ nos corredores de 1500 m.

Não se verificaram diferenças significativas entre os dois grupos de especialistas (800 m vs. 1500 m), embora os valores de energia aeróbia fossem ligeiramente superiores nos corredores de 1500 m, o que confirma o que seria de esperar neste grupo. Na comparação entre os melhores e os piores de cada grupo, também não se verificaram diferenças significativas

Discussão dos Resultados

embora a tendência fosse de se observarem valores superiores de energia aeróbia nos melhores atletas.

Na literatura disponível, não encontramos estimativas de produção e de energia aeróbia ou anaeróbia em testes máximos de 600 m, pelo que apenas temos como padrão de referência os estudos que abordaram os 800 m. Na maioria dos estudos encontrados na literatura (Ward Smith, 1985; Peronnet & Thibault, 1989; Lacour et al, 1990; Weyand et al, 1994; Di Prampero et al, 1993; Astrand & Rodall, 1986; Craig & Morgan, 1998; Hill, 1999; Spencer & Gatin, 2001; Duffield et al, 2005) os valores da contribuição aeróbia variaram entre 50 e 76%. Para a prova de 1500m, não só na literatura antes referenciada, mas também noutros estudos (Spencer et al, 1996; Busso & Chatagnon, 2006) foram encontrados valores da contribuição aeróbia que variam entre 70 e 84%. Extrapolando o valor verificado no nosso estudo em 600 m para uma possível corrida de 800m, teríamos muito provavelmente um valor de contribuição aeróbia superior aos estudos anteriores.

As diferenças entre alguns dos estudos citados bem como entre esses estudos e o nosso devem-se, em parte, a diferentes métodos de estimação.

No nosso estudo, assim como em Barstow et al (1990) e em Hill (1999), o cálculo para a determinação do sistema de contribuição aeróbia foi através do $\dot{V}O_2$, enquanto a contribuição anaeróbia foi através do $DefO_2Ac$, também utilizado por autores como Medbo et al (1988), Weyand et al (1994), Spencer et al (1996), Spencer & Gatin (2001) e Duffield et al (2005).

Contrariamente, outros autores, como Di Prampero (1981) e Duffield et al (2005), calcularam o sistema de contribuição anaeróbia através do aumento da concentração sanguínea de lactato, método que conduz, geralmente, a valores diferentes dos obtidos através do $DefO_2Ac$.

Discussão dos Resultados

5.1.6 Défice de oxigénio acumulado

Os valores médios do DefO₂Ac relativos aos grupos dos melhores vs. piores do grupo de corredores de 800m foram $34,64 \pm 11,47$ vs. $34,67 \pm 12,67$ ml.kg⁻¹, respetivamente; sendo de $29,02 \pm 12,77$ vs. $39,03 \pm 9,91$ ml.kg⁻¹ no grupo de corredores de 1500m.

Teoricamente, estes resultados não refletem o máximo DefoO₂Ac dos atletas testados no presente estudo, na medida em que foram estimados num esforço de cerca de 1 minuto e 30 s de duração. Medbo et al (1988) demonstraram que na corrida em tapete rolante é necessário um esforço supramáximo de pelo menos 2 minutos de duração para se atingir o máximo DefO₂Ac. Não obstante, os resultados de Reis et al (2004) deixam a ideia de que na corrida em pista é provável que um esforço de duração inferior a 2 min permita atingir o máximo DefO₂Ac. Assim, julgamos que os valores medidos no presente estudo serão ligeiramente abaixo do máximo dos corredores testados.

Na maioria dos estudos referenciados (Scott et al, 1991; Olesen et al, 1994; Spencer et al, 1996; Spencer & Gastin, 2001; Craig & Morgan, 1998; Duffield et al, 2005; Bosquet et al, 2007; Billat et al, 2009), foram encontrados valores médios que variaram entre 24,6 e 65,8 ml.kg⁻¹, e m corredores de 800m e entre 27,7 e 74,0 ml.kg⁻¹, em corredores de 1500 m, em provas simuladas de várias distâncias em tapete rolante ou na pista.

A grande dispersão de valores de DefO₂Ac presente na literatura ilustra o facto de que nos corredores de meio-fundo curto (800 m e 1500 m) existem diferentes perfis bioenergéticos que permitem atingir uma mesma performance. No âmbito do treino em Atletismo, são usualmente identificados pelos técnicos vários tipos de corredor de meio-fundo curto (especialmente nos caso da prova de 800m). Baseado no critério Polaco de Zabiazowski referenciado por Marre & Chanon (1998), os valores médios encontrados no índice de resistência específica (IRE), relativos aos melhores do grupo dos 800m, revelaram 3 tipos

Discussão dos Resultados

de corredores: “400-800” (IRE=13,09 ± 0,80); “800” (IRE=10,61 ± 0,33) e “800-1500” (IRE = 7,77 ± 1,89). As frequências relativas dos 3 grupos anteriores são de, respetivamente, 10%, 60% e 30%.

Contrariamente, no grupo dos piores corredores de 800 m, revelou-se apenas 1 tipo de corredor, sendo os índices de 8,54 ± 0,65. Os atletas do tipo “400-800”, também muitas vezes designados por corredores “tipo velocidade”, são geralmente dotados de elevada velocidade de base, consubstanciada nas distâncias de 100 a 400m, mas com fraca resistência de base. Os atletas do tipo “800”, muitas vezes também designados de “tipo específico”, são geralmente os que apresentam melhor equilíbrio entre a velocidade e a resistência. Os atletas do tipo “800-1500” ou “tipo resistente” são os que, pela sua grande qualidade no domínio da resistência, conseguem manter por mais tempo a sua menor velocidade.

Usando este mesmo IRE para os melhores corredores de 1500m no nosso estudo, encontramos 7 atletas com valores positivos (entre 0,25 e 9,99) e 6 atletas com valores negativos (entre -0,4 e 5,29) o que significa que todos os sujeitos da amostra A do nosso estudo, possuíam uma resistência específica muito boa. No grupo dos piores de 1500m, encontramos 7 atletas com valores positivos (entre 0,10 e 22,73) dos quais 4 atletas (entre -11,51 e 22,73) possuíam fraca resistência específica. Apenas 1 atleta apresentava valor negativo (-0,92) o que significa que era detentor de muito boa resistência específica, assim como todos aqueles que, na tabela 5, apresentam valores positivos ≤ 10 seg.

5.2 Comparações entre fases de avaliação

5.2.1 Quantificação das cargas de treino – 800 m

Discussão dos Resultados

No que se refere aos valores médios de volumes na fase I, houve apenas diferença significativa na variável (VTI) para ($p \leq 0,01$), tendo sido encontrado o volume mais elevado no grupo dos piores corredores.

Nos valores médios dos volumes da fase II, houve diferença significativa na variável VTI ($p \leq 0,01$), tendo sido encontrado volumes mais elevados no grupo dos piores corredores. E nos valores médios dos volumes do macrociclo, houve apenas diferença significativa na variável VTI ($p \leq 0,05$), tendo sido encontrado o volume mais elevado, também, no grupo dos piores corredores.

Em estudos anteriores, para corredores de 800m, no que se refere ao VCC e ao VTI nas fases I e II e total na época, foram referidos valores inferiores (Coe & Gandy, 1981; Coe, 1983; Martin & Coe, 1997; Poole, 1999; 2001; Vogtli, 2001) e valores iguais ou superiores (Wilson, 1983; Ballesteros, 1992; Poole, 2003; Manuel, 1998; 2004; 2006) aos do presente estudo.

5.2.2 Quantificação das cargas de treino - 1500 m

No que se refere aos valores médios de volumes na fase I, não houve diferença significativa em nenhuma variável (VCC, VTI ou VTT), tendo sido encontrado os volumes mais elevados, no grupo dos melhores corredores.

Nos valores médios dos volumes da fase II, no que diz respeito ao VCC, houve, no entanto, diferenças significativas, entre os melhores e os piores corredores ($p \leq 0,05$).

Em estudos anteriores, para a prova de 1500m, no que se refere ao volume de treino de corrida (VCC), ao volume de treino intervalado (VTI) nas fases I e II e total/época, foram referidos valores inferiores (Martin & Coe, 1997; Pascual, 1993); e valores iguais ou superiores (Dubois, 1981; Wilson, 1983; Ballesteros, 1990, 1992; Pascual, 1993; 2006; Rojo, 1997; Poole, 1999, 2003; Manuel, 1998, 2001, 2004, 2006)

Discussão dos Resultados

No domínio da quantificação das cargas (externas) de treino do nosso estudo, foram encontradas diferenças, relativas à amostra total de 800 e 1500 m, quanto ao volume de treino, durante as fases (I e II). No que se refere aos valores médios de (VCC), de (VTI) e de treino total da fase I, houve diferenças significativas nas variáveis (VCC) e de treino total (VTT) sendo ($p \leq 0,01$) e os volumes mais elevados, foram encontrados no grupo dos 1500m. Não houve diferenças significativas na variável relativo ao (VTI).

No que diz respeito aos valores médios de (VCC), de (VTI) e de treino total (VTT) da fase II, houve diferenças significativas na variável (VCC) e na de (VTT) sendo ($p \leq 0,05$) e no (VTI), sendo ($p \leq 0,01$). Os volumes mais elevados foram encontrados no grupo dos 1500m, para os (VCC) e (VTT), mas para o (VTI) foram encontrados no grupo dos 800m.

Para os valores médios de (VCC)/época, de (VTI)/época e de (VTT)/época, houve diferenças significativas na variável (VCC)/época e no (VTT)/época ($P \leq 0,01$) e na variável (VTI)/época, sendo ($p \leq 0,05$). Os volumes mais elevados foram encontrados no grupo dos 1500m.

No estudo comparativo, entre os 800 e 1500 m, quanto ao volume de treino (VCC), do treino intervalado (VTI) e do treino total, realizado durante a fase I, os volumes mais elevados foram encontrados no grupo dos 1500m.

Quanto ao (VCC), do (VTI) e do (VTT) época, realizado durante a fase II, os volumes mais elevados para (VCC) e (VTT) foram encontrados no grupo dos 1500m, mas para o (VTI) foram encontrados valores muito aproximados entre os dois grupos.

Quanto aos VCC / macrociclo, VTI / macrociclo e d VTT / macrociclo, os maiores volumes foram encontrados no grupo dos 1500m.

5.2.3 Alterações em indicadores fisiológicos

Na comparação entre as fases I e II da época desportiva dos melhores corredores de 800m, não houve variação significativa em nenhuma das variáveis fisiológicas em estudo. Quanto ao grupo dos piores de 800m, houve apenas alteração na VAM que foi inferior na 2ª fase, sendo $p \leq 0,01$. Estes resultados ilustram o fato de se tratar de atletas com muitos anos de treino sistemático, sobretudo no grupo dos melhores, e em que a variação de perfil bioenergético varia pouco durante a época. A diminuição na VAM na 2ª fase de avaliações da época pode considerar-se como normal, tendo em consideração que após um período competitivo seria de esperar este tipo de alteração na potência aeróbia. Com efeito, na fase II da época, o treino de potência aeróbia é praticamente eliminado sendo substituído pelos treinos de capacidade anaeróbia, o que poderá ajudar a explicar este resultado. Todavia, não deixa de ser interessante o fato de tal diferença não se ter verificado no grupo dos melhores corredores de 800m. Uma vez que se verificaram diferenças na dinâmica do treino entre os dois subgrupos de corredores de 800m (melhores vs. piores), duas explicações são possíveis: i) o método de treino seguido pelo grupo dos melhores atletas na fase competitiva; ii) os melhores atletas possuem uma potência máxima aeróbia mais estável e menos sensível à características da carga nos diferentes momentos da época.

Em estudos anteriores (Murase et al, 1981; Tanaka et al, 1984, 1986) verificaram-se alterações no $VO_2\text{max}$ nos corredores de meio-fundo, após um determinado período de treino. Mas outros houve que, em consonância com o nosso estudo, verificaram uma estabilização no $VO_2\text{max}$, nos corredores de meio-fundo, ao longo do tempo ou da época desportiva, após um período de treino sistemático (Svedenhag & Sjödín, 1985; Morgan et al, 1989; Jones & Doust, 1998; Houmard et al, 1991; Santos, 2002). Por exemplo, num estudo

Discussão dos Resultados

realizado por Heugas et al (2007) com atletas de nível regional, na fase de pré-treino e pós-treino, os valores de $VO_2\text{max}$ foram respetivamente de $59,2 \pm 3,8$ e $60,2 \pm 4,5 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$, não se verificando alterações com significado estatístico. Assim como, num estudo realizado por Ortiz et al (2003) com atletas de endurance, antes e após 4 semanas de treino intervalado com intensidades elevadas, os valores de $VO_2\text{max}$ foram respetivamente de $59,05 \pm 6,0$ e $58,97 \pm 5,7 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$, no grupo de 95% de T_{lim} e $59,98 \pm 6,0$ e $58,35 \pm 5,4 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$, no grupo de 100% de T_{lim} , não se verificando também alterações com significado estatístico.

Assim, a análise global dos estudos acima referidos, permite-nos salientar que a maioria dos autores constatou a ausência de alterações significativas do $VO_2\text{max}$ após um determinado período de tempo ou ao longo da época desportiva o que está de acordo com o nosso estudo. Com efeito, o grau das alterações parece depender bastante das características específicas de cada amostra, nomeadamente, da idade, dos anos de prática, do processo de treino, sobretudo, na dinâmica da carga (quantidade/volume vs qualidade/intensidade) e do período de tempo durante o qual decorre o estudo. Talvez por isso se justifiquem os outros estudos que citámos, onde foram encontradas variações com significado estatístico neste indicador de aptidão aeróbia.

Na comparação entre as primeira e segunda fases de avaliação dos melhores corredores de 1500m, houve apenas diminuição na VAM ($p \leq 0,05$). Quanto ao grupo dos piores de 1500m, não houve variação significativa nas variáveis fisiológicas em estudo. É curioso notar que estes resultados contrariam os verificados nos corredores de 800m (conforme discutimos acima). Ainda que qualquer das explicações adiantadas anteriormente poderia ajudar a perceber estes resultados; no caso dos 1500 m é de admitir que a VAM determina o rendimento em maior extensão do que acontece na prova de 800 m.

Assim, a diminuição da VAM no grupo dos melhores corredores de 1500 m seria uma adaptação indesejável e poderia indicar uma preparação deficitária. Todavia, pode neste grupo existir ainda uma outra explicação. Porventura o

Discussão dos Resultados

nível atingido pelos melhores atletas de 1500 m no final da 1ª fase, superior ao verificado nos melhores corredores de 800 m, seria de tal forma elevado que fosse impossível de manter durante um período competitivo como o que ocorreu até à segunda fase de avaliação.

O fato de apenas na VAM se terem verificado alterações significativas durante a época (em ambos os grupos embora com perfis de alteração diferentes) sugere que esta medida será de capital importância na avaliação de corredores de meio-fundo e de que o seu treino deverá ser cuidadosamente planeado. Existem poucos estudos sobre as alterações da VAM, nos corredores de meio-fundo, após um determinado período de treino ou mesmo ao longo de uma época desportiva. Jones & Doust (1998) num estudo de caso, com duração superior a um ano, encontrou alterações na VAM e também Denadai et al (2004) verificaram alteração em corredores de 1500 m. Contrariamente, Santos (2002) e Heugas et al (2007) não verificaram alterações de forma significativa na VAM.

