



# Universidade do Porto

Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física

## Estudo longitudinal do rendimento e de parâmetros da carga (interna e externa), em corredores de 3000m.

Dissertação apresentada às provas de doutoramento no ramo de Ciências do Desporto, nos termos do Dec. Lei nº 216/92 de 13 de Outubro.

**José Augusto Afonso Bragada**

Orientadores:

**Prof. Dr. Paulo Jorge Miranda Santos**

**Prof. Dr. José António Ribeiro Maia**

**Porto 2003**

Com o apoio do:



Bragada, JAA (2003): Estudo longitudinal do rendimento e de parâmetros da carga (interna e externa), em corredores de 3000m. Dissertação apresentada às provas de doutoramento. Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física. Universidade do Porto.

**Palavras-chave:**

CONSUMO MÁXIMO DE OXIGÉNIO ( $VO_{2max}$ ),  
ECONOMIA DE CORRIDA (EC),  
LIMIAR ANAERÓBIO ( $LA_n$ ),  
VELOCIDADE CORRESPONDENTE AO  $VO_{2max}$  ( $VelVO_{2max}$ ),  
MEIO-FUNDO,  
TREINO.

**À minha Família**

AGRADECIMENTOS .....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	X
ÍNDICE DE QUADROS.....	XI
ABREVIATURAS .....	XIV
RESUMO.....	XV
ABSTRACT .....	XVI
RESUME .....	XVII
1. INTRODUÇÃO GERAL .....	1
1.1. OBJECTIVO E HIPÓTESE GERAL .....	5
1.2. ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO .....	6
2. METODOLOGIA GERAL.....	9
2.1. AMOSTRA .....	9
2.2. CRONOGRAMA GERAL DAS AVALIAÇÕES.....	10
2.3. JUSTIFICAÇÃO DA OPÇÃO DOS PROTOCOLOS UTILIZADOS NA AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS DE NATUREZA FISIOLÓGICA .....	12
2.4. PROCEDIMENTOS ESTATÍSTICOS .....	13
3. ESTABILIDADE E MUDANÇA NO RENDIMENTO NA PROVA DE 3000m .....	14
3.1. INTRODUÇÃO .....	14
3.2. OBJECTIVO .....	15
3.3. HIPÓTESES .....	15
3.3.1. Fundamentação das hipóteses.....	15
3.4. METODOLOGIA.....	17

3.4.1.	Procedimentos para a análise da modificação do rendimento, na prova de 3000m, em grupos de atletas, de diferentes países, com idades compreendidas entre os 17 e os 23 anos.....	17
3.5.	APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS .....	18
3.5.1.	Resultados relativos ao estudo das Alterações do rendimento em função do tempo.....	18
3.5.2.	Resultados relativos ao estudo do <i>tracking</i> .....	23
3.6.	DISCUSSÃO .....	25
3.6.1.	Alteração dos valores do rendimento em função do tempo .....	25
3.6.2.	O <i>tracking</i> do rendimento no grupo .....	29
3.7.	CONCLUSÕES .....	30
4.	ESTABILIDADE E MUDANÇA NO CONSUMO MÁXIMO DE OXIGÉNIO ( $VO_{2max}$ ), NA VELOCIDADE CORRESPONDENTE AO $VO_{2max}$ ( $VELVO_{2max}$ ), NO LIMiar ANAERÓBIO (LAn) E NA ECONOMIA DE CORRIDA (EC). .....	32
4.1.	INTRODUÇÃO .....	32
4.2.	A EC.....	32
4.2.1.	Conceito e avaliação .....	32
4.2.2.	Factores determinantes da EC.....	34
4.2.2.1.	Varição intraindividual.....	35
4.2.2.2.	Género .....	35
4.2.2.3.	Idade .....	36
4.2.2.4.	Superfície da corrida e condições ambientais.....	37
4.2.2.5.	Massa corporal.....	38
4.2.2.6.	Fadiga.....	39
4.2.2.7.	Treino.....	39
4.2.2.8.	Aspectos biomecânicos .....	40
4.2.2.9.	Outros aspectos .....	43
4.3.	O LAn.....	44
4.3.1.	Conceito e avaliação .....	44
4.3.2.	Efeito do treino no LAn .....	48
4.4.	O $VO_{2max}$ .....	49
4.4.1.	Conceito e avaliação .....	49
4.4.2.	Factores determinantes do $VO_{2max}$ .....	51
4.4.2.1.	Procedimentos metodológicos .....	51
4.4.2.2.	O potencial genético .....	52

4.4.2.3.	Idade .....	53
4.4.2.4.	Género .....	54
4.4.2.5.	Efeito do treino no VO2max .....	55
4.5.	A VELVO2max .....	57
4.5.1.	Conceito e avaliação .....	57
4.6.	OBJECTIVO .....	60
4.7.	HIPÓTESES .....	60
4.7.1.	Fundamentação das hipóteses .....	60
4.8.	METODOLOGIA .....	69
4.8.1.	Procedimentos de determinação do LAn .....	70
4.8.2.	Procedimentos de determinação da EC .....	71
4.8.3.	Procedimentos de determinação do VO2max e VelVO2max ...	73
4.9.	APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS .....	74
4.9.1.	Resultados relativos ao estudo das alterações dos parâmetros fisiológicos em função do tempo .....	74
4.9.2.	Resultados relativos ao estudo do <i>tracking</i> .....	80
4.10.	DISCUSSÃO .....	85
4.10.1.	Alterações dos parâmetros fisiológicos em função do tempo	85
4.10.2.	O <i>tracking</i> dos parâmetros fisiológicos no grupo .....	97
4.11.	CONCLUSÕES .....	98
5.	A MUDANÇA NOS PARÂMETROS EXTERNOS DA CARGA DE TREINO .....	100
5.1.	INTRODUÇÃO .....	100
5.2.	OBJECTIVO .....	101
5.3.	HIPÓTESE .....	102
5.3.1.	Fundamentação da hipótese .....	102
5.4.	METODOLOGIA .....	103
5.4.1.	Procedimentos de recolha dos dados do processo de treino.	103
5.5.	APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS .....	104
5.6.	DISCUSSÃO .....	109
5.7.	CONCLUSÕES .....	114
6.	SÍNTESE .....	119

7.	BIBLIOGRAFIA .....	124
8.	ANEXOS .....	141

## Agradecimentos

Ao Prof. Dr. Paulo Santos e ao Prof. Dr. José Maia pela prestimosa orientação, pela incondicional disponibilidade, pela competência e pela sua amizade.

Ao Dr. Paulo Colaço pela sua colaboração, principalmente na fase inicial do trabalho no estabelecimento de contactos com os treinadores e atletas.

À Prof. Dra. Véronique Billat pelas suas opiniões, nomeadamente aquando da definição dos procedimentos de avaliação dos parâmetros fisiológicos.

Aos colegas e amigos da Escola Superior de Educação de Bragança (ESEB) pelo apoio e ânimo constantes.

Ao Conselho Directivo da Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física (FCDEF) e da ESEB pelo apoio prestado, principalmente, na aquisição de material necessário para a avaliação dos atletas.

A todo Departamento de Biologia do Desporto da FCDEF pela sua amizade, incentivo, apoio e pela dispensa do laboratório para a realização dos testes.

### Aos treinadores:

- Amadeu Gomes
- Carlos Costa
- Carlos Dinis Fernandes
- Eduardo Fonseca
- João Campos
- Joaquim Cruz
- Mário Cunha
- Paulo Colaço
- Serafim Gadelho

Pela disponibilidade na cedência dos planos de treino dos seus atletas, pelo tempo dispendido e pela sua amizade.

Aos atletas:

- Bruno Saramago
- Fernando Silva
- Filipe Pedro
- Hugo Santos
- João Pedro
- José Araújo
- Juan Oliveira
- Licínio Pimentel
- Marco Torres
- Óscar Granadeiro
- Paulo Rio
- Pedro Carrasco
- Pedro Cruz
- Pedro Ribeiro
- Pedro Sábio
- Renato Silva
- Rui Fernandes
- Sérgio Coutinho
- Sérgio Ferreira

Pela sua disponibilidade na realização dos diferentes testes e pela amizade que se foi estabelecendo ao longo do tempo.

Por fim, mas não em último lugar, queria agradecer a toda a minha família pelo seu encorajamento. Mais particularmente: À Olinda pelo incentivo, apoio, compreensão e trabalho suplementar que teve de realizar no acompanhamento dos nossos filhos; Aos meus pais pela afeição, ternura e estímulo sempre evidenciados, não tanto pelas palavras mas pelos actos perceptíveis na sua vida exemplar.