Em estudos anteriores (Hurley et al, 1984; Tanaka et al, 1986; Acevedo & Goldfarb, 1989; Pierce et al, 1990; Hirakoba et al, 1992; Santos et al, 1994; Svedenhag & Sjödin, 1985; Santos, 1995; Santos, 1996; Ariens et al, 1997; Jones & Doust, 1998; Santos, 2002) com corredores de meio-fundo, encontraram-se alterações no Limiar Láctico, muitas vezes expresso pela V_4 , ao longo da época desportiva, após um determinado período de treino sistemático. Num trabalho aprofundado de meta-análise realizado durante 27 anos, pesquisando diversos artigos (Londeree, 1997) concluiu que uma intensidade de treino próxima da V_4 é um procedimento adequado para o desenvolvimento da aptidão aeróbia e que as principais alterações ocorrem nas primeiras 8-12 semanas de treino e que, terminado esse período, a evolução é mais lenta.

Esta tese poderá, eventualmente, sustentar a inexistência de diferenças nos valores médios entre os melhores vs. piores atletas dos 800m ou 1500m. Outros estudos referidos por Tanaka et al (1984) Mayes et al (1987) Acevedo &

Discussão dos Resultados

Goldefarb (1989) Keith et al (1992) Hirakoba et al (1992) Mcardle et al (1994) Helgerud et al (2001) sugerem que alguns tipos de treino baseado no elevado volume de treino semanal e anual de corrida contínua, de treino intervalado poderão estar na origem das modificações da V_4 . No nosso estudo, entre a 1ª e a 2ª fase da época desportiva nos melhores e/ou nos piores corredores, quer dos 800 m, quer dos 1500 m, não se verificaram alterações significativas na V_4 . Estes resultados podem ser explicados pelo facto de que os atletas da nossa amostra possuem muitos anos de treino sistemático e um nível de performance elevado, em comparação com a maioria dos atletas ou corredores de meio-fundo que fazem parte dos estudos anteriormente referidos; o que confirma os trabalhos de Londeree (1997) que sugere que as principais alterações ocorrem nas primeiras 8-12 semanas. De referir que, no nosso estudo, para além dos anos de treino sistemático que antecederam os testes, da 1ª para a 2ª fase de avaliação, ocorreram 22-24 semanas.

Outro indicador habitualmente relacionado com o nível de rendimento dos atletas e com os anos de treino sistemático é o custo energético da corrida (CE), que traduz quantitativamente a economia de corrida. No presente estudo não verificámos alterações durante a época, contrariando os resultados de estudos anteriores (Svedenhag e Sjödín, 1985; Jones & Doust, 1998; Santos, 2002a) e concordando com os dados de Houmard et al (1991) e de Heugas et al (2007). É provável que, tal como se justificou para a V_4 , os anos de treino sistemático determinem nos atletas uma estabilidade neste indicador que permite atravessar toda a época desportiva com variações mínimas. Todavia, importa afirmar que, mesmo alterações pequenas e sem significado estatístico, podem ter uma influência determinante no rendimento dos atletas.

5.3 Associações entre variáveis

O desempenho no teste de 600 m, na primeira fase de avaliação, correlacionou-se com a MME e a MMP em 800 m ($r = 0,72$; $p \leq 0,01$) e ($r =$

Discussão dos Resultados

0,77; $p \leq 0,01$, respetivamente) mas não com o desempenho nos 1500m. Na segunda fase de avaliação, as correlações mantiveram-se, mas foram mais fortes. Estes resultados demonstram que um teste de corrida máxima em 600 m pode ser uma boa forma de avaliar o estado de preparação específica de corredores para os 800 m; mas que não terá qualquer interesse no caso de corredores que se preparem para a prova de 1500 m.

A tendência contrária sucedeu com a relação entre os volumes de treino e a MME e MMP. O desempenho nos 1500 m (quer MME quer MMP) correlacionou-se com todos os volumes de treino (contínuo, intervalado e total) em ambas as fases da época, com coeficientes de variação entre 0,39 e 0,53 ($p \leq 0,05$ ou $p \leq 0,01$), mas o mesmo não aconteceu na prova de 800m. Assim, os nossos resultados confirmam a importância do volume de treino para o rendimento em provas predominantemente aeróbias (caso dos 1500 m) mas não necessariamente no caso de provas mistas ou com predominância anaeróbia. Os volumes de treino correlacionaram-se positivamente na 1ª fase com vários indicadores aeróbios ($VO_2\max$, VAM e V_4) com coeficientes de correlação entre 0,01 e 0,39 ($p \leq 0,05$). Na 2ª fase, os volumes de treino total, de corrida contínua e de treino intervalado correlacionaram-se positivamente com o $VO_2\max$ (coeficiente de correlação entre 0,45 e 0,50; $p \leq 0,05$). Os volumes de treino total e de corrida contínua correlacionaram-se positivamente com a VAM ($r = 0,41$; $p \leq 0,05$) e com a V_2 ($r = 0,41$; $p \leq 0,05$).

Nos 800 m, nem MME nem MMP se correlacionaram com indicadores de aptidão anaeróbia e, quanto aos indicadores aeróbia, apenas a VAM medida na 1ª fase se correlacionou com a MMP ($r = 0,045$; $p < 0,05$).

Contrariamente, nos 1500m verificaram-se várias correlações com indicadores aeróbios e anaeróbios. Relativamente a indicadores aeróbios, tanto a MME como a MMP se correlacionaram com a VAM em ambas as fases de medição (coeficientes de correlação entre 0,40 e 0,51; $p \leq 0,05$ ou $p \leq 0,01$) e a MMP correlacionou-se com a V_4 ($r = 0,40$; $p \leq 0,05$) no 1º teste e com a produção de energia aeróbia em ambas as fases ($r = 0,43$; $p \leq 0,05$ e $r = 0,43$; $p \leq 0,05$,

Discussão dos Resultados

respetivamente nos 1º e 2º testes). Quanto aos indicadores anaeróbios, apenas a lactatemia máxima se correlacionou com a MME e MMP no 1º teste ($r = 0,40$; $p \leq 0,05$ para ambos). A MMP em 1500m correlacionou-se ainda negativamente com o DefO₂Ac, medido no 1º teste ($r = 0,49$; $p \leq 0,05$).

5.3.1 Idade e morfologia dos atletas

A massa corporal e a estatura correlacionaram-se negativamente no 1º teste com VO₂max ($r = -0,39$; $p \leq 0,05$ e $r = -0,45$; $p \leq 0,05$) e a massa corporal correlacionou-se ainda negativamente com o custo energético da corrida ($r = -0,45$; $p \leq 0,05$). A idade dos atletas correlacionou-se positivamente no 1º teste, com vários indicadores aeróbios (VAM, V₄, e produção de energia aeróbia) com coeficientes de correlação entre 0,72 e 0,49 ($p \leq 0,01$ ou $p \leq 0,05$) e negativamente com vários indicadores anaeróbios (DefO₂Ac e produção de energia anaeróbia) com coeficientes de correlação entre -0,51 e -0,49 ($p \leq 0,01$ ou $p \leq 0,05$).

A idade correlacionou-se ainda negativamente com o custo energético da corrida ($r = -0,40$; $p \leq 0,05$). No 2º teste, a idade dos atletas correlacionou-se com vários indicadores aeróbios (VO₂max, VAM, V₄, V₂) com coeficientes de correlação entre 0,43 e 0,72 ($p \leq 0,01$ ou $p \leq 0,05$). A altura correlacionou-se negativamente com a produção de energia aeróbia ($r = -0,60$; $p \leq 0,01$) e positivamente com o DefO₂Ac ($r = 0,57$; $p \leq 0,01$).

As correlações negativas encontradas entre o VO₂max, o custo energético e a massa corporal comprovam que a correção linear para esta última não anula o seu efeito e que, para isso, seria necessário proceder a um ajustamento alométrico procurando o melhor índice de correção (Astrand & Rodahl, 1986; Bergh et al, 1991). Tal não foi considerado essencial para o nosso estudo, de modo que mantivemos a normalização linear para a massa, como é habitual na quase generalidade de estudos congêneres.

Discussão dos Resultados

5.3.2 Indicadores de aptidão aeróbia e anaeróbia

Ainda no nosso estudo, o custo energético correlacionou-se positivamente com o $VO_2\text{max}$ nas duas fases de avaliação ($r = 0,61$; $p \leq 0,01$ e $r = 0,77$; $p \leq 0,01$) e negativamente com a VAM no 1º teste ($r = -0,52$; $p \leq 0,01$).

A VAM correlacionou-se com a produção de energia aeróbia e com a V_4 em ambos os testes (coeficientes de correlação entre 0,52 e 0,72; $p \leq 0,05$ ou $p \leq 0,01$).

O $DefO_2Ac$ no 1º teste correlacionou-se negativamente com a V_4 , apenas no 1º teste ($r = -0,46$; $p \leq 0,05$).

Billat et al (1996) verificaram que o tempo limite de exaustão (T_{lim}) e a VAM explicam 95% da variação da performance nos 1500m.

Num estudo realizado por Denadai et al (2004), houve alteração da VAM, explicando 88% da variação da performance, na prova de 1500m, e com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que a validade dos indicadores fisiológicos ($VO_2\text{max}$, VAM, CE e V_4) como preditor da performance aeróbia para corredores de meio-fundo, está dependente da distância da prova.

Estudos anteriores (Yoshida et al, 1993; Billat et al, 1996; Pfitzinger & Freedson, 1997; Jones & Doust, 1998) enfatizaram a tendência da VAM para se correlacionar com o desempenho desportivo. Noakes et al (1990) observou que a VAM influenciou positivamente o desempenho ($r = 0,8-0,9$) e no estudo de Denadai et al (2004) a VAM apareceu associada ($r = 0,64$; $p \leq 0,05$) com a prova de 1500m.

Ainda a propósito da VAM Brandon ((1995) referiu que as provas que possuem uma grande contribuição (40%) do metabolismo anaeróbio, como os 800 m no atletismo e os 200 m na natação (duração de 1,5 a 2 min), o $VO_2\text{max}$ apresentou uma correlação moderada com o rendimento ($r = 0,4-0,7$) e

Discussão dos Resultados

aumentou quando se correlacionou com a VAM ($r = 0,8$). As provas que decorrem entre 3-8 min (como por exemplo: 1500-3000 m no atletismo e 400-800 m na natação), não obstante a contribuição anaeróbia ser reduzida (10-20%), ainda pode ser considerada importante. Nestas condições, em que o exercício é realizado entre 90% e 110% do $VO_2\text{max}$, tanto o $VO_2\text{max}$ como principalmente a VAM apresentaram correlação muito significativa com o rendimento ($r = 0,8-0,9$).

Nos seus estudos anteriores (Morgan et al, 1989; Lacour et al, 1990; Billat et al, 1996; Jones & Doust, 1998; Grant et al, 2001; Santos & Kruger, 2002) associaram correlações entre a V_4 e o rendimento, nas corridas de meio-fundo. Santos & Kruger (2002), para além de referirem a estreita relação entre as modificações da V_4 e as alterações do rendimento desportivo em corridas de meio-fundo, afirmaram que este indicador é um dos mais relacionados com a melhoria do desempenho e acentuadamente dependente do tipo de treino.

Igualmente, em estudos anteriores Acevedo & Goldfard (1989) relativamente às adaptações fisiológicas resultantes do aumento da intensidade do treino em corredores de meio-fundo, concluíram que a V_4 foi o indicador mais correlacionado com o rendimento ($r = 0,73$).

Morgan et al, 1991 e Coyle et al, 1991 demonstraram que o CE pode variar até 15%, mesmo em corredores de elite de meio fundo ou em grupos de ciclistas bem treinados.

Olesen et al (1994) não encontraram relação entre o Def O_2 Ac Acumulado (medido em 2-3 min de corrida em tapete rolante inclinado) e os recordes pessoais em 400 m e 800 m de atletas com nível médio de 49,4 s e 1 min 55 s, respectivamente.

Weyand et al (1994) examinaram as correlações entre os valores de Def O_2 Ac Acumulado (medido em 2-3 min de corrida em tapete rolante inclinado) e o tempo obtido em corridas de várias distâncias, por atletas de ambos os sexos. As correlações obtidas foram as seguintes: 100 m ($r = -0,66$; $p \leq 0,05$), 200 m (r

Discussão dos Resultados

= -0,71; $p \leq 0,05$), 400 m ($r = -0,71$; $p \leq 0,05$), 800 m ($r = -0,62$; $p \leq 0,05$), 1500 m ($r = -0,52$; $p \leq 0,05$), e 5000 m ($r = -0,40$; $p \leq 0,05$). Para as corridas de 200 m e 400 m, o DefO₂Ac revelou-se o principal preditor do rendimento, sendo responsável por cerca de 50% da variância total. Para os 800m o seu poder preditor foi semelhante ao do VO₂máx, sendo inferior a este para os 1500m e distâncias mais longas. Os autores argumentam que os resultados suportam a ideia de que o DefO₂Ac é um bom indicador da contribuição anaeróbia, isto porque o seu poder preditivo foi superior nas provas tipicamente anaeróbias, diminuindo para as provas mais longas, ou seja, conforme aumentou a contribuição da energia aeróbia.

No entanto, o DefO₂Ac não influencia o rendimento naquelas provas de uma forma tão evidente quanto o VO₂máx e o limiar anaeróbio nas provas de longas distâncias. Ainda, segundo Weyand et al (1994), provavelmente isto deve-se ao facto de a contribuição aeróbia, em provas até 400 m, ser superior à contribuição anaeróbia em provas acima dos 5000 m.

Num estudo realizado por Duffield et al (2005), numa prova de 1500 m, correlacionou-se negativamente com o pico de VO₂ e o VO₂max ($r = -0,68$ e $-0,69$; $p \leq 0,05$), respetivamente. No mesmo estudo, foi evidenciada correlação não significativa entre a prova de 1500 m e o DefO₂Ac ($p \leq 0,05$).

Ainda em Duffield et al (2005), foi também encontrada uma correlação não significativa entre o DefO₂Ac e total de energia anaeróbia consumida no sistema La-PCr e no sistema de contribuição anaeróbia (método AOD) e a prova de 1500 m ($r = 0,65$ e $0,67$; $p \leq 0,05$).

Num estudo de Heugas et al (2007), o VO₂max correlacionou-se positivamente com a VAM ($r = 0,95$; $p \leq 0,05$) e o CE correlacionou-se positivamente com a VAM ($r = 0,68$; $p \leq 0,05$).

5.3.3 Cinética do $\dot{V}O_2$ na prova supramáxima

Os valores de τ revelados pelos participantes deste estudo (1ª fase, $9,21 \pm 2,31$ s; 2ª fase, $9,62 \pm 2,21$ s), todos eles atletas de meio fundo com nível de

Discussão dos Resultados

desempenho muito elevado, são claramente inferiores aos valores habitualmente relatados na literatura para intensidades pesadas ou severas. No entanto, os estudos que utilizaram uma modelação mono-exponencial semelhante à utilizada no presente estudo, encontraram valores semelhantes aos nossos (Carter et al, 2006, Hughson et al, 2000; Draper et al, 2005; Hettinga et al, 2009), confirmando que, em intensidades supramáximas, para este tipo de população, há uma nítida aceleração da VO_{2k} inicial.

Hettinga et al (2009), com ciclistas bem treinados, em 2 exercícios “all-out” de cicloergómetro com durações de $116,4 \pm 1,7$ s e $198,6 \pm 5,2$ s, encontrou valores de τ de $8,8 \pm 3,4$ s e $8,4 \pm 2,5$ s, respectivamente. Valores médios semelhantes ($\tau = 10,7 \pm 2,7$ s) foram reportados por Draper et al (2005), que analisaram a VO_{2k} numa prova simulada de 800 m em tapete rolante, num grupo de atletas de meio fundo e fundo bem treinados.