# Índice de Figuras

Número	Legenda	Página
<b>Figura 1.</b>	Caixas de “bigodes” referentes às distribuições do rendimento dos atletas nos diferentes pontos do tempo. ....	19
<b>Figura 2.</b>	Gráfico “spargueti plot” da modificação individual do rendimento na prova de 3000m em função do tempo. ....	20
<b>Figura 3.</b>	Representação gráfica dos valores médios ( $\pm dp$ ) da velocidade na prova de 3000m (em km/h), no decurso dos 6 momentos (VPROVA1 a VPROVA6), distribuídos periodicamente pelas duas épocas desportivas consecutivas. ....	21
<b>Figura 4.</b>	Percentagem de variação da velocidade na prova de 3000m, da 1ª para a 2ª época. O valor médio individual, em cada época, foi determinado a partir da média das 3 avaliações efectuadas nesse período. Os sujeitos estão ordenados por nível crescente de rendimento (média das 6 avaliações). Os valores negativos significam que o sujeito piorou o seu rendimento na época seguinte. ....	22
<b>Figura 5.</b>	Formas directas e indirectas de determinação do LAn. PSE- percepção subjectiva do esforço; FC – frequência cardíaca; MaxLaSS – estado de equilíbrio máximo de lactato. ....	45
<b>Figura 6.</b>	Gráficos “spargueti plot” relativos aos valores individuais de cada parâmetro fisiológico (LAn, EC, VO2 e Vel VO2max) nos 6 momentos de avaliação. ....	75
<b>Figura 7.</b>	Percentagem de variação individual, dos 4 parâmetros fisiológicos, da 1ª para a 2ª época. A variação foi calculada subtraindo à média das três avaliações da 2ª época, a média das três avaliações da 1ª época. Os atletas estão ordenados, de forma crescente, em função do rendimento médio individual na prova. ....	76
<b>Figura 8.</b>	Representações gráficas dos valores médios ( $\pm dp$ ) da EC, LAn, VO2max e VelVO2max, nos diferentes momentos de avaliação. ....	78
<b>Figura 9.</b>	Gráficos “spargueti plot” dos valores individualizados nos três parâmetros externos (VOLSEM, INTCC e PERCTI) em função do tempo. Os valores iguais a zero na PERCTI reflectem a ausência de treino intervalado. ....	105
<b>Figura 10.</b>	Valores médios ( $\pm dp$ ) do VOLSEM, INTCC e da PERCTI nos 6 momentos de avaliação. ....	107
<b>Figura 11.</b>	Percentagem de variação individual, dos 3 parâmetros da carga externa, da 1ª para a 2ª época. A variação foi calculada subtraindo à média das três avaliações da 2ª época, a média das três avaliações da 1ª época. Os atletas estão ordenados, de forma crescente, em função do rendimento médio individual na prova. ....	108
<b>Figura 12.</b>	Representação gráfica da relação entre o volume e a intensidade da corrida contínua, em atletas de MF e fundo. Adaptado de Mader e Heck (152). ....	110
<b>Figura 13.</b>	Representação gráfica do modelo desenvolvido por Mader e Heck, que estabelece a dependência entre o volume médio da corrida contínua (expresso em km/sem) e a intensidade (expressa em % da V4), em atletas de MF e fundo, no qual estão projectados os valores dos diferentes momentos, do nosso estudo. Pode observar-se que nos momentos 3 e 5 os valores caem fora da faixa definida pelos autores. Adaptado de Mader e Heck (152). ....	111

## Índice de quadros

Número	Legenda	Página
<b>Quadro 1 -</b>	Características gerais da amostra, na primeira avaliação. ....	9
<b>Quadro 2 -</b>	Características da amostra, relativamente a alguns parâmetros fisiológicos e de rendimento, no início do estudo (decorrentes da primeira avaliação).....	10
<b>Quadro 3 -</b>	Cronograma geral do estudo. ....	11
<b>Quadro 4 -</b>	Objectivos e características fundamentais de cada teste. ....	11
<b>Quadro 5 -</b>	Exemplos de autores que utilizaram protocolos semelhantes na avaliação dos diversos parâmetros utilizados no nosso estudo.....	13
<b>Quadro 6 -</b>	Valores da velocidade da prova de 3000m (VPROVA) nos 6 momentos ao longo de duas épocas consecutivas. ....	21
<b>Quadro 7 -</b>	Valores da auto-correlação (correlação de Pearson) do rendimento entre os diferentes momentos. ....	23
<b>Quadro 8 -</b>	Valores de corte de cada tercil (km/h), em cada momento de avaliação do desempenho na prova de 3000m. ....	24
<b>Quadro 9 -</b>	Número de vezes que cada um dos sujeitos ocupa em determinado canal, bem como do valor de K, calculado individualmente.....	24
<b>Quadro 10 -</b>	Resultados estatísticos da comparação das médias nos diferentes anos (one way ANOVA), em diferentes <i>rankings</i> nacionais, constituídos por corredores com idades compreendidas entre os 17 e os 23 anos.....	27
<b>Quadro 11 -</b>	Variação média anual ( $\pm dp$ ), valor máximo e mínimo, em segundos, dos tempos da prova de 3000m, em corredores com idades compreendidas entre os 17 e os 23 anos, provenientes de diferentes <i>rankings</i> .....	27
<b>Quadro 12 -</b>	Sentido tendencial das alterações ocorridas nos grupos de corredores com idades compreendidas entre os 17 e os 23 anos, provenientes de diferentes <i>rankings</i> , em função do tempo. ....	27
<b>Quadro 13 -</b>	Algumas definições e formas de avaliação da VelVO <sub>2</sub> max.....	58
<b>Quadro 14 -</b>	Tabela utilizada nos testes de terreno para determinação da V <sub>4</sub> . Podem ser observados os tempos de passagem correspondentes às velocidades utilizadas nos vários patamares.....	71
<b>Quadro 15 -</b>	Valores médios ( $\pm dp$ ) e extremos da totalidade da amostra, para os vários parâmetros fisiológicos, em cada uma das 6 avaliações. ....	77
<b>Quadro 16 -</b>	Resultados estatísticos da apreciação das alterações dos valores das medidas repetidas da EC, do LAn, do VO <sub>2</sub> max e da VelVO <sub>2</sub> max, em função do tempo. ....	79

<b>Quadro 17 -</b>	Valores de correlação (Pearson) entre a velocidade na prova de 3000m (vprova) e os parâmetros fisiológicos EC, LAn, VO2max e VelVO2max, em cada um dos 6 momentos, no decurso de duas épocas consecutivas.....	79
<b>Quadro 18 -</b>	Valores da auto-correlação (correlação de Pearson) da EC entre os diferentes momentos. ....	80
<b>Quadro 19 -</b>	Valores da auto-correlação (correlação de Pearson) da LAn entre os diferentes momentos. ....	80
<b>Quadro 20 -</b>	Valores da auto-correlação (correlação de Pearson) do VO2max entre os diferentes momentos. ....	81
<b>Quadro 21 -</b>	Valores da auto-correlação (correlação de Pearson) da VelVO2max entre os diferentes momentos. ....	81
<b>Quadro 22 -</b>	Valores de corte de cada tercil, em cada um dos parâmetros, ao longo dos seis momentos distribuídos em função do tempo. Uma vez que os valores foram divididos em três canais (tercis), os dois valores de corte foram 33,3 e 66,6%. ....	82
<b>Quadro 23 -</b>	Valores do Kappa, para o grupo e respectiva associação qualitativa.....	82
<b>Quadro 24 -</b>	Número de vezes que cada sujeito ocupou determinado canal, ao longo dos seis momentos, bem como os valores do K individual ( $K_{ind}$ ), na EC e no LAn. Os atletas estão ordenados de forma crescente, de acordo com o nível do rendimento médio na prova de 3000m.....	83
<b>Quadro 25 -</b>	Número de vezes que cada sujeito ocupou em determinado canal, ao longo dos seis momentos, bem como os valores do Kappa individual ( $K_{ind}$ ), na VO2max e na VelVO2max. Os atletas estão ordenados de forma crescente, de acordo com o nível do rendimento médio na prova de 3000m. .	84
<b>Quadro 26 -</b>	Valores do VO2max em corredores de MF, referidos noutros estudos .....	86
<b>Quadro 27 -</b>	Valores da EC em corredores de MF, referidos noutros estudos .....	87
<b>Quadro 28 -</b>	Valores do LAn em corredores de MF, referidos noutros estudos.....	88
<b>Quadro 29 -</b>	Valores da VelVO2max em corredores de MF, referidos noutros estudos .....	89
<b>Quadro 30 -</b>	Valores médios ( $\pm dp$ ) da relação percentual entre a velocidade na corrida de 3000m e a VelVO2max, observada no grupo de corredores do nosso estudo nos diferentes momentos.....	90
<b>Quadro 31 -</b>	Resumo de estudos que apreciaram as modificações no VO2max em corredores de MF, durante um determinado período de tempo.....	91
<b>Quadro 32 -</b>	Resumo de estudos que apreciaram as modificações na EC em corredores de MF, durante um determinado período de tempo.....	91
<b>Quadro 33 -</b>	Resumo de estudos que apreciaram as modificações no LAn em corredores de MF, durante um determinado período de tempo.....	92
<b>Quadro 34 -</b>	Resumo de estudos que apreciaram as modificações na VelVO2max em corredores de MF, durante um determinado período de tempo.....	92