No estudo de Carter et al (2006), por seu lado, em que 9 indivíduos bem treinados não-atletas, 3 deles do sexo feminino, realizaram duas provas a velocidade constante no tapete rolante, uma a 110% e outra a 120% do VO_{2max} , com durações médias de 139 ± 6 s e 85 ± 5 s, respectivamente, os valores de t foram de $14,5 \pm 1,2$ s e $12,5 \pm 1,2$ s.

No presente estudo, encontraram-se correlações significativas entre o τ e o VO_{2max} , quer na primeira fase de avaliação, quer na segunda ($r = -0,62$; $p \leq 0,01$ e $-0,60$; $p \leq 0,05$, respectivamente), confirmando anteriores observações neste sentido, embora em intensidades mais baixas (Powers et al, 1985; Chilibeck et al, 1996; Caputo et al, 2003; Scheuermann & Barstow, 2003; Bailey et al, 2009). Kilding et al. (2007) estudaram a VO_{2k} em dois grupos de atletas, meio fundo e fundo, no regime de intensidade moderado, e encontraram relações significativas entre VO_{2max} e τ , mas apenas nos fundistas. No entanto, será de referir que esta associação está ausente em grande número de estudos.

Discussão dos Resultados

Aceitando, apesar de tudo, esta relação como relevante, podemos interpretar a VO_{2k} rápida por nós encontrada como estando influenciada pela intensidade do exercício, o tipo de modelação utilizado, mas também o nível extremamente elevado de adaptações aeróbias presentes nos atletas que participaram neste estudo.

Não foi possível encontrar, por outro lado, qualquer relação entre a VO_{2k} e o desempenho, quer o competitivo (MME e MMP) quer no referente às provas de avaliação realizadas, decorrentes do protocolo progressivo máximo, em especial a VAM, quer da velocidade média obtida na prova supra-máxima de 600 m. Esta relação não foi confirmada em nenhum estudo que tenha utilizado intensidades supramáximas, embora se tenha verificado que o nível de treino afecta a duração de τ neste tipo de exercício (Bosquet et al 2007a).

Como confirmação indireta do impacto da VO_{2k} em esforços de intensidade supramáxima, Ingham et al (2013) comprovaram que um aquecimento enérgico melhorou o desempenho numa prova de 800 m em corredores de meio fundo bem treinados e, em simultâneo, aumentou o valor total de O_2 consumido. Os valores calculados para t , no entanto, para além de bastante superiores aos nossos (27 ± 6 s e 28 ± 7 s) no grupo, respectivamente que realizou o aquecimento especial prévio e no grupo controlo, não mostraram diferenças significativas.

A utilização da constante temporal proveniente do estudo da VO_{2k} em esforços supramáximos e, em particular, como indicador de desempenho ou de nível de treino, em atletas de meio fundo, está aberto a controvérsia, não se tendo conseguido até ao momento comprovar uma associação clara entre este parâmetro e os tempos de competição.

Tal pode dever-se, em parte, à escassez dos estudos existentes, embora a relação, por nós comprovada, entre o τ numa prova supramáxima de 600 m de corrida, em atletas de elevado nível competitivo, e o VO_{2max} indique que esta é uma via de investigação que merece ser continuada.

Conclusões

6. CONCLUSÕES

6.1 RESPOSTAS ÀS QUESTÕES QUE JUSTIFICARAM O NOSSO ESTUDO

6.2 RECOMENDAÇÕES

6. CONCLUSÕES

6.1 Respostas às questões que justificaram o nosso estudo

No capítulo **Introdução**, identificámos as questões que pretendíamos ver respondidas com a presente investigação. Com base nos resultados obtidos e respetiva análise, consideramos ter condições para responder de forma satisfatória a todas as questões:

1. Os níveis de aptidão aeróbia dos melhores especialistas Portugueses de meio fundo mostraram-se consistentes com a literatura existente, não só em estudos com testes realizados no terreno e com nível de prestação semelhante ao nosso, mas também realizados em tapete rolante ou terreno horizontal. As diferenças poderão ser atribuídas à aptidão dos atletas, ao período da época no qual foram feitos os testes e ao tipo de exercício usado (tapete vs. terreno) e à natureza do protocolo. Mas os níveis de aptidão anaeróbia dos melhores especialistas Portugueses de meio fundo mostraram-se pouco consistentes com a literatura pertinente. Esse facto é devido à natureza do protocolo utilizado e diferentes métodos de estimativa da contribuição de energia aeróbia e anaeróbia e do DefO_2Ac , que evidenciam uma grande dispersão de valores, quer na literatura, quer no nosso estudo, ilustrando a existência de diferentes perfis bioenergéticos que permitem atingir um mesmo desempenho.

2. Não houve nenhuma variação significativa na aptidão aeróbia e anaeróbia, no grupo dos melhores corredores de 800 m durante uma época desportiva. Quanto ao grupo dos piores corredores de 800 m, houve apenas variação na VAM que foi inferior no 2º momento de avaliação.

Houve apenas diminuição na VAM, no grupo dos melhores corredores de 1500 m durante o macrociclo estudado. Quanto ao grupo dos piores corredores de

Conclusões

1500 m, não houve variação significativa nas variáveis da aptidão aeróbia e anaeróbia durante uma época desportiva.

3. As diferenças na aptidão aeróbia e anaeróbia entre os melhores atletas Portugueses e os de nível inferior foram as seguintes:

O grupo dos melhores atletas de 800m apresentou um valor médio inferior do $VO_2\text{max}$ em relação aos restantes 3 grupos (piores grupos dos 800m, dos 1500 m e melhor grupo dos 1500 m). Globalmente os corredores de 800m não se distinguiram dos corredores de 1500 m em termos do valor de $VO_2\text{max}$, o que sugere um perfil aeróbio semelhante nos dois grupos e nos subgrupos.

Os valores médios da VAM dos atletas dos 800 m, dos grupos melhores vs piores, e dos subgrupos dos melhores vs piores nos 1500 m, não foram diferentes entre si, confirmando a homogeneidade da aptidão aeróbia específica de todos os sujeitos da nossa amostra, neste indicador mais específico da potência aeróbia máxima.

Quanto à velocidade de corrida correspondente a uma concentração sanguínea de lactato de 4mml. L^{-1} , não encontramos diferenças significativas entre os corredores de 800 m e de 1500 m ou mesmo entre os melhores vs. piores atletas da mesma especialidade, traduzindo uma característica da escola Portuguesa de meio-fundo, em que o volume de treino de corrida contínua é elevado tanto em corredores de 800 m quanto de 1500 m, contribuindo para um desenvolvimento ótimo da V_4 .

Os valores médios do CE são muito próximos nos dois grupos de especialistas (800 m vs. 1500 m) e nos dois grupos de rendimento (melhores vs. piores). Mas, mesmo assim, verificamos que os melhores atletas, quer nos 800 m quer nos 1500 m, em comparação com os piores atletas, apresentaram um menor CE, embora a diferença não tenha sido significativa.

Na contribuição aeróbia e anaeróbia não se verificaram diferenças significativas entre os dois grupos de especialistas (800 m vs. 1500 m), embora os valores de energia aeróbia fossem ligeiramente superiores nos corredores de 1500 m,

Conclusões

o que confirma o que seria de esperar neste grupo. Na comparação entre os melhores e os piores de cada grupo, também não se verificaram diferenças significativas, embora haja a tendência para se observarem valores superiores de energia aeróbia nos melhores atletas.

4. Os indicadores aeróbios e anaeróbios que mais se associam com o desempenho dos corredores Portugueses de meio fundo foram a VAM, a V_4 e a lactatemia máxima após prova supramáxima. A VAM, a V_4 e a V_2 também se associaram com os volumes de treino (contínuo, intervalado e total). Com o VO_2 max apenas se associaram os volumes de treino intervalado.

Foi também encontrada associação entre um indicador anaeróbio, o Def O_2 Ac, e o volume de treino total, assim como com o volume de treino intervalado na 2ª fase da época.

Este estudo comprovou a existência de um perfil marcadamente aeróbio nos melhores atletas de meio fundo curto portugueses e chama a atenção para a necessidade de aumentar as cargas de treino visando adaptações de velocidade e capacidade anaeróbia.

6.2 Recomendações

As atividades de investigação na área do treino desportivo devem responder às interrogações do terreno para superá-las e adquirir novos conhecimentos.

A otimização do resultado desportivo necessita de uma intervenção em três etapas:

1) Primeiro, estabelecer sempre uma relação entre a marca de um atleta e a sua aptidão física, mediante testes que permitam medir as características do metabolismo aeróbio e anaeróbio do atleta;

Conclusões

2). Depois do confronto entre aptidão do atleta e as suas marcas, o segundo tempo do processo de treino é a análise do treino passado e atual do atleta, a partir de velocidades de referência, como a velocidade de competição, a velocidade no limiar láctico e a velocidade associada ao consumo máximo de oxigénio (indicador fisiológico de grande relevância nas provas de meio-fundo, especialmente para corredores de 1500m)

3). Por último, é que o atleta defina os seus objetivos a curto, médio e longo prazo, para compreender melhor a sua motivação e a forma como aborda as exigências da sua disciplina desportiva e, essencialmente, o seu nível de potência.

No domínio da quantificação do volume de treino de corrida contínua e total da época desportiva, julgamos pertinente que os corredores de 800 m façam menos volumes do que os corredores de 1500 m. Mas, no que se refere ao volume de treino intervalado e das intensidades de treino, deverá ser o inverso. Esta questão tem sido um dos factores limitativos da não existência de corredores de meio fundo de verdadeira categoria internacional, particularmente nos 800 m, no atletismo português.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abe D, Yanagawa K, Yamanobe K, Tamura K (1998). Assessment of middle-distance running performance in subelite young runners using energy cost of running. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 77(4): 320-325.
- Acevedo EO, Goldefarb AH (1989). Increased training intensity effects on plasma lactate ventilatory threshold and endurance. *Med Sci Sports Exerc*, 21(5): 563-568
- Aisbett B, Le Rossignol P (2003). Estimating the total energy demand for supra-maximal exercise using the $\dot{V}O_2$ -power regression from an incremental exercise test. *J Sci Med Sport*, 6(3): 343-347.
- Anuário Atletismo (1990). Federação Portuguesa de Atletismo.
- Anuário Estatístico (1995). Federação Portuguesa de Atletismo.
- Anuário Estatístico (2000). Federação Portuguesa de Atletismo
- Anuário estatístico (20010). Federação Portuguesa de Atletismo.
- Anuário Estatístico (2002). Federação Portuguesa de Atletismo.
- Anuário Estatístico (2004). Federação Portuguesa de Atletismo.
- Anuário estatístico (2008). Federação Portuguesa de Atletismo.
- Ariens GA, Van Mechelen W, Kemper HC, Twisk JW (1997). The longitudinal development of running economy in males and females aged between 13 and 27 years: the Amsterdam growth and health study. *Eur J Appl Physiol*, 76(3): 214-220.
- Arrese AL, Izquierdo DM, Vadales DM (2005). A review of the maximal oxygen uptake values necessary for diferente running performance levels: *New studies in athletics*, 20(3): 7-20.
- Association of track and field statistians athletics (2012). *The international track and field annual*. Edited by Peter Matthews. Published by Harmsworth Active.
- Association of track and field statisticians athletics (1981). *The international track and field annual*. Edited by Peter Matthews. Published by Harmsworth Active.

Referências Bibliográficas

- Association of track and field statisticians athletics (1985). The international track and field annual. Edited by Peter Matthews. Published by Harmsworth Active.
- Association of track and field statisticians athletics (1992). The international track and field annual. Edited by Peter Matthews. Published by Harmsworth Active.
- Association of track and field statisticians athletics (1996). The international track and field annual. Edited by Peter Matthews. Published by Harmsworth Active.
- Association of track and field statisticians athletics (1999). The international track and field annual. Edited by Peter Matthews. Published by Harmsworth Active.
- Association of track and field statisticians athletics (2000). The international track and field annual. Edited by Peter Matthews. Published by Harmsworth Active.
- Association of track and field statisticians athletics (2003). The international track and field annual. Edited by Peter Matthews. Published by Harmsworth Active.
- Association of track and field statisticians athletics (2004). The international track and field annual. Edited by Peter Matthews. Published by Harmsworth Active.
- Association of track and field statisticians athletics (2005). The international track and field annual. Edited by Peter Matthews. Published by Harmsworth Active.
- Association of track and field statisticians athletics (2006). The international track and field annual. Edited by Peter Matthews. Published by Harmsworth Active.
- Association of track and field statisticians athletics (2009). The international track and field annual. Edited by Peter Matthews. Published by Harmsworth Active.
- Association of track and field statisticians athletics (2010). The international track and field annual. Edited by Peter Matthews. Published by Harmsworth Active
- Astrand P-O, Rodahl K (1986). Textbook of work physiology. New York: McGraw-Hill
- Atkinson G, Davison R, Jeukendrup A, Passfield L (2003). Science and cycling: current knowledge and future directions for research. *J Sports Sci*, 21(9): 767-787.
- Bailey SJ, Wilkerson DP, Dimenna F, Jones AM (2009). Influence of repeated sprint training on pulmonary O₂ uptake and muscle deoxygenation kinetics in humans. *J Appl Physiol*, 106: 1875-1887.
- Baldari C, Bonavolontà V, Emerenziani GP, Gallota MC, Silva AJ, Guidetti L (2009). Accuracy, reliability, linearity of Accutrend and Lactate Pro versus EBIO plus analyzer. *Eur J Appl Physiol*, 107(1): 105-111.
- Baldari C, Guidetti L (2000). A simple method for individual anaerobic threshold as predictor of max lactate steady state. *Med Sci Sports Exerc*, 32(10): 1798-1802.
- Ballasteros J (1990). Carreras de medio fondo y fondo. In Bravo J (Ed), *Atletismo (I) Carreras y marcha*. Comité Olímpico Español, 79-176

Referências Bibliográficas

- Ballasteros J (1992). Periodización del medio fondo en año de uma competición del máximo nivel. Problemática de la pista cubierta. In Cuadernos de Atletismo, 31: 69 - 82
- Bangsbo J (1996). Oxygen deficit: A measure of the anaerobic energy production during intense exercise? *Can J Appl Spt Sci*, 21(5): 350-363.
- Bangsbo J (1998). Quantification of Anaerobic Energy-Production During Intense Exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 30 (1): 47-52.
- Bangsbo J, Gollnick PD, Graham TE, Juel C, Kiens B, Mizuno M, Saltin B (1990). Anaerobic energy production and O₂ deficit-debt relationship during exhaustive exercise in humans. *J Physiol*, (Lond): 422: 539-559.
- Bangsbo J, Michalsik L, Petersen A (1993). Accumulated O₂ Deficit during intense exercise and muscle characteristics of elite athletes. *Int J Sports Med*, 14:207-13.
- Barstow TJ, Casaburi R, Wasserman K (1993). O₂ uptake kinetics and the O₂ deficit as related to exercise intensity and blood lactate. *J Appl Physiol*, 75(2):755-62.
- Barstow TJ, Jones AM, Nguyen PH, Casaburi R (1996). Influence of muscle fiber type and pedal frequency on oxygen uptake kinetics of heavy exercise. *J Appl Physiol*, 81(4):1642-50.
- Barstow TJ, Lamarra N, Whipp BJ (1990). Modulation of muscle and pulmonary oxygen uptakes by circulatory dynamics. *J Appl Physiol*, 68:979-989.
- Bassett DR, Howley ET (1997). Maximal oxygen-uptake - classical versus contemporary viewpoints. *Med Sci Sports Exerc*, 29(5): 591-603.
- Bassett DR, Howley ET (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Med Sci Sports Exerc*, 32(1): 70-84.
- Bearden SE, Henning PC, Bearden TA, Moffatt RJ (2004). The slow component of VO₂ kinetics in very heavy and fatiguing square-wave exercise. *Eur J Appl Physiol*, 91(5-6): 586-94.
- Bearden SE, Moffatt RJ (2000). VO₂ kinetics and the O₂ deficit in heavy exercise. *J Appl Physiol*. 2000 Apr;88(4):1407-12.
- Bell C, Paterson DH, Kowalchuk JM, Moy AP, Thorp DB, Noble EG, Taylor AW, Cunningham DA (2001). Determinants of oxygen uptake kinetics in older humans following single-limb endurance exercise training. *Exp Physiol*, 86(5):659-65.
- Beneke R (1995). Anaerobic threshold, individual anaerobic threshold, and maximal lactate steady state in rowing. *Med Sci Sports Exerc*, 27(6): 863-867.
- Beneke R, Hutler M, Leithauser RM (2000). Maximal lactate-steady-state independent of performance. *Med Sci Sports Exerc*, 32(6): 1135-9.
- Beneke R, von Duvillard SP (1996). Determination of maximal lactate steady state response in selected sports events. *Med Sci Sports Exerc*, 28(2): 241-246.
- Bergersen LH (2007). Is lactate food for neurons? Comparison of monocarboxylate transporter subtypes in brain and muscle. *Neuroscience*, 2;145(1): 11-19.