<b>Quadro 35</b> - Valores médios, desvio padrão, valor mínimo* e máximo, do VOLSEM, INTCC e PERCTI, em cada uma das 6 avaliações. ....	106
<b>Quadro 36</b> - Resultados estatísticos após a submissão dos valores do VOLSEM, da INTCC e da PERCTI dos diferentes momentos a um teste de medidas repetidas.....	109

## Abreviaturas

bpm – Batimentos cardíacos por minuto

CO<sub>2</sub> – Dióxido de carbono

dp – Desvio padrão

EC – Economia de corrida

FC – Frequência cardíaca

FCMax – Frequência cardíaca máxima

INTCC – Intensidade média da corrida contínua

Km/sem – Quilómetros por semana

LAn – Limiar anaeróbio

MaxLaSS - estado de equilíbrio máximo de lactato

M1 ... M6 – Momento 1... Momento 6

PERCTI – Percentagem do volume de treino intervalado relativamente ao volume de treino semanal total

PSE – Percepção subjectiva do esforço

R – Quociente respiratório

VelVO<sub>2max</sub> – Velocidade correspondente ao VO<sub>2max</sub>.

VO<sub>2max</sub> – Consumo máximo de oxigénio

VO<sub>2</sub> – Consumo de oxigénio

VOLSEM – Volume de treino semanal total

VPROVA – Velocidade na prova de corrida de 3000m

V4 – Velocidade a que ocorre uma concentração de lactato sanguíneo de 4 mmol/L

## Resumo

O presente estudo teve como **objectivo** estudar, simultaneamente, as alterações no rendimento na prova de 3000m, em parâmetros fisiológicos considerados determinantes do rendimento desportiva (consumo máximo de oxigénio -  $VO_{2max}$ , limiar anaeróbio - LAn, velocidade a que ocorre o  $VO_{2max}$  -  $VelVO_{2max}$  e economia de corrida - EC) e em parâmetros do processo de treino (volume de treino semanal total - VOLSEM, intensidade da corrida contínua - INTCC e percentagem de treino intervalado relativamente ao volume total - PERCTI), num grupo de corredores de MF, ao longo de duas épocas desportivas.

Nesse sentido, a **metodologia** baseou-se na avaliação periódica de 18 corredores de meio fundo (MF). As suas principais características, aquando do início do estudo eram as seguintes: mais que dois anos de treino regular;  $20 \pm 3$  anos;  $64,1 \pm 6,2$  Kg de peso corporal;  $175 \pm 5$  cm de altura; rendimento na prova de corrida de 3000m =  $19,9 \pm 1,5$  km/h;  $V4 = 17,7 \pm 1,4$  km/h;  $VO_{2max} = 70,4 \pm 9,0$  ml/kg/min;  $VelVO_{2max} = 19,8 \pm 1,4$  km/h;  $EC = 207 \pm 18$  ml/kg/min.  $VOLSEM = 81 \pm 32$  km/sem;  $INTCC = 84 \pm 8\%$ ;  $PERCTI = 7 \pm 6\%$ . Cada corredor foi avaliado 6 vezes (3 em cada época – Novembro, Março e Julho), durante duas épocas consecutivas. Foi usado um teste de medidas repetidas (General Linear Model – repeated measures, SPSS 10,0), para averiguação das alterações em função do tempo. O *tracking* foi pesquisado pela determinação do Kappa de Cohen (Longitudinal Data Analysis software) e pelo estudo da auto-correlação (correlação de Pearson). A  $V4$  foi determinada por interpolação linear, a partir de um teste de terreno em pista. A determinação da concentração de lactato foi feita no analisador YSI 1500 Sport. As trocas respiratórias foram avaliadas respiração-a-respiração por intermédio do analisador Metalyser 3B – Córtext, em tapete rolante. A EC foi calculada a partir da recta de regressão que associa os valores do  $VO_2$  com as respectivas velocidades de corrida. O  $VO_{2max}$  e a  $VelVO_{2max}$  foram avaliados no seguimento do teste da EC, após 5-8 min de descanso, em teste incremental até à exaustão. A  $VelVO_{2max}$  foi determinada pela observação do patamar a que ocorre o  $VO_{2max}$ . A recolha dos dados do processo de treino (VOLSEM, INTCC e PERCTI) foi realizada por inquérito retrospectivo. O rendimento na prova de 3000m foi avaliado, sempre que possível, em corrida oficial, ou em competição particular.