Referências Bibliográficas

- Bergh U, Sjodin B, Forsberg A, Svedenhag J (1991). The relationship between body mass and oxygen uptake during running in humans. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 23: 205-211.
- Billat LV (1996). Use of blood lactate measurements for prediction of exercise performance and for control of training-recommendations for long-distance running. *Sports Med*, 22(3): 157-175
- Billat LV, Koralsztein JP (1996). Significance of the velocity at VO_2 máx and time to exhaustion at this velocity. *Sports Medicine*, 22(2): 90-108.
- Billat V, Jan J, Rochcongar P, Carre F (1996). Gender effect on the relationship of time limit at 100% VO_2 máx with other bioenergetic characteristics. *Med Sci Sports Exerc*, 28: 1049-1055.
- Billat V, Renoux JC, Pinoteau J, Petit B, Koralsztein JP (1994). Times to exhaustion at 100% of velocity at and modelling of the time-limit/velocity relationship in elite long-distance runners. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 69(3): 271-273.
- Billat V, Renoux JC, Pinoteau J, Petit B, Koralsztein JP (1995). Times to exhaustion at 90, 100 and 105% of velocity at VO_2 máx (maximal aerobic speed) and critical speed in elite long-distance runners. *Arch Physiol Biochem*, 103(2): 129-135.
- Billat VL (2000). Slow component and performance in endurance sports. *Br J Sports Med*, 34(2): 83-85.
- Billat VL, Demarle A, Paiva M, Koralsztein JP (2002). Effect of training on the physiological factors of performance in elite marathon runners (males and females). *Int J Sports Med*, 23: 336-341.
- Billat VL, Demarle A, Slawinski J, Paiva M, Koralsztein JP (2001). Physical and training characteristics of top-class marathon runners. *Med Sci Sports Exerc*, 33(12): 2089-2097.
- Billat VL, Hamard L, Koralsztein JP, Morton RH (2009). Differential modeling of anaerobic metabolism in 800-m and 1500-m run. *J Appl Physiol*, 107: 478-487.
- Billat VL, Lepretre PM, Heugas AM, Koralsztein JP (2004). Energetics of middle-distance running performances in male and female junior using track measurements. *Jpn J Physiol*, 54(2): 125-135.
- Billat VL, Sirvent P, Py G, Koralsztein JP, Mercier J (2003). The concept of maximal lactate steady state: a bridge between biochemistry, physiology and sport science. *Sports Med*, 33(6): 407-426.
- Billat VL, Slawinski J, Danel M, Koralsztein JP (2001). Effect of free versus constant pace on performance and oxygen kinetics in running. *Med Sci Sports Exerc*, 33(12): 2082-2088.
- Billat, V (2003). *Physiologie et méthodologie de l'entraînement - de la théorie à la pratique* (2^a ed.). Bruxelles: De Boeck & Larcier.
- Bishop D, Jenkins DG, Mckinnon LT (1998). The effect of stage duration on the calculation of peak VO_2 during cycle ergometry. *J Sci Med Sport*, 1: 171-178.

Referências Bibliográficas

- Blondel N, Berthoin S, Billat V, Lensele G (2001). Relationship between run times to exhaustion at 90, 100, 120, and 140% of $v\dot{V}O_2$ max and velocity expressed relatively to critical velocity and maximal velocity. *Int J Sports Med*, 22(1): 27-33.
- Bosquet L, Duchene A, Dupont G, Leger L, Carter H (2007a). VO_2 kinetics during supramaximal exercise: relationship with oxygen deficit and 800-m running performance. *Int J Sports Med*, 28(6):518-24.
- Bosquet L, Duchene A, Lecot F, Dupont G, Leger L (2007). V (max) estimate from three-parameter critical velocity models: validity and impact on 800 m running performance prediction. *Eur J Appl Physiol*, 97(1): 34-42.
- Bosquet L, Léger L, Legros P (2002). Methods to determine aerobic endurance. *Sports Med*, 32(11): 675-700.
- Bottinelli R, Reggiani C (2000). Human skeletal muscle fibres: molecular and functional diversity. *Prog Biophys Mol Biol*, 73(2-4): 195-262.
- Bouchard C, Taylor AW, Simoneau J, Dulac S (1991). Testing anaerobic power and capacity. In JD MacDougall, HA Wenger, HJ Green (Eds.), *Physiological testing of the high-performance athlete* (pp. 175-221). Champaign: Human Kinetics.
- Boudon P (2000). Blood lactate transition thresholds: Concepts and controversies. In Gore CJ (ed.), *Physiological tests for elite athletes* (pp. 45-87). Champaign: Human Kinetics.
- Bourdin M, Pastene J, Germain M, Lacour JR (1993). Influence of training, sex, age, and body mass on the energy cost of running. *Eur J Appl Physiol*, 66(5):439-444.
- Bragada JA (2003). Estudo longitudinal do rendimento e de parâmetros da carga (interna e externa), em corredores de 3000m. Tese de doutoramento. FCDEF-UP
- Bragada JA, Santos PJ, Maia JA, Colaço PJ, Lopes VP, Barbosa TM (2010). Longitudinal study in 3,000 m male runners: relationship between performance and selected physiological parameters. *Journal of Sports Science and Medicine*, 9: 439-444.
- Brandon LJ (1995). Physiological factors associated with middle distance running performance. *Sports Med*, 19: 268-277.
- Brooks GA (1985). Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research. *Med Sci Sports Exerc*, 17(1): 22-31.
- Buck D, McNaughton L (1999). Maximal accumulated oxygen deficit must be calculated using 10-min time periods. *Med Sci Sports Exerc*, 31(9): 1346-1349.
- Buckley JD, Bourdon PC, Woolford SM (2003). Effect of measuring blood lactate concentrations using different automated lactate analysers on blood lactate transition thresholds. *J Sci Med Sport*, 6(4): 408-421.
- Bunc V, Heller J (1989). Energy cost of running in similarly trained men and women. *Eur J Appl Physiol*, 59: 178-18.
- Burnley M, Jones AM (2007). Oxygen uptake kinetics as a determinant of sports performance. *European Journal of Sport Science*, 7(2): 63-79.

Referências Bibliográficas

- Busso T, Chatagnon M (2006). Modelling of aerobic and anaerobic energy production in middle-distance running. *Eur J Appl Physiol*, 97: 745-754.
- Butler M (2007). IAAF statistics handbook (pp. 290-435). Berlim: International Amateur Athletic Federation.
- Caputo F, Denadai BS (2004). Effects of aerobic endurance training status and specificity on oxygen uptake kinetics during maximal exercise. *Eur J Appl Physiol*, 93(1-2):87-95.
- Caputo F, Mello MT, Denadai BS (2003). Oxygen uptake kinetics and time to exhaustion in cycling and running: a comparison between trained and untrained subjects. *Arch Physiol Biochem*, 111(5):461-6.
- Carter H, Jones AM, Barstow TJ, Burnley M, Williams C, Doust JH (2000). Effect of endurance training on oxygen uptake kinetics during treadmill running. *J Appl Physiol*, 89(5): 1744-52.
- Carter H, Pringle JS, Barstow TJ, Doust JH (2006). Oxygen uptake kinetics during supra VO₂max treadmill running in humans. *Int J Sports Med*, 27(2):149-57.
- Carter H, Pringle JS, Jones AM, Doust JH (2002). Oxygen uptake kinetics during treadmill running across exercise intensity domains. *Eur J Appl Physiol*. 86(4): 347-54.
- Cavanagh PR, Kram R (1990). Stride length in distance running: velocity, body dimensions, and added mass effects. In PR Cavanagh, (Ed.), *Biomechanics of distance running* (pp. 35-61). Champaign: Human Kinetics Books.
- Cavanagh PR, Williams KR (1982). The effect of stride length variation on oxygen uptake during distance running. *Med Sci Sports Exerc*, 14(1): 30-35.
- Cerretelli P, Pendergast D, Paganelli WC, Rennie DW (1979). Effects of specific muscle training on VO₂ on-response and early blood lactate. *J Appl Physiol*, 47(4):761-9.
- Cheetham ME, Williams C, Lakomy HK (1985). A laboratory running test: metabolic responses of sprint and endurance trained athletes. *Br J Sports Med*, 19(2): 81-84.
- Chilibeck PD, Paterson DH, Petrella RJ, Cunningham DA (1996). The influence of age and cardiorespiratory fitness on kinetics of oxygen uptake. *Can J Appl Physiol*, 21(3): 1331-1338.
- Coe P (1983). Entrenamiento de un atleta de clase mundial de 800-1500 metros. *Congresso europeo entrenadores, médio fondo y fondo III. Cuadernos de Atletismo*, 12: 21-37.
- Coe S, Gandy G (1981). El secreto de Sebastian Coe: El entrenamiento en circuito. *Cuadernos de atletismo, meio fondo y fondo*, 1:29-35. RFEA
- Coen B, Schwarz L, Urhausen A, Kindermann W (1991). Control of training in middle- and long-distance running by means of the individual anaerobic threshold. *Int J Sports Med*, 12(6):519-524.
- Conley D, Krahenbuhl GS (1980). Running economy and distance running performance of highly trained athletes. *Med Sci Sports*, 12: 357-360.
- Conley KE, Kemper WF, Crowther GJ (2001). Limits to sustainable muscle performance: interaction between glycolysis and oxidative phosphorylation. *J Exp Biol*, 204: 3189-3194.

Referências Bibliográficas

- Costill DL, Thomason H, Roberts E (1973). Fractional utilization of the aerobic capacity during distance running. *Med Sci Sports Exerc*, 5: 248-252.
- Costill DL, Winrow E (1970). A comparison of two middle-aged ultramarathon runners. *Res Quart Exerc Sport*, 41: 135-139.
- Coyle EF, Feltner ME, Kautz SA, Hamilton MT, Montain SJ, Baylor AM, Abraham LD, Petrek GW (1991). Physiological and biomechanical factors associated with elite endurance cycling performance. *Med Sci Sports Exerc*, 23: 93-107.
- Craib MW, Mitchell VA, Fields KB, Cooper TR, Hopewell R, Morgan DW (1996). The association between flexibility and running economy in sub-elite male distance runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28 (6): 737-743.
- Craig IS, Morgan DW (1998). Relationship between 800-m running performance and accumulated oxygen deficit in middle-distance runners. *Med Sci Sports Exerc*, 30(11): 1631-1636.
- Crews DJ (1992). Psychological state and running economy. *Med Sci Sports Exerc*, Apr;24(4): 475-482
- Daniels J, Daniels N (1992). Running economy of elite male and elite female runners. *Med Sci Sports Exerc*, Apr;24(4): 483-489
- Daniels J, Scardina N, Hayes J, Foley P (1986). Elite and subelite female middle- and long-distance runners. In DM Landers (Eds.), *Sport and elite performers* (pp. 57-71). Champaign: Human Kinetics.
- Daouda A, (1995). El entrenamiento de los mediofondistas y fondistas Marroquies, para su actuacion En el Mindial de Goteborg. *Jornadas tecnicas. ENE – Real Federacion Española de Atletismo*.
- Daouda A, (1997). El meio fondo marroquí y el entrenamiento de El Guerrouj en la temporada 1996 – 1997. In *Cadernos de Atletismo*. 40:13 – 25.
- Dekerle J, Baron B, Dupont L, Vanvelcenaher J, Pelayo P (2003). Maximal lactate steady state, respiratory compensation threshold and critical power. *Eur J Appl Physiol*, 89(3-4): 281-288.
- DeLorey DS, Kowalchuk JM, Paterson DH (2003). Relationship between pulmonary O₂ uptake kinetics and muscle deoxygenation during moderate-intensity exercise. *J Appl Physiol*, 95(1):113-20.
- Demarle AP, Heugas AM, Slawinski JJ, Tricot VM, Koralsztein JP, Billat VL (2003). Whichever the initial training status, any increase in velocity at lactate threshold appears as a major factor in improved time to exhaustion at the same severe velocity after training. *Arch Physiol Biochem*, 111(2): 167-176.
- Demarle AP, Slawinski JJ, Laffite LP, Bocquet VG, Koralsztein JP, Billat VL (2001). Decrease of O₂ deficit is a potential factor in increased time to exhaustion after specific endurance training. *J Appl Physiol*, 90(3): 947-953.

Referências Bibliográficas

- Denadai BS, Ortiz MJ, Mello MT (2004). Índices fisiológicos associados com a “performance” aeróbia em corredores de “endurance”: efeitos da duração da prova. *Rev Bras Med Esporte*, 10(5):401-404.
- Di Prampero PE (1981). Energetics of muscular exercise. *Rev Physiol Biochem pharmacol*, 89: 141-222.
- Di Prampero PE (2003). Factors limiting maximal performance in humans. *Eur J Appl Physiol*, 90(3-4): 420-429.
- Di Prampero PE, Atchou G, Bruckner JC, Moia JC (1986). The energetics of endurance running. *Eur J Appl Physiol*, 55(3): 259-266.
- Di Prampero PE, Capelli C, Pagliaro P, Antonutto G, Girardis M, Zamparo P, Soule RG (1993). Energetics of best performances in middle-distance running. *J Appl Physiol*, 74(5): 2318-2324.
- Dirringer J (2003). La preparación de Mehdi Baala para el campeonato del mundo. In VI Jornadas Técnicas ENE – Extremadura.
- Dotan R, Rotstein A, Grodjinovsky A (1989). Effect of training load on OBLA determination. *Int J Sports Med*. Oct, 10(5): 346-351.
- Draper SB, Wood DM (2005). The VO₂ response for an exhaustive treadmill run at 800-m pace: a breath-by-breath analysis. *Eur J Appl Physiol*, 93(4):381-389.
- Draper SB, Wood DM, Fallowfield JL (2003). The VO₂ response to exhaustive square wave exercise: influence of exercise intensity and mode. *Eur J Appl Physiol*, 90(1-2): 92-99.
- Duffield R, Bishop D, Dawson B (2002). Comparison of the VO₂ response to 800-m, 1500-m and 3000-m track running events. *J Sports Med Phys Fitness*, 46(3): 353-360.
- Duffield R, Dawson B, Goodman C (2005). Energy system contribution to 400-metre and 800-metre track running. *J Sports Sci*, 23(3): 299-307.
- Duffield R, Dawson B, Goodman C (2005a). Energy system contribution to 1500- and 3000-metre track running. *J Sports Sci*, 23(10): 993-1002.
- Duffield R, Dawson B, Pinnington HC, Wong P (2004). Accuracy and reliability of a Cosmed K4b2 portable gas analysis system. *J Sci Sport*, 7(1): 11-22.
- Faina M, Billat V, Squadrone R, De Angelis M, Koralsztein JP, Dal Monte A (1997). Anaerobic contribution to the time to exhaustion at the minimal exercise intensity at which maximal oxygen uptake occurs in elite cyclists, kayakers and swimmers. *Eur J Appl Physiol*, 76(1): 13-20.
- Ferri A, Adamo S, La Torre A, Marzorati M, Bishop DJ, Miserocchi G (2011). Determinants of performance in 1,500-m runners. *Eur J Appl Physiol*, 112(8):3033-43.
- Foster C, Costill DL, Daniels JT, Fink WJ (1978). Skeletal muscle enzyme activity, fiber composition and VO₂ max in relation to distance running performance. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 15;39(2): 73-80.
- Foster C, Crowe MP, Holum D (1995). The bloodless lactate profile. *Med Sci Sports Exerc*, 27:927-933.