As principais **conclusões** foram as seguintes: Não ocorrerem modificações significativas nos valores médios do rendimento da prova de 3000m, nos parâmetros fisiológicos LAn, EC,  $VelVO_{2max}$ , nem no VOLSEM e PERCTI. Os restantes,  $VO_{2max}$  e INTCC, modificaram-se significativamente, mas com tendência para decrescer ao longo do tempo. Para além disso, verificou-se uma forte estabilidade (*tracking*) nos valores do rendimento, LAn e  $VelVO_{2max}$ , visível pela constatação de elevados valores de auto-correlação e do Kappa. Estes factos revelam uma forte canalização daquelas variáveis, dentro do grupo, em função do tempo. O grau e o tipo de associação entre a modificação da prestação na corrida e a variação das outras variáveis não ficaram esclarecidos, pois não ocorreram alterações significativas do rendimento ao longo do tempo.

## Abstract

The **purpose** of the present study was to document, simultaneously, changes in 3000m running performance, in physiological parameters (maximal oxygen uptake -  $VO_{2max}$ , Running Economy - RE, velocity at  $VO_{2max}$  –  $VelVO_{2max}$  and lactate threshold - Lan) and in parameters of training process (total weekly training volum - VOLSEM, intensity of continuous running - INTCC and percentage of interval training - PERCTI) in a group of male middle distance runners, during two seasons.

**Methodology:** 18 well trained male middle distance runners, were evaluated and showed at beginning of the study the following characteristics: over 2 years regular training;  $20 \pm 3$  years old;  $64,1 \pm 6,2$  Kg of body mass;  $175 \pm 5$  cm of height;  $VO_{2max} = 70,4 \pm 9,0$  ml/kg/min;  $VelVO_{2max} = 19,8 \pm 1,4$  km/h; RE =  $207 \pm 18$  ml/kg/min; V4 =  $17,7 \pm 1,4$  km/h; VOLSEM =  $81 \pm 32$  km/week; INTCC =  $84 \pm 8\%$ ; PERCTI =  $7 \pm 6\%$ ; 3000m distance running performance =  $19,9 \pm 1,5$  km/h; Each runner was evaluated 6 times (3 times per year – November, March and July) throughout 2 consecutives years. The General Linear Model (SPSS 10,0) was used for asserting the alterations in function of time. The study of the tracking was made by determination of index Kappa (k) of Cohen (Longitudinal Data Analysis software), and by studying the auto-correlation (Pearson correlation). The V4 was determined by linear interpolation, from a land test, carried out in track. The determination of the blood lactate concentration was made in analyzer YSI 1500 Sport. The respiratory exchanges were evaluated (breath-by-breath), with the Metalyser analyzer 3B, of the Cortex in treadmill. The determination of the EC (ml/kg/km), at an intensity of 90% of the V4, was made from recta of regression that associates the values of the  $VO_2$  with the race speed. The  $VO_{2max}$  and the  $VelVO_{2max}$  were evaluated after EC test in incremental test until exhaustion. The  $VelVO_{2max}$  was determined by the observation of the first level at which  $VO_{2max}$  occurs. The training process data (VOLSEM, INTCC and PERCTI) was made by retrospective inquiry. 3000m running performance was obtained in official competition when possible, or in particular competition when not.

**Conclusions:** The more important aspect was that, in this runners group, we didn't find significant changes in average values in 3000m running performance, as well as in physiologic parameters (EC,  $VEL VO_{2max}$  and V4), either in the training process (VOLSEM and PERCTI). The remainder parameters ( $VO_{2max}$  and INTCC) showed significant modifications, but with a tendency to decrease in function of time. Through we found a strong stability in 3000m running performance, as well as in  $VelVO_{2max}$  and V4, showed by the high values of k indices and auto-correlation. These facts display a strong canalization of the athletes in those variables, inside the group, i.e. the athletes tend to remain in the same tercil of the distribution during the whole time. The association between (level and type) 3000m running performance alterations and the remaining variables wasn't clear, because significant alterations didn't occur during the study time.