Referências Bibliográficas

- Frederick EC (1992). Economy of movement and endurance performance. In RJ Shephard, P-O Astrand (Eds), *Endurance in sport* (pp. 179-185). Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- Fujitsuka N, Yamamoto T, Ohkuwa T, Saito M, Miyamura M (1982). Peak blood lactate after short periods of maximal treadmill running. *Eur J Appl Physiol*, 48: 289-296.
- Gaesser GA, Poole DC (1996). The slow component of oxygen uptake kinetics in humans. *Exerc Sport Sci Rev*, 24:35-71.
- Gardner A, Osborne M, D'Auria S, Jenkins D (2003). A comparison of two methods for the calculation of accumulated oxygen deficit. *J Sports Sci*, 21(3): 155-162.
- Garland SW, Wang W, Ward SA (2006). Indices of electromyographic activity and the "slow" component of oxygen uptake kinetics during high-intensity knee-extension exercise in humans. *Eur J Appl Physiol*, 97(4):413-23.
- Gastin PB (1994). Quantification of anaerobic capacity. *Scand J Med Sci Sports*, 4(2): 91-112.
- Gastin PB, Lawson DL (1994). Influence of training status on maximal accumulated oxygen deficit during all-out cycle exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 69(4): 321-330.
- Gladden LB (2000). The role of skeletal muscle in lactate exchange during exercise: introduction. *Med Sci Sports Exerc*, 32(4):753-755.
- Gladden LB (2004). Lactate metabolism: a new paradigm for the third millennium. *J Physiol*, 1;558(Pt 1): 5-30.
- Gomes Pereira J (1992). Perfil metabólico do nadador de alto rendimento. Especificidade, valor preditivo e variabilidade da curva de acumulação de lactato. Dissertação de doutoramento (não publicado). Lisboa: UTL-FMH.
- Grant S, Craig I, Wilson J, Aitchison T (2001). The relationship between 3km running performance and selected physiological variables. *J Sports Sci*;15: 403-410.
- Grassi B, Poole DC, Richardson RS, Knight DR, Erickson BK, Wagner PD (1996). Muscle O₂ uptake kinetics in humans: implications for metabolic control. *J Appl Physiol*, 80(3): 988-98.
- Green HJ, Patia AE (1992). Maximal aerobic power: neuromuscular and metabolic consideration. *Med Sci Sports Exerc*, 24(1): 38-46.
- Green S, Dawson GB (1996). Methodological effects on the VO₂-power regression and the accumulated O₂ deficit. *Med Sci Sports Exerc*, 8(3): 392-397.
- Hagberg, JM, Hickson C, Ehsani AA, Holloszy, JO (1980). Faster adjustment to and recovery from submaximal exercise in the trained state. *J Appl Physiol* , 48 (2): 218-224.
- Hamann JJ, Kelley KM, Gladden LB (2001). Effect of epinephrine on net lactate uptake by contracting skeletal muscle. *J Appl Physiol*, 91(6): 2635-2641.
- Hanon C, Leveque JM, Thomas C, Vivier L (2008). Pacing strategy and V_{O2} kinetics during a 1500-m race. *Int. J. Sports Med*, 29: 206-211.

Referências Bibliográficas

- Hanon C, Levêque JM, Vivier L, Thomas C (2007). Oxygen uptake in the 1500 meters: New studies in athletics, 22(1): 15-22.
- Hanon C, Thomas C (2011). Effects of optimal pacing strategies for 400-, 800-, and 1500-m races on the VO₂ response. *J Sports Sci*, 29(9):905-12.
- Hanon C, Thomas C, Le Chevalier JM, Gajer B, Vandewalle H (2002). How does O₂ evolve during the 800m? *New studies in athletics*, 17:2; 61-68.
- Harridge SDR, Bottinelli R, Canepari M, Pellegrino M, Reggiani C, Esbjörnsson M, Balsom PD, Saltin B (1998). Sprint training, in vitro and in vivo muscle function, and myosin heavy chain expression. *J Appl Physiol*, 84(2): 442-449.
- Hauswirth C, Bigard AX, Le Chevalier JM (1997). The Cosmed K4 telemetry system as an accurate device for oxygen uptake measurements during exercise. *Int J Sports Med*, 18(6): 449-453.
- Helgerud J (1994). Maximal oxygen uptake, anaerobic threshold and running economy in women and men with similar performance level in marathons. *Eur J Appl Physiol*, 68(2): 155-16.
- Helgerud J, Engen L, Wisloff U, Off J (2001). Aerobic endurance training improves soccer performance. *Med Sci Sports Exerc*, 33(11): 1925-1931.
- Helgerud J, Ingjer F, Stromme F (1990). Sex differences in performance-matched marathon runners. *Eur J Appl Physiol*, 61: 433-439.
- Henriksson J (1977). Cellular metabolism and endurance. In RJ Shephard & P-O Astrand (Eds), *Endurance in sport* (pp. 46-60). Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- Hettinga FJ, De Koning JJ, Foster C (2009). VO₂ response in supramaximal cycling time trial exercise of 750 to 4000 m. *Med Sci Sports Exerc*, 41(1):230-6.
- Heugas AM, Nummela A, Amorim MA, Billat V (2007). Multidimensional analysis of metabolism contributions involved in running track tests. *J Sci and Med in Sport*, 10: 208-287.
- Hill DH (1999). Energy system contributions in middle-distance running events. *J Sports Sciences*, 17: 477-483.
- Hill DW, Davey KM, Stevens EC (2002). Maximal accumulated O₂ deficit in running and cycling. *Can J Appl Physiol*, 27(5): 463-478.
- Hill DW, Halcomb JN, Stevens EC (2003). Oxygen uptake kinetics during severe intensity running and cycling. *Eur J Appl Physiol*, 89(6):612-8.
- Hill DW, Rowell AL (1996). Running velocity at VO₂máx. *Med Sci Sports Exerc*, 28 (1): 114-119.
- Hill DW, Smith CG (1992). Calculation of aerobic contribution during high intensity exercise. *Res Quar Exerc Sport*, 63: 85-88.
- Hirai D, Okuno NM, Perandini LAB, Puga GM, Simões HG, Nakamura FY (2008). Cinética do consumo de oxigênio durante exercícios supramáximos: aplicação de modelos matemáticos. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 10(1):43-49.

Referências Bibliográficas

- Hirakoba K, Maruyama A, Inaki M, Misaka K (1992). Effect of endurance training on excessive CO₂ expiration due to lactate production in exercise. *Eur J Appl Physiol*, 64(1): 73-77.
- Hollmann W (2001). 42 years ago - development of the concepts of ventilatory and lactate threshold. *Sports Med*, (eds.) 31(5): 315-320.
- Houmard JA, Craib MW, O'Brien KF, Smith LL, Israel RG, Wheeler WS (1991). Peak running velocity, submaximal energy expenditure, VO₂máx, and 8km distance running performance. *J Sports Med Phys Fitness*, Sep;31(3): 345-350.
- Housh T, Johnson G, MCDowells S, Housh D, Pepper M (1992). The relationship between anaerobic running capacity and peak plasma lactate. *J Sports Med Phys Fitness*, 32 (2) : 117-122.
- Houston ME, Thomson JA (1977). The response of endurance-adapted adults to intense anaerobic training. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 15;36(3): 207-213.
- Hughson RL, O'Leary DD, Betik AC, Hebestreit H (2000). Kinetics of oxygen uptake at the onset of exercise near or above peak oxygen uptake. *J Appl Physiol*, 88(5): 1812-9.
- Hughson RL, Weisiger KH, Swanson GD (1987). Blood lactate concentration increases as a continuous function in progressive exercise. *J Appl Physiol*, 62(5): 1975-1981.
- Hurley BF, Hagberg JM, Allen WK, Seals DR, Young JC, Cuddihee RW, Holloszy JO (1984). Effect of training on blood lactate levels during submaximal exercise. *J Appl Physiol*, May;56(5): 1260-1264.
- Ide K, Schmalbruch IK, Quistorff B, Horn A, Secher NH (2000). Lactate, glucose and O₂ uptake in human brain during recovery from maximal exercise. *J Physiol*, 1;522 Pt 1: 159-164.
- Ingham SA, Carter H, Whyte GP, Doust JH (2007). Comparison of the oxygen uptake kinetics of club and olympic champion rowers. *Med Sci Sports Exerc*, 39(5):865-71.
- Ingham SA, Fudge BW, Pringle JS, Jones AM (2013). Improvement of 800-m running performance with prior high-intensity exercise. *Int J Sports Physiol Perform*, 8(1):77-83.
- Ivy JL, Withers RT, Van Handel PJ, Elger DH, Costill DL (1980). Muscle respiratory capacity and fiber type as determinants of the lactate threshold. *J Appl Physiol*, 48(3): 523-527.
- Jacobs I, Esbjornsson M, Sylven C, Holm I, Jansson E (1987). Sprint training effects on muscle myoglobin, enzymes, fiber types, and blood lactate. *Med Sci Sports Exerc*, 19(4): 368-374.
- Jones AM, Doust JH (1998). The validity of the lactate minimum test for determination of the maximal lactate steady state. *Med Sci Sports Exerc*, 30(8): 1304-13.
- Jones AM, Burnley M (2009). Oxygen uptake kinetics: an underappreciated determinant of exercise performance. *Int J Sports Physiol Perform*, 4(4):524-32.
- Jones AM, Koppo K (2005). Effect of training on VO₂ kinetics and performance. In Jones AM, Poole DC (Eds), *Oxygen uptake dynamics in sport, exercise and medicine* (pp. 373-397). London: Routledge.

Referências Bibliográficas

- Joyner MJ (1991). Modeling: optimal marathon performance on the basis of physiological factors. *J Appl Physiol*, 70(2): 683-687.
- Keith SP, Jacobs I, Mclellan TM (1992). Adaptation to training at individual anaerobic threshold. *Eur J Appl Physiol*, 65:316-23.
- Kilding AE, Winter EM, Fysh M (2006). A comparison of pulmonary oxygen uptake kinetics in middle- and long-distance runners. *Int J Sports Med*, 27(5):419-26.
- Koppo K, Bouckaert J, Jones AM (2004). Effects of training status and exercise intensity on phase II VO₂ kinetics. *Med Sci Sports Exerc*, 36(2):225-32.
- Krahenbuhl GS, Morgan DW, Praganzi R (1989). Longitudinal changes in distance running performance of young males. *Int J Sports Med*, 10: 92-96.
- Lacour JR (1996). Influence of body dimensions, sex and training on the energy cost of running. In: P. Marconnet; B. Saltin; P. Komi; J. Poortmans (eds.), pp.32-43. *Human Muscular Function*. Karger, Basel.
- Lacour JR, Bouvat E, Barthelemy JC (1990). Post-competition blood lactate concentrations as indicators of anaerobic energy expenditure during 400-m and 800-m races. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 61(3-4): 172-176.
- Lacour JR, Padilla S, Barthélémy JC, Dormois D (1990). The energetics of middle-distance running. *Eur J Appl Physiol*, 60: 38-43.
- Lake MJ, Cavanagh PR (1996). Six weeks of training does not change running mechanics or improve running economy. *Med Sci Sports Exerc*, 28 (7): 860-869.
- Léger L, Bakhouya K, Bourgeault S (1998). Optimization of progressive and continuous aerobic testing protocols. *Can J Appl Physiol*, 23:491
- Londeree BR (1997). Effect of training on lactate /ventilatory threshold: A meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc*, 29(3): 837-843.
- MacIntosh BR, Esau S, Svedahl K (2002). The lactate minimum test for cycling: estimation of the maximal lactate steady state. *Can J Appl Physiol*, 27(3): 232-249.
- Manuel B (1998). A estrutura da carga dos microciclos pré-competitivos e competitivos dos atletas portugueses de alto nível. *Revista Treino desportivo*, 5: 7-16.
- Manuel B (2001). "Passado, presente y futuro del médio fundo português" In: Seminario de entrenamiento de medias y largas distancias del centro de desarrollo regional (RDC) de Moscú.
- Manuel B (2004). A preparação olímpica. Planeamento anual do atleta Rui Silva 2003/2004. *Revista Treino Desportivo*, 40-41.
- Manuel B (2006). O planeamento do treino de Rui Silva. I Seminário internacional de atletismo. *Revista técnica da FPA*, nº2, pp:2-3.
- Marre F, Chanon R (1998). A propôs de entraînement de 800-1500m. *Amicale des entraineurs français d'athletisme*. 156: 29- 36.

Referências Bibliográficas

- Marth P, Woods R, Hill D (1998). Influence of time of day on Anaerobic capacity (Abstract). *Perceptual & Motor Skills*, 86: 592-594.
- Martin DE, Coe PN (1997). Entrenamiento para corredores de fondo y medio fondo. Editorial Paidotribo. 149-277
- Martin PE, Heise GD, Morgan DW (1993). Interrelationships between mechanical power, energy transfers, and walking and running economy. *Med Sci Sports Exerc*, 25(4): 508-515.
- Matveyev L (1986). Fundamentos do treino desportivo. Lisboa: Horizonte.
- Maud PJ, Shultz BB (1986)). Gender comparisons in anaerobic power and capacity tests. *Br J Sports Med*, 20(2): 51-54
- Mayes R, Hardman AE, Williams C (1987). The influence of training on endurance and blood lactate concentration during submaximal exercise. *Br J Sports Med*, 21(3):119-124.
- Mc Naughton LR, 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*, 23(2): 130-135.
- Mcardle W, Katch F, Katch V (1994). Energy expenditure during walking, running and swimming. In: *Essentials of Exercise Physiology*, part 4, Lea and Febiger (Eds). Philadelphia.
- Medbo J (1996). Is the maximal accumulated oxygen deficit an adequate measure of the anaerobic capacity? *Can J Appl Spt Sci*, 21(5): 370-383.
- Medbo J, Burgers S (1990). Effect of training on the anaerobic capacity. *Med Sci Sports Exerc*, 22(4): 501-507.
- Medbo JI, Mamen A, Holt Olsen O, Evertsen F (2000). Examination of four different instruments for measuring blood lactate concentration. *Scand J Clin Lab Invest*, 60(5): 367-380.
- Medbo JI, Mohn AC, Tabata I, Bahr R, Vaage O, Sejersted OM (1988). Anaerobic capacity determined by maximal accumulated O₂ deficit. *J Appl Physiol*, 64(1): 50-60.
- Medbo JI, Tabata I (1989). Relative importance of aerobic and anaerobic energy release during short-lasting exhausting bicycle exercise. *J Appl Physiol*, 67(5): 1881-1886.
- Medbo JI, Tabata I (1993). Anaerobic energy release in working muscle during 30 s to 3 min of exhausting bicycling. *J Appl Physiol*, 75(4):1654-1660.
- Megede & Hymans R (1995). Progression of world best performances and official IAAF world records, published by the International amateur athletic federation 45-58
- Morgan D, Baldini FD, Martin PE, Kohut WM (1989). Ten kilometer performance and predicted velocity at O₂máx among well –trained male runners. *Med Sci Sports Exerc*, Dez 21: 78-83.
- Morgan DW, Craig M (1992). Physiological aspects of running economy. *Med Sci Sports Exerc*, Apr, 24(4): 456-461.
- Morgan DW, Daniels JT (1994). Relationship between O₂máx and the aerobic demand of running in elite distance runners. *Int J Sports Med*, Oct;15(7): 426-429.

Referências Bibliográficas

- Morgan DW, Martin P, Krahenbuhl GS, Baldini F (1991). Variability in running economy and mechanics among trained male runners. *Med Sci Sports Exerc*, 23: 378-383.
- Mujika I, Goya A, Padilla S, Grijalba A, Gorostiaga E, Ibanez J (2000). Physiological responses to a 6-d taper in middle-distance runners: influence of training intensity and volume. *Med. Sci. Sports Exerc*, 32(2): 511-517
- Murase Y, Kobayashi K, Kamei S, Matsui H (1981). Longitudinal study of aerobic power in superior junior athletes. *Med Sci Sports Exerc*, 13(3):108-114.
- Myburgh KH (2003). What makes an endurance athlete world-class? Not simply a physiological conundrum. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol*, 136(1): 171-190.
- Nevill ME, Boobis LH, Brooks S, Williams C (1989). Effect of training on muscle metabolism during treadmill sprinting. *J Appl Physiol*, 67(6): 2376-2382.
- Newsholme EA (1986). Application of principles of metabolic control to the problem of metabolic limitations in sprinting, middle-distance, and marathon running. *Int J Sports Med*, 7: 66-70.
- Nicholson RM, Sleivert GG (2001). Indices of lactate threshold and their relationship with 10-Km running velocity. *Med Sci Sports Exerc*, 33(2): 339-342.
- Noakes TD (1988). Implications of exercise testing for prediction of athletic performance: a contemporary perspective. *Med Sci Sports Exerc*, 20: 319-330.
- Noakes TD (2000). Physiological models to understand exercise fatigue and the adaptations that predict or enhance athletic performance. *Scand J Med Sci Sports*, 10(3): 123-145.
- Noakes TD (2006). The limits of endurance exercise. *Basic Res Cardiol*, 101(5): 408-417.
- Noakes TD, Myburgh KH, Schall R (1990). Peak treadmill running velocity during the VO_2 max. test predicts running performance. *J Sports Sci*, 8(1): 35-45
- Norris SR, Petersen SR (1998). Effects of endurance training on transient oxygen uptake responses in cyclists. *J Sports Sci*, 16(8):733-8.
- Nummela AT, Paavolainen LM, Sharwood KA, Lambert MI, Noakes TD, Rusko HK (2006). Neuromuscular factors determining 5 km running performance and running economy in well-trained athletes. *Eur J Appl Physiol*, 97(1): 1-8.
- Olesen H and Secher N (1995). Letter to the editor: Oxygen deficit of sprinter and middle distance runners (reply). *Eur J Appl Physiol*, 70,194.
- Olesen HL (1992). Accumulated oxygen deficit increases with inclination of uphill running. *J Appl Physiol*, 73: 1130-1134.
- Olesen HL, Raabo E, Bangsbo J, Secher NH (1994). Maximal oxygen deficit of sprint and middle distance runners. *Eur J Appl Physiol*, 69(2): 140-146.
- Ortiz M J, Stella M T, Denadai B S (2003). Efeitos do treinamento aeróbico de alta intensidade sobre a economia de corrida em corredores de endurance. *R bras CI e Mov V*, 11 n°2 p.49-54.

Referências Bibliográficas

Padilla J, Martinez E, Olvera G, Cruz P, Perez D (2000). Cardiopulmonary Dynamics during a maximal exertion test in Mexican endurance athletes (Abstract). *Arch Ins Cardiol*, 70: 268-284.

Padilla S, Bourdin M, Barthélémy JC, Lacour JR (1992). Physiological correlates of middle-distance running performance. A comparative study between men and women. *Eur J Appl Physiol*, 65:561-566.

Pascual E (1993). El entrenamiento de Fermin Cacho, en el año post – Olímpico. In jornadas técnicas ENE-RFEA.

Pascual E (2006). El entrenamiento de 1500metros. Visión personal – entrenamiento de Reyes Estévez. Seminário internacional de atletismo.FPA – Oeiras Acrescentar na tese provisória e f

Pate RR, Macera CA, Bailey SP, Bartoli WP, Powell KE (1992). Physiological, anthropometric, and training correlates of running economy. *Med Sci Sports Exerc*, 24(10): 1128-1133.

Pate RR, Sparling P, Wilson G, Cureton K, Miller B (1987). Cardiorespiratory and metabolic responses to submaximal and maximal exercise in elite women distance runners. *Int J Sports Med*, 8 (Suppl.): 91-95.

Paterson DH, Whipp BJ (1991). Asymmetries of oxygen uptake transients at the on- and offset of heavy exercise in humans. *J Physiol*, 443:575-86.

Peronnet F, Thibault G (1989). Mathematical analysis of running performance and world running records. *J Appl Physiol*, 67: 453-465.

Peronnet F, Thibault G, Rhodes EC, McKenzie DC (1987). Correlation between ventilatory threshold and endurance capability in marathon runners. *Med Sci Sports Exerc*, 19(6): 610-615.

Petibois C, Cazorla G, Léger L (2001). Les analyses métaboliques dans le contrôle biologique de l'entraînement. *STAPS*, 54: 77-88.

Pfitzinger P, Freedson P (1997). Blood lactate responses to exercise in children. Part 2. Lactate threshold. In: *Pediatric exercise science, Human Kinetics* 9:299-307. Human Kinetic Publ.

Phillips SM, Green HJ, Macdonald MJ, Hughson RL (1995). Progressive effect of endurance training on VO₂ kinetics at the onset of submaximal exercise. *J Appl Physiol*, 79 (6): 1914-1920.

Pierce EF, Weltman A, Seip RL, Snead D (1990). Effects of training specificity on the lactate threshold and VO₂ peak. *Int J Sports Med*, Aug; 11(4): 267-272.

Pollock M, Jackson A, & Pate, R (1980). Discriminant analysis of physiological differences between good and elite distance runners. *Res Q Exerc Sport*, 51: 521-532.

Poole DC, Gaesser GA, Hogan MC, Knight DR, Wagner PD (1992). Pulmonary and leg VO₂ during submaximal exercise: implications for muscular efficiency. *J Appl Physiol*, 72(2):805-10.

Poole DC, Richardson RS (1997). Determinants of oxygen uptake. Implications for exercise testing. *Sports Med*, 24(5): 308-320.

Poole N (1999). Dave Moorcroft. Analysis of a champion. *BMC News official journal of the British milers' club*, 3(3): 6-12.

Referências Bibliográficas

Poole N (2003). How Steve Cram trains. BMC News official journal of the British milers'club, 3(15): 9-13.

Powers SK, Dodd S, Beadle RE (1985). Oxygen uptake kinetics in trained athletes differing in VO₂max. Eur J Appl Physiol, 54:306-308.

Pupo JD, Arins FB, Guglielmo LGA, Silva RCR, Moro ARP, Santos SG (2012). Índices fisiológicos e neuromusculares determinantes da performance de corredores velocistas e meio-fundistas. Rev Bras Ciênc Esporte, 34(1): 11-26.

Pyne DB, Boston T, Martin DT, Logan A (2000). Evaluation of the Lactate Pro blood lactate analyser. Eur J Appl Physiol, 82(1-2): 112-6.

Ramsbottom R, Nevill AM, Nevill ME, Newport S, Williams C (1994). Accumulated oxygen deficit and short-distance running performance. J Sports Sci, 12(5):447-53.

Reilly e Waterhouse (2009). Sports performance: is there evidence that the body clock plays a role? Eur J Appl Physiol, 106: 321-332.

Reis JF, Alves FB, Bruno PM, Vleck VE, Millet GP (2012). Effects of aerobic fitness on oxygen uptake kinetics in heavy intensity swimming. European Journal of Applied Physiology, 112(5):1689-97.

Reis JF, Alves FB, Bruno PM, Vleck VE, Millet GP (2012a). Oxygen uptake kinetics and middle distance swimming performance. Journal of Science and Medicine in Sport, 15(1):58-63.

Reis VM, Duarte JA, Espírito Santo J, Russel AP (2004). Determination of oxigen deficit during a 400m run. Journal of Exercise Physiology 7(2), 77-83.

Reis VM, Silva AJ, Ascensão A, Duarte JA (2005). Inclusion of exercise intensities above the lactate threshold in vo₂/running speed regression does not improve the precision of accumulated oxygen deficit estimation in endurance-trained runners. Journal of Sports Science and Medicine, 4: 455-462.

Reis, VM, Carneiro AL (2005). Metodologia de estimativa do deficit de oxigênio acumulado. R. Bras. Ci e Mov, 13(2): 7-15.

Renoux JC, Petit B, Billat V, Koralsztein JP (1999). Oxygen deficit is related to the exercise time to exhaustion at maximal aerobic speed in middle distance runners. Arch Physiol Biochem, 107(4): 280-285.

Richardson RS, Noyszewski EA, Leigh JS, Wagner PD (1998). Lactate efflux from exercising human skeletal muscle: role of intracellular PO₂. J Appl Physiol, 85(2): 627-634.

Rodas G, Calvo M, Estruch A, Garrido E, Ercilla G, Arcas A, Segura R, Ventura JL (1998). Heritability of running: a study made on twin brothers. Eur J Appl Physiol, 77(6): 511-516.

Rojo G (1996). Acondicionamento físico específico de los corredores de medio fondo y fondo. In cuadernos de atletismo, 38: 146-155.

Rojo G (1997). El entrenamiento de Reyes Estévez en la temporada 1996 – 97. In cuadernos de atletismo, 40: 43-59.

Referências Bibliográficas

Rossiter HB, Ward SA, Doyle VL, Howe FA, Griffiths JR, Whipp BJ (1999). Inferences from pulmonary O₂ uptake with respect to intramuscular [phosphocreatine] kinetics during moderate exercise in humans. *J Physiol*, 1;518 (Pt 3):921-32.

Russell A, Le Rossignol P, Snow R, Lo SK (2002). Improving the precision of the accumulated oxygen deficit using VO₂-power regression points from below and above the lactate threshold. *Journal of Exercise Physiology Online*, 5(1): 23-31.

Russell A, Wadley G, Snow R, Giacobino JP, Muzzin P, Garnham A, Cameron-Smith D (2002 a). Slow component of [V]O₂ kinetics: the effect of training status, fibre type, UCP3 mRNA and citrate synthase activity. *Int J Obes Relat Metab Disord*, 26(2):157-64.

Sahlin K, Henriksson J (1984). Buffer capacity and lactate accumulation in skeletal muscle of trained and untrained men. *Acta Physiol Scand*, 122(3): 331-339.

Saltin B (1990). Anaerobic capacity: past, present and prospective. In: Taylor A, Gollnick P, Green H, Ianuzzo C, Noble E, Métivier G, Sutton J, (Eds), *Biochemistry of exercise VII*, Champaign, Human Kinetics, pp 387-412.

Saltin B, Åstrand PO (1967). Maximal oxygen uptake in athletes. *J Appl Physiol*, 23: 353-8.

Saltin B, Kiens B, Savard G, Pederson PK (1986). Role of hemoglobin and capillarization for oxygen delivery and extraction in muscular exercise. *Acta Physiol Scand*, 128(Suppl. 556): 21-32.

Sandals LE, Wood DM, Draper SB, James DV (2006). Influence of pacing strategy on oxygen uptake during treadmill middle-distance running. *Int J Sports Med*, 27(1): 37-42.

Santos JAR (2002). Efeitos de um programa de treino de endurance em vários parâmetros biológicos, fisiológicos, antropométricos e motores: um estudo de caso. In: *Investigação ao atletismo*, p: 149-160. Santos PJM e Santos JAR editores. FCDF-Porto.

Santos JAR (2002). Estudo comparativo, fisiológico, antropométrico e motor entre meio fundistas e fundistas portugueses. In: *Investigação aplicada ao atletismo*, p: 79-97. Santos PJM e Santos JAR editores. FCDF. Porto.

Santos P (1995). Controlo do treino em corredores de meio fundo e fundo. Tese de doutoramento. FCDF-UP.

Santos P (1996). Relação entre a capacidade aeróbia e intensidade e o volume de corrida contínua em meio-fundo e fundo. *Rv. Atletismo*, 31-33.

Santos P, Kruger J (2002). Controlo do treino em meio fundo e fundo com base no limiar anaeróbio determinado em testes de terreno. In: *Investigação aplicada ao atletismo*, p: 137-47. Santos PJM e Santos JAR editores FCDF-Porto.

Santos P, Seixo P, Paiva M, Rolim R, Costa A (1994). The use of the 4 mmol/L lactate threshold in portuguese elite runners: a singular case study. In: *Proceedings of international congress on Applied Research in Sports*. Ago, Helsinki.

Saunders AC, Feldman HA, Correia CE, Weinstein DA (2005). Clinical evaluation of a portable lactate meter in type I glycogen storage disease. *J Inherit Metab Dis*, 28(5): 695-701.

Referências Bibliográficas

- Saunders PU, Pyne DB, Telford RD, Hawley JA (2004). Factors affecting running economy in trained distance runners. *Sports Med*, 34(7): 465-485.
- Scheuermann BW, Barstow TJ (2003). O₂ uptake kinetics during exercise at peak O₂ uptake. *J Appl Physiol*, 95(5):2014-22.
- Scheuermann BW, Hoelting BD, Noble ML, Barstow TJ (2001). The slow component of O₂ uptake is not accompanied by changes in muscle EMG during repeated bouts of heavy exercise in humans. *J Physiol*, 15;531(Pt 1):245-56.
- Schurr A, Miller JJ, Payne RS, Rigor BM (2006). An increase in lactate output by brain tissue serves to meet the energy needs of glutamate-activated neurons. *J Neurosci*, 1;19(1): 34-39.
- Scott CB, Roby FB, Lhoman TG, Bunt JC (1991). The maximally accumulated oxygen deficit as an indicator of anaerobic capacity. *Med Sci Sports Exerc*, 23(5): 618-624.
- Secher NH (1993). Physiological and biomechanical aspects of rowing. Implications for training. *Sports Med*, 15(1): 24-42.
- Serres S, Bouyer JJ, Bezancon E, Canioni P, Merle M (2003). Involvement of brain lactate in neuronal metabolism. *NMR Biomed*, 16(6-7): 430-439.
- Serresse O, Ama PF, Simoneau JA, Lortie G, Bouchard C, Boulay MR (1989). Anaerobic performances of sedentary and trained subjects. *Can J Sport Sci*, 14(1): 46-52.
- Shephard RJ (2000). Consumo máximo de oxigênio. In: *La resistencia en el deporte*, cap 19, Paidotribo dirigida por Shephard RJ & Astrand P-O Paidotribo, 2^a ed.
- Silva VG (1987). "Rankings masculino". Para a história do atletismo português. Federação Portuguesa de Atletismo.
- Simoës HG, Grubert Campbell CS, Kokubun E, Denadai BS, 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 Occup Physiol*, 80(1): 34-40.
- Sjödín B, Jacobs I (1981). Onset of blood lactate accumulation and marathon running performance. *Int J Sports Med*, 2(1): 23-26.
- Sjödín B, Svedenhag J (1985). Applied physiology of marathon running. *Sports Med*, 2: 83-99.
- Sloniger M, Cureton K, Prior M, Evans E (1997). Anaerobic capacity and muscle activation during horizontal and uphill running. *J. Appl. Physiol*, 83: 262-269.
- Smith CG, Jones AM (2001). The relationship between critical velocity, maximal lactate steady-state velocity and lactate turnpoint velocity in runners. *Eur J Appl Physiol*, 85(1-2): 19-26.
- Spencer MR, Gatin PB (2001). Energy system contribution during 200- to 1500-m running in highly trained athletes. *Med Sci Sports Exerc*, 33(1):157-62.
- Spencer MR, Gatin PB, Payne WR (1996). Energy system contribution during 400 to 1500 metres running. *New Studies in Athletics*, 11:59-65.