## Résumé

La présente étude a eu comme principal **objectif** d'étudier, simultanément, les modifications dans la performance dans l'épreuve des 3000m, selon les paramètres physiologiques considérés déterminants de la prestation sportive (consommation maximale d'oxygène -  $VO_{2max}$ , seuil lactique - LAn, vitesse associée à  $VO_{2max}$  -  $VelVO_{2max}$  et économie de course - EC), et selon les paramètres du processus d'entraînement (volume d'entraînement hebdomadaire total - VOLSEM, intensité de la course continue - INTCC et pourcentage d'entraînement à intervalle relativement au volume total - PERCTI), dans un groupe de coureurs de MF, au long de deux saisons sportives.

**Méthodologie:** Dans ce sens, 18 coureurs de MF ont été évalués périodiquement. Leurs principales caractéristiques, au début de l'étude étaient les suivantes: plus de deux ans d'entraînement régulier; âgés de 20 à 23 ans; entre 64,1 et 62,2 kg de poids corporel;  $175 \pm 5$  cm de taille; rendement dans l'épreuve de course des 3000 m =  $19,9 \pm 1,5$  km/h;  $V_4 = 17,7 \pm 1,4$  km/h;  $VO_{2max} = 70,4 \pm 9,0$  ml/kg/min;  $VelVO_{2max} = 19,8 \pm 1,4$  km/h.  $EC = 207 \pm 18$  ml/kg/min.  $VOLSEM = 81 \pm 32$  km/sans;  $INTCC = 84 \pm 8\%$ ;  $PERCTI = 7 \pm 6\%$ . Chaque athlète a été évalué 6 fois (3 dans chaque saison - Novembre, Mars et Juillet), pendant deux saisons consécutives. On a utilisé le test de mesures répétées (Général Linear Model - repeated measures, SPSS 10,0), pour l'évaluation des modifications en fonction du temps. Le tracking a été recherché par la détermination du Kappa de Cohen (Longitudinale Data Analysis logiciel) et par l'étude de l'auto-corrélation (Corrélation de Pearson). La  $V_4$  a été déterminé par interpolation linéaire, à partir d'un test de terrain sur la piste. La détermination de la concentration de lactate sanguin a été faite à l'analyseur YSI 1500 Sport. Les échanges respiratoires ont été évalués, respiration à respiration, par l'intermédiaire de l'analyseur Metalyser 3B - Cortex, sur tapis roulant. L'EC a été calculée à partir de la ligne droite qui associe les valeurs du  $VO_2$  avec les respectives vitesses de course. Le  $VO_{2max}$  et la  $VelVO_{2max}$  ont été évalués à la suite du test de l'EC après 5-8 min de repos, par un test de croissance jusqu'à l'épuisement. La  $VelVO_{2max}$  a été déterminée par l'observation de la plate-forme où se produit le  $VO_{2max}$ . Le recueil des données du processus d'entraînement (VOLSEM, INTCC et PERCTI) a été réalisé par enquête rétrospective. La prestation dans l'épreuve des 3000 m a été évaluée, chaque fois que cela a été possible dans une course officielle, ou dans une compétition particulière.

**Conclusions :** Il n'y a pas eu de changements significatifs dans les valeurs moyennes de la performance dans l'épreuve des 3000m, dans les paramètres physiologiques LAn, EC,  $VelVO_{2max}$ , ni dans VOLSEM et PERCTI. Les autres,  $VO_{2max}$  et INTCC se sont modifiés significativement, mais avec tendance à décroître au cours du temps. En outre, s'est vérifiée une forte stabilité (tracking) dans les valeurs du rendement, LAn et  $VelVO_{2max}$ , visible par la constatation d'élevés indices d'auto-corrélation et de l'indice K. Ces faits révèlent une forte canalisation de ces variables, à l'intérieur du groupe, en fonction du temps. Le degré et le type

d'association entre la modification de la prestation dans la course et la variation des autres variables n'ont pas été éclaircis, car il n'y a pas eu de modifications significatives de la performance au cours du temps.

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

Em modalidades desportivas individuais, como é o caso das corridas de meio fundo (MF), a par do que acontece noutras modalidades, o rendimento desportivo, bem como a sua modificação, depende de um grande número de factores que, na sua interacção complexa, determinam o nível de desempenho do sujeito. Apesar da reconhecida influência dos factores genéticos (46, 53, 163, 181), o treino desportivo pode contribuir consideravelmente para a adaptação progressiva do organismo à carga de treino e por consequência, modificar o rendimento justificando-se, assim, o elevado investimento na planificação e realização do processo de treino por parte dos treinadores e atletas.