Referências Bibliográficas

- Spiriev B (2011). IAAF Scoring tables of athletics (updated by Attila Spiriev). IAAF Multiprint: Monaco.
- St Clair Gibson A, Lambert MI, Hawley JA, Broomhead SA, Noakes TD (1999). Measurement of maximal oxygen uptake from two different laboratory protocols in runners and squash players. *Med Sci Sports Exerc*, Aug; 31(8): 1226-1229.
- Stainsby WN (1986). Biochemical and physiological bases for lactate production. *Med Sci Sports Exerc*, 18(3): 341-343.
- Stegmann H, Kindermann W, Schnabel A (1981). Lactate kinetics and individual anaerobic threshold. *Int J Sports Med*, 2(3): 160-165.
- Svedenhag J (1992). Endurance conditioning. In: J Shephard, P.O. Åstrand (eds.), *Endurance in Sports*, pp, 290-97. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Svedenhag J (2001). Running economy. In Bangsbo J, Larsen HB (Eds.), *Running and science* (pp. 85-108). Copenhagen: Institute of Exercise and Sport Sciences.
- Svedenhag J, Sjodin B (1985). Physiological characteristics of elite male runners in and off-season. *Can J Appl Spt Sci*, 10(3): 127-133.
- Svedenhag J, Sjodin B (1994). Body-mass-modified running economy and step length in elite male middle-and long-distance runners. *Int J Sports Med*, Aug; 15(6): 305-310.
- Tanaka K, Matsuura Y, Matsuzaka A, Hirakoba K, Kumagai S, Sun So, Asano K (1984). A longitudinal assessment of anaerobic threshold and distance running performance. *Med Sci Sports Exerc*, Jun; 16(3): 278-282.
- Tanaka K, Watanabe H, Konishi Y, Mitsuzono R, Sumida S, Tanaka S, Fukuda T, Nakadomo F (1986). Longitudinal associations between anaerobic threshold and distance running performance. *Eur J Appl Physiol*, 55(3): 248-252.
- Tharp GD, Johnson GO, Thorland WG (1984). Measurement of anaerobic power and capacity in elite young track athletes using the Wingate test. *J Sports Med Phys Fitness*, 24(2): 100-106.
- Thoden JS (1991). Testing aerobic power. In JD MacDougall, HA Wenger, HJ Green (Eds.), *Physiological testing of the high-performance athlete* (pp. 107-170). Champaign: Human Kinetics.
- Thomas C, Hanon C, Le Chevalier JM, Couturier A, Vandewalle H (2003). Estimation de la contribution énergétique d'origine aérobie et anaérobie et de sa répartition au cours d'un 800 m couru sur le mode compétition. *Science et sports*, 18(1): 32-33.
- Thomson J, Garvie K (1981). A laboratory method for determination of anaerobic energy expenditure during sprinting. *Can. J. Appl. Sport Sci*, 6: 21-26.
- Tokmakidis S, Léger LA, Piliandis TC (1998). Failure to obtain a unique threshold on the blood lactate concentration curve during exercise. *Eur J Appl Physiol*, 77: 333-342.
- Urhausen A, Coen B, Weiler B, Kindermann W (1993). Individual anaerobic threshold and maximum lactate steady state. *Int J Sports Med*, 14(3): 134-139.

Referências Bibliográficas

- Vandewalle H, Peres G, Monod H (1987). Standard anaerobic exercise tests. *Sports Med*, 4(4): 268-289.
- Walsh ML, Banister EW (1988). Possible mechanisms of the anaerobic threshold. A review. *Sports Med*, 5(5): 269-302.
- Ward-Smith A (1985). A mathematical theory of running, based on the first law of thermodynamics and its application to the performance of world-class athletes. *J Biomech*, 18: 337-349.
- Wasserman K (1994). Coupling of external to cellular respiration during exercise: the wisdom of the body revisited. *Am J Physiol*, 266(4 Pt 1): E519-539.
- Wasserman K, Whipp BJ, Koyl SN, Beaver WL (1973). Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. *J Appl Physiol*, 35(2): 236-243.
- Weber CL, Schneider DA (2001). Reliability of MAOD measured at 110% and 120% of peak oxygen uptake for cycling. *Med Sci Sports Exerc*, 33(6):1056-9.
- Weyand PG, Cureton K, Conley D, Higbie E (1993). Peak oxygen deficit during one-and two-legged cycling in men and women. *Med. Sci.Sports Exerc*, 25: 584-591.
- Weyand PG, Cureton KJ, Conley DS, Sloniger MA, Liu YL (1994). Peak oxygen deficit predicts sprint and middle-distance track performance. *Med Sci Sports Exerc*, 26(9):1174-1180.
- Whipp BJ (1994). Peripheral chemoreceptor control of exercise hyperpnea in humans. *Med Sci Sports Exerc*, 26(3): 337-347.
- Whipp BJ, Ward SA (1990). Physiological determinants of pulmonary gas exchange kinetics during exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 22(1): 62-71.
- Whipp BJ, Wasserman K (1969). Oxygen uptake kinetics for various intensities of constant-load work. *J Appl Physiol*, 33(3): 351-356.
- Whipp BJ, Wasserman K (1972). Oxygen uptake kinetics for various intensities of constant-load work. *J Appl Physiol*, 33(3):351-6.
- Wilkerson DP, Berger NJ, Jones AM (2006). Influence of hyperoxia on pulmonary O₂ uptake kinetics following the onset of exercise in humans. *Respir Physiol Neurobiol*, 153(1):92-106.
- Wilkerson DP, Campbell IT, Jones AM (2004). Influence of nitric oxide synthase inhibition on pulmonary O₂ uptake kinetics during supra-maximal exercise in humans. *Physiol J*, 561(Pt 2):623-35.
- Williams JR, Armstrong N (1991). The influence of age and sexual maturation on children's blood lactate responses to exercise. *Pediatr Exerc Sci*, 3: 111-120.
- Williams KR, Cavanagh PR (1987). Relationship between distance running mechanics, running economy, and performance. *J Appl Physiol*, 63: 1236-1245.
- Wilson H (1983). Preparación de los corredores de 1500 metros. Congreso europeo de entrenadores, médio fondo y fondo III. In *cuadernos de atletismo*, 12: 11-19.

Referências Bibliográficas

Withers RT, Van Der Ploeg G, Finn JP (1993). Oxygen deficits incurred during 45, 60, 75 and 90-s maximal cycling on an air-braked ergometer. *Eur J Appl Physio*, 67: 185-191.

Wyatt FB (1999). Comparison of lactate and ventilatory threshold to maximal oxygen consumption: a meta-analysis. *J Strength Cond Res*, 13 (1): 67-71.

Yoshida T, Udo M, Iwai K, Yamaguchi T (1993). Physiological characteristics related to endurance running performance in female distance runners. *J Sports Sci*, Feb;11(1): 57-62.

ANEXOS



Anexos

Atletas do grupo A (800m)

Atletas	MMP/s	MME/s	Idade	Altura	MC(kg)
A	1.44,91 (104,91)	1.45,90 (105,90)	26.2	1.73	60.0
B	1.46,54 (106,54)	1.48,23 (108,23)	23.5	1.82	76.0
C	1.48,52 (108,52)	1.49,93 (109,93)	24.0	1.78	62.0
D	1.49,63 (109,63)	1.49,63 (109,63)	20.0	1.90	75.0
E	1.47,98 (107,98)	1.49,72 (109,72)	29.9	1.83	65.0
F	1.47,67 (107,67)	1.48,73 (108,73)	26.2	1.77	66.0
G	1.45,59 (105,59)	1.46,71 (106,71)	25.4	1.87	76.0
H	1.47,46 (107,46)	1.47,46 (107,46)	21.0	1.77	65.0
I	1.50,00 (110,00)	1.50,00 (110,00)	19.4	1.72	65.0
J	1.50,00 (110,00)	1.50,64 (110,64)	18.7	1.69	53.0
	1:47.83±1.78	1:48.70±1.58	23.4±3.6	1.79±0.07	66.3±7.5

Legenda: MMP = Melhor marca pessoal; MME = Melhor marca da época; MC = Massa corporal

Anexos

Atletas do grupo B (800m)

Atletas	MMP/s	MME/s	Idade	Altura	MC(kg)
A	1.48,34 (108,34)	1.52,90 (112,90)	29.0	1.90	68.0
B	1.48,80 (108,80)	1.51,83 (111,83)	33.2	1.75	69.0
C	1.46,94 (106,94)	1.51,83 (111,83)	31.6	1.75	61.0
D	1.52,64 (112,64)	1.52,64 (112,64)	24.9	1.82	65.0
E	1.56,61 (116,61)	1.56,51 (116,51)	18.6	1.79	61.0
F	1.56,18 (116,18)	1.57,21 (117,21)	20.2	1.88	66.0
G	1.54,00 (114,00)	1.54,00 (114,00)	20.5	1.80	64.0
H	1.53,80 (113,80)	1.53,80 (113,80)	21.9	1.85	57.0
I	1.53,93 (113,93)	1.53,93 (113,93)	26.2	1.63	53.0
J	1.53,73 (113,73)	1.53,73 (113,73)	26.0	1.70	66.0
L	1.55,50 (115,55)	1.55,00 (115,00)	20.1	1.70	66.0
M	1.53,88 (113,88)	1.53,88 (113,88)	21.7	1.77	66.0
N	1.51,73 (111,73)	1.51,73 (111,73)	22.5	1.81	70.0
	1:52.78±3.04	1:53.80±1.81	24.3±4.6	1.78±008	64.0±5.1

Legenda: MMP = Melhor marca pessoal; MME = Melhor marca da época; MC = Massa corporal

Anexos

Atletas do grupo A (1500m)

Atletas	MMP/s	MME/s	Idade	Altura	MC(kg)	
A	3.30,07 (210,07)	3.30,09 (210,09)	26.2	1.73	60.0	
B	3.46,66 (226,66)	3.46,66 (226,66)	24.0	1.78	62.0	
C	3.46,40 (226,40)	3.46,70 (226,70)	29.0	1.90	68.0	
D	3.39,68 (219,68)	3.44,11 (224,11)	29.9	1.83	65.0	
E	3.34,37 (214,37)	3.36,60 (216,60)	26.2	1.77	66.0	
F	3.37,20 (217,20)	3.41,14 (221,14)	33.2	1.75	69.0	
G	3.34,20 (214,20)	3.41,14 (221,14)	31.6	1.75	61.0	
H	3.41,17 (221,17)	3.41,17 (221,17)	25.4	1.87	76.0	
I	3.43,49 (223,49)	3.43,49 (223,49)	24.9	1.82	65.0	
J	3.46,81 (226,81)	3.46,81 (226,81)	20.5	1.80	64.0	
L	3.42,62 (222,62)	3.42,62 (222,62)	26.0	1.70	67.0	
M	3.45,71 (225,71)	3.45,71 (225,71)	20.1	1.70	66.0	
N	3.43,96 (223,96)	3.43,96 (223,96)	22.5	1.81	70.0	
			3:41.00±5.38	26.1±4.0	1.79±0.06	66.1±4.2

Legenda: MMP = Melhor marca pessoal; MME = Melhor marca da época; MC = Massa corporal

Anexos

Atletas do grupo B (1500m)

Atletas	MMP/s	MME/s	Idade	Altura	MC(kg)
A	3.47,72 (227,72)	3.50,15 (230,15)	23.5	1.82	76.0
B	3.44,98 (224,98)	3.51,66 (231,66)	20.0	1.90	75.0
C	3.40,26 (220,26)	3.47,57 (227,57)	32.2	1.72	62.0
D	3.45,45 (225,45)	3.48,45 (228,45)	26.2	1.75	71.0
E	3.51,47 (231,47)	3.51,47 (231,47)	21.0	1.77	65.0
F	3.52,22 (232,22)	3.52,22 (232,22)	19.4	1.72	65.0
G	3.47,03 (227,03)	3.47,03 (227,03)	18.7	1.69	53.0
H	3.55,75 (235,75)	3.55,75 (235,75)	18.6	1.79	61.0
I	3.52,13 (232,13)	3.52,13 (232,13)	20.2	1.88	66.0
J	3.53,46 (233,46)	3.53,46 (233,46)	18.9	1.64	53.0
L	3.48,38 (228,38)	3.48,38 (228,38)	19.6	1.75	60.0
M	3.51,51 (231,51)	3.51,51 (231,51)	22.3	1.78	60.0
N	3.50,55 (230,55)	3.50,55 (230,55)	21.9	1.85	57.0
O	3.49,69 (229,69)	3.50,22 (230,22)	26.2	1.63	52.0
P	3.46,54 (226,54)	3.46,54 (226,54)	21.7	1.77	66.0

3:4
9.43±6.25 22.0±3.7 1.76±0.08 62.8±7.48

Legenda: MMP = Melhor marca pessoal; MME = Melhor marca da época; MC = Massa corporal

Anexos

Indicadores aeróbios e anaeróbios dos atletas do grupo A (800m)

	$\dot{V}O_2\text{max}$	VAM	V_4	V_2	MaxLa	%AER	Def O_2 Ac	Cesub	V600m
A	1 ^a - 63,71	6,83	5,48	5,09	14,4	84	36,2	0,149	7,36
	2 ^a - 70,45	6,03	5,32	4,95	14,6	72	34,74	0,179	7,41
B	1 ^a - 62,83	5,75	5,2	4,6	13,7	68	40,7	0,167	7,28
	2 ^a - 68,23	5,85	4,94	4,36	14,8	53,9	52,65	0,18	7,4
C	1 ^a - 59,49	5,63	4,53	4,18	14,2	61	42,7	0,158	7,3
	2 ^a - 62,44	5,37	4,68	4,19	13,7	71,6	37,5	0,173	7,11
D	1 ^a - 60,08	5,71	5,04	4,99	13,4	69,53	31,08	0,155	7,2
	2 ^a - 59,69	5,26	5,03	4,49	14,7	60,28	44,09	0,174	7,27
E	1 ^a - 59,8	6,05	5,24	4,92	13,3	73,2	27,67	0,158	7,26
	2 ^a - 61,57	5,86	5,14	4,69	15,9	84	26,8	0,163	7,52
F	1 ^a - 69,19	5,7	5,18	4,75	15,7	----	----	0,188	7,16
	2 ^a - 65,13	6,13	5,21	4,27	14,2	77,5	----	0,163	7,24
G	1 ^a - 50,24	6,5	4,6	3,87	15,1	89	----	0,139	7,44
	2 ^a - 61,91	5,35	4,73	4,05	16,1	68	39,2	0,179	7,53
H	1 ^a - 65,49	5,69	4,81	4,29	13,7	61	43,85	0,178	7,33
	2 ^a - ----	----	----	----	----	----	----	----	----
I	1 ^a - 62,67	5,38	5	4,06	11,1	60,15	45,3	0,179	6,8
	2 ^a - 63,34	5,64	4,65	4,1	12,1	67,75	35,41	0,17	6,98
J	1 ^a - 67,07	5,43	4,93	4,55	14,6	58,29	49,81	0,19	7
	2 ^a - 61,96	5,32	4,76	4,32	14,6	68,41	34,87	0,168	7,06

Anexos

Indicadores aeróbios e anaeróbios dos atletas do grupo B (800m)

	$\dot{V}O_2\text{max}$	VAM	V_4	V_2	MaxLa	%AER	Def O_2 Ac	Cesub	V600m
A	1ª- 66,64	6,17	4,99	4,39	13,4	61,6	41,04	0,16	7,26
	2ª- 60,62	5,49	5,12	4,38	13,9	54	50,1	0,17	7,52
B	1ª- 64,83	6,29	5,36	4,75	13,8	68	33,11	0,16	6,92
	2ª- 66,67	6,27	5,59	4,97	13,6	76	25,6	0,17	6,96
C	1ª- 70,78	6,78	5,48	5,18	15,7	----	----	0,16	----
	2ª- 84,56	6,23	5,41	4,83	----	77,58	----	0,22	----
D	1ª- 67,68	5,68	5,2	4,71	13,4	61	45,5	0,18	6,9
	----	----	----	----	----	----	----	----	----
E	1ª- 60,99	5,78	4,96	4,89	11,8	70,22	30,65	0,15	6,8
	2ª- 65,56	6,03	5,28	4,61	13	71,12	31,12	0,16	6,96
F	1ª- 62,67	5,38	5	4,06	11,1	60,15	45,3	0,17	6,8
	2ª- 63,34	5,64	4,65	4,1	12,1	67,75	35,41	0,17	6,98
G	1ª- 74,59	5,93	5,12	4,52	11	60	50,41	0,20	6,9
	2ª- 62,35	5,26		4,55	15,1	68,7	36,26	0,17	6,95
H	1ª- 66,09	5,05	4,09	4,03	13,2	53,3	66,22	0,20	7
	2ª- 64,37	5,64	4,54	4,49	13,6	60,1	45,61	0,17	7,2
I	1ª- 69,17	6,13	5,13	4,64	10,9	71	----	0,17	6,7
	2ª- 62,28	5,85		4,86	11,4	69	31,1	0,16	6,7
J	1ª- 71,48	5,91	5,26	4,9	13,4	70	36	0,18	7,06
	2ª- 76,28	6,1	5,24	4,96	15,9	62,17	47,17	0,21	7,08
L	1ª- 71,45	6,43	5,09	4,6	15,1	93	33	0,14	6,79
	2ª- 71,19	5,84	4,42	3,99	13	83	21	0,18	6,94
M	1ª- 69,62	5,39	4,55	3,88	14,9	65,5	37,94	0,14	6,87
		5,76	4,16	3,69	15	85	30,85	0,18	6,8
N	57,68	6,04	4,95	----	13	64,9	37,9	0,16	7,28
	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Indicadores aeróbios e anaeróbios dos atletas do grupo A (1.500m)

Anexos

	$\dot{V}O_2\text{max}$	VAM	V_4	V_2	MaxLa	%AER	DefO ₂ Ac	Cesub	V600m
A	1 ^a - 63,71	6,83	5,48	5,09	14,4	84	36,2	0,14	7,36
	2 ^a - 70,45	6,03	5,32	4,95	14,6	72	34,74	0,17	7,41
B	1 ^a - 59,49	5,63	4,53	4,18	14,2	61	40,7	0,15	7,3
	2 ^a - 62,44	5,37	4,68	4,19	13,7	71,64	32,22	0,17	7,11
C	1 ^a - 66,64	5,17	4,99	4,39	13,4	61,6	41,04	0,16	7,26
	2 ^a - 60,62	5,49	5,12	4,38	19,9	54	50,1	0,17	7,26
D	1 ^a - 59,8	6,05	5,24	4,92	13,3	73,2	27,67	0,15	7,26
	2 ^a - 61,57	5,86	5,14	4,69	15,9	84	26,8	0,16	7,52
E	1 ^a - 69,19	5,7	5,18	4,75	15,7	-----	----	0,18	7,16
	2 ^a - 65,13	6,13	5,21	4,27	14,2	77,58	23,56	0,16	7,24
F	1 ^a - 70,78	6,78	5,48	5,18	15,7	----	----	0,16	----
	2 ^a - 84,56	6,23	5,41	4,83	----	----	----	0,22	----
G	1 ^a - 71,48	7,1	5,47	4,41	----	86	----	0,15	7,03
	2 ^a - 62,35	7,05	5,32	4,71	13,5	83	----	0,14	----
H	1 ^a - 50,24	6,5	4,6	3,87	15,1	89	----	0,13	7,44
	2 ^a - 61,91	5,35	4,73	4,05	16,1	68	34,81	0,17	7,53
I	1 ^a - 67,68	5,6	5,2	4,71	13,4	61	45,5	0,18	6,9
	----	----	----	----	----	----	----	----	----
J	1 ^a - 74,59	5,93	5,12	4,52	11	60	50,41	0,20	6,9
	2 ^a - 62,35	5,26	5,1	4,55	15,1	68,7	36,26	0,17	6,95
L	1 ^a - 71,4	6,43	5,09	4,6	15,1	93	37,9	0,14	6,79
	2 ^a - 71,19	5,84	4,42	3,99	13	83	21	0,18	6,94
M	1 ^a - 69,62	6,39	4,55	3,88	14,9	65,5	48,6	0,17	6,87
	2 ^a - 63,4	5,76	4,16	3,69	15	85	41,7	0,17	6,8
N	57,68	6,04	4,95	----	13	71,8	37,9	0,18	7,28
	----	----	---	----	----	----	----	----	----

Anexos

Indicadores aeróbios e anaeróbios dos atletas do grupo B (1.500m)

	$\dot{V}O_2\text{max}$	VAM	V_4	V_2	MaxLa	%AER	DefO ₂ Ac	Cesub	V600m
A	1ª- 62,83	5,75	5,02	4,6	13,7	68	34,74	0,16	7,28
	2ª- 68,23	5,85	4,94	4,36	14,8	53,9	52,65	0,18	7,4
B	1ª- 60,08	5,71	5,04	4,99	13,4	69,53	31,08	0,15	7,2
	2ª- 59,69	5,26	5,03	4,49	14,7	60,28	44,09	0,17	7,27
C	1ª- 64,83	6,29	5,36	4,75	13,8	68	33,11	0,16	6,92
	2ª- 66,67	6,27	5,59	4,97	13,6	76	25,6	0,17	6,96
D	1ª- 72,38	6,31	5,19	4,74	13,2	76	----	0,18	----
	2ª- 79,17	6,41	5,24	5,11	13	76	29,24	0,19	6,58
E	1ª- 65,49	5,69	4,81	4,29	13,7	61	43,85	0,17	7,33
	----	----	----	----	----	----	----	----	----
F	1ª- 62,67	5,38	5	4,06	11,1	60,15	45,3	0,17	6,8
	2ª- 63,34	5,64	4,65	4,1	12,1	67,7	35,41	0,17	6,98
G	1ª- 67,07	5,43	4,93	4,55	14,6	58,29	40,81	0,19	7
	2ª- 61,96	5,32	4,76	4,32	14,6	68,41	34,87	0,16	7,06
H	1ª- 60,99	5,78	4,96	4,89	11,8	70,22	30,65	0,15	6,8
	2ª- 65,56	6,03	5,28	4,61	13	71,12	31,12	0,16	6,96
I	1ª- 65,49	5,78	5,15	4,41	12,9	56,99	46,76	0,17	6,9
	2ª- 60,23	5,99	5,31	4,62	12,9	46,14	53,36	0,15	6,87
J	1ª- 75,56	5,8	4,92	4,75	12,9	68,62	40,22	0,20	6,6
	2ª- 74,32	5,14	4,58	3,91	13,4	79,41	21,78	0,16	6,66
L	1ª- 66,38	5,64	5,08	4,81	13,2	64	42	0,17	6,84
	2ª- 63,07	5,79	5,46	4,58	11,8	70,29	29,73	0,17	6,83
M	1ª- 71,4	5,91	5,26	4,9	13,4	70	36	0,18	7,0
	2ª- 76,28	6,1	5,24	4,96	15,9	62,17	46,17	0,20	7,08
N	1ª- 66,09	5,05	4,09	4,03	13,2	53,34	66,22	0,20	7
	2ª- 64,37	5,64	4,54	4,49	13,6	60,1	45,61	0,17	7,02
O	1ª- 69,17	6,13	5,13	4,64	10,9	71	----	0,17	6,7
	2ª- 62,28	5,85	5,5	4,86	11,4	69	31,1	0,16	6,7
P	1ª- 57,68	6,04	4,95	----	13	64,9	29,44	0,16	7,28
	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Anexos

Característica das velocidades de corrida na prova de 800m, do grupo A

800 A	CCL1	CCL2	CCM1	CCM2	CCR1	CCR2	IPAEX1	IPAEX2	IPAIN1	IPAIN2
A	3:45	3:50	3:20	3:25	3:57	3:03	2:40	2:40	2:33	2:35
B	4:05	4:00	3:40	3:36	3:17	3:13	2:45	2:46	2:37	2:38
C	4:00	3:58	3:45	3:48	3:30	3:28	2:52	3:01	2:42	2:51
D	3:55	3:53	3:35	3:33	3:15	3:13	3:00	3:04	2:50	2:54
E	3:55	4:00	3:30	3:35	3:04	3:09	2:50	2:50	2:40	2:40
F	3:58	3:46	3:32	3:26	3:08	3:06	2:50	2:38	2:40	2:28
G	4:00	4:00	3:40	3:40	3:25	3:15	2:50	2:50	2:40	2:40
H	4:10		3:45		3:25		2:50		2:40	
I	4:40	4:10	3:20	3:50	3:15	3:30	3:05	2:56	3:00	2:46
J	3:57	4:05	3:37	3:45	3:17	3:25	3:10	3:02	3:00	2:52
Méd	4:2	3:58	3:34	3:37	3:21	3:15	2:53	2:51	2:44	2:42
DP	0:14	0:07	0:09	0:08	0:14	0:09	0:09	0:09	0:09	0:08

Anexos

Característica das velocidades de corrida na prova de 800m, do grupo B

800 B	CCL1	CCL2	CCM1	CCM2	CCR1	CCR2	IPAEX1	IPAEX2	IPAINT1	IPAINT2
A	4:10	4:00	3:45	3:35	3:20	3:10	2:45	2:55	2:37	2:45
B	3:50	3:45	3:25	3:20	3:00	2:55	2:50	2:48	2:40	2:38
C	3:50	3:55	3:25	3:30	3:00	3:05	2:40	2:35	2:35	2:30
D	3:50	3:55	3:25	3:30	3:00	3:05	2:38	2:35	2:35	2:30
E	4:01	4:02	3:41	3:42	3:21	3:22	3:02	3:04	2:52	2:54
F	4:00		3:33		3:07		2:51		2:41	
G	3:54	4:10	3:34	3:29	3:14	3:09	2:58	3:04	2:48	2:48
H	3:54	3:43	3:34	3:23	3:14	3:03	3:00	2:41	2:50	2:31
I	4:48	4:53	3:23	3:28	2:58	3:03	2:52	2:49	2:42	2:39
J	3:52	3:38	3:32	3:18	3:12	3:00	2:52	2:47	2:42	2:37
L	4:10	3:35	3:45	3:50	3:23	3:10	2:50	2:59	2:40	2:49
M	3:50		3:30		3:10		2:53		2:43	
N	4:10	4:05	4:00	3:55	3:45	3:35	2:55	2:52	2:45	2:42
Méd.	4:01	3:58	3:34	3:32	3:12	3:08	2:51	2:49	2:42	2:40
DP	0:16	0:21	0:10	0:11	0:12	0:11	0:07	0:10	0:05	0:08

Anexos

Característica das velocidades de corrida na prova de 1500m, do grupo A

1500 A	CCL1	CCL2	CCM1	CCM2	CCR1	CCR2	IPAEX1	IPAEX2	IPAINT1	IPAINT2
A	3:45	3:50	3:20	3:25	2:57	3:03	2:40	2:40	2:33	2:35
B	4:00	3:58	4:45	3:48	3:30	3:28	2:52	3:01	2:42	2:51
C	4:10	4:00	3:45	3:35	3:20	3:10	2:45	2:55	2:37	2:45
D	3:55	4:00	3:30	3:35	3:04	3:09	2:50	2:50	2:40	2:40
E	3:58	3:46	3:32	3:26	3:08	3:06	2:50	2:38	2:40	2:28
F	3:50	3:50	3:25	3:25	3:00	3:00	2:35	2:35	2:30	2:30
G	3:50	3:55	3:25	3:30	3:00	3:05	2:33	2:38	2:35	2:30
H	4:00	4:00	3:40	3:40	3:25	3:15	2:50	2:50	2:40	2:40
I	4:00		3:33		3:07		2:51		2:41	
J	3:54	4:10	3:34	3:29	3:14	3:09	2:58	2:58	2:48	2:48
L	4:00	4:05	3:35	3:40	3:10	3:15	2:50	2:44	2:40	2:36
M	4:10	4:35	3:45	3:50	3:23	3:10	2:50	2:59	2:40	2:49
N	4:05	4:10	3:45	3:50	3:30	3:35	2:50	2:55	2:40	2:45
Méd.	3:58	4:01	3:39	3:36	3:12	3:12	2:47	2:48	2:38	2:39
DP	0:07	0:12	0:21	0:09	0:11	0:10	0:07	0:09	0:04	0:07

Anexos

Característica das velocidades de corrida na prova de 1500m, do grupo B

1500 B	CCL1	CCL2	CCM1	CCM2	CCR1	CCR2	IPAEX1	IPAEX2	IPAINT1	IPAINT2
A	4:05	4:00	3:40	3:36	3:17	3:13	2:45	2:46	2:37	2:38
B	3:55	3:53	3:35	3:33	3:15	3:13	3:00	3:04	2:50	2:54
C	3:50	3:45	3:25	3:20	3:00	2:55	2:50	2:48	2:40	2:38
D	4:00	3:55	3:35	3:30	3:10	3:05	2:45	2:43	2:35	2:33
E	4:10		3:45		3:25		2:50		2:40	
F	3:40	4:10	3:20	3:50	3:15	3:30	3:00	2:56	3:05	2:46
G	3:57	4:05	3:37	3:45	3:17	3:25	3:10	3:02	3:00	2:52
H	4:01	4:02	3:41	3:42	3:21	3:22	3:02	3:04	2:52	2:54
I	3:54	3:43	3:34	3:23	3:14	3:03	3:00	2:41	2:50	2:31
J	4:04	4:02	3:44	3:52	3:24	3:32	2:57	3:02	2:47	2:52
L	3:52	3:38	3:32	3:18	3:12	3:05	2:52	2:47	2:42	2:37
M	3:45	3:47	3:25	3:27	3:05	3:07	2:41	2:45	2:31	2:35
N	3:57	4:05	3:37	3:55	3:17	3:35	3:25	2:52	3:15	2:42
O	4:48	4:53	3:23	3:28	2:58	3:03	2:52	2:49	2:42	2:39
P	3:50		3:30		3:10		3:33		2:43	
Méd.	3:59	3:59	3:33	3:35	3:13	3:14	2:58	2:52	2:47	2:42
DP	0:15	0:18	0:07	0:12	0:07	0:12	0:14	0:08	0:11	0:08