De uma forma geral, os estudos longitudinais sobre a prestação desportiva em corredores de MF não apreciam, simultaneamente, as modificações no rendimento em parâmetros fisiológicos e em parâmetros externos da carga de treino, i.e. o volume e a intensidade (74, 116, 125, 138, 179, 213, 238, 243, 244). Para além disso, as pesquisas centradas na análise da estabilidade e mudança (*tracking*)<sup>1</sup> do rendimento raramente são efectuadas. A este propósito, Maia (200) reconhece a escassez deste tipo publicações na área das Ciências do Desporto, particularmente em Portugal. Pela nossa parte, não conseguimos localizar qualquer pesquisa com esta finalidade envolvendo corredores de MF. Assim, constata-se um hiato no conhecimento acerca da forma e do grau de alteração do desempenho neste tipo de provas em função do tempo. No caso particular dos 3000m, a ausência de pesquisas é igualmente notória.

No entanto, as alterações do desempenho na corrida de MF podem ser analisadas a partir da avaliação tanto de parâmetros da (i) carga interna como o consumo máximo de oxigénio ( $VO_{2max}$ ), a economia de corrida (EC), velocidade a que ocorre o consumo máximo de oxigénio ( $VeIVO_{2max}$ ) e o limiar

---

<sup>1</sup> Entende-se por *tracking* a tendência, de um indivíduo ou conjunto de indivíduos, em permanecer (em) num dado curso (canal) de crescimento, reflectindo estabilidade nesses padrões de mudança (Schneiderman, 1992, citado em 155).

anaeróbio (LAn), (ii) bem como da carga externa (volume e intensidade do treino) (160, 194).

Relativamente aos primeiros, verificamos que o  $VO_{2max}^2$  é o parâmetro fisiológico tradicionalmente associado com o rendimento desportivo (74, 116, 138, 179, 238, 243, 244). Uma razão fundamental remete-nos para o facto de um elevado  $VO_{2max}$  ser usualmente considerado como pré-requisito para obtenção de resultados de elite em modalidades de resistência (*endurance*) (53). Com efeito, valores elevados no  $VO_{2max}$  são registados em competidores de ambos os sexos, em vários tipos de provas de média e longa duração (163). No entanto, apesar de ser reconhecida a grande importância deste parâmetro no rendimento, não significa que seja sempre o factor mais discriminante da prestação desportiva. Noakes (182), tendo em conta resultados de vários estudos, refere que, em grupos heterogéneos, com marcadas diferenças nas capacidades individuais, o  $VO_{2max}$  é um bom preditor do rendimento, mas que em grupos de sujeitos com prestações semelhantes isso já não se verifica. No mesmo sentido, outros estudos parecem indicar que, embora importante, o  $VO_{2max}$ , por si só, não é o factor mais determinante da modificação do rendimento em provas aeróbias de intensidade submáxima (74, 148, 182). Assim, na tentativa de explicar e perceber melhor os factores determinantes da alteração do rendimento desportivo em provas de corrida de MF, o leque de parâmetros fisiológicos avaliados e associados com o rendimento passou a ser maior. Nesse sentido, para além do  $VO_{2max}$ , outros parâmetros têm sido examinados, dos quais se destacam a EC (74, 116, 125, 138, 238), o LAn (116, 125, 238, 243) e a  $VeIVO_{2max}$  (125).

A  $EC^3$  tem sido aceite como um critério fisiológico da eficiência na competição e como factor associado ao rendimento em provas de corrida de média ou longa duração (72, 92, 226, 238, 250). No entanto, o seu contributo fica mais visível quando se comparam atletas homogéneos em termos de  $VO_{2max}$ . Neste

---

<sup>2</sup> Capacidade máxima do indivíduo captar, transportar e utilizar oxigénio pelos músculos em actividade (5, 10, 114, 261)

<sup>3</sup> Valor estabilizado do  $VO_2$ , relativamente a determinada velocidade sub máxima de corrida (68, 75, 139, 175, 191; 205)

caso, a EC torna-se um parâmetro correlacionado com o rendimento (73, 138, 175). As diferenças ao nível da EC podem, em certa medida, explicar a obtenção de rendimentos semelhantes, em atletas com diferenças significativas no  $VO_{2max}$ , pois uma melhor EC pode, eventualmente, compensar um baixo  $VO_{2max}$  (75). O reduzido número de estudos longitudinais, encontrados na literatura, não nos permite tirar conclusões consistentes acerca da relação deste parâmetro com as modificações no desempenho em provas de corrida de MF pois, se nuns parece desenhar-se a tendência para uma associação positiva (238, 125), noutros isso não foi observado (116, 187)

O estudo da  $VelVO_{2max}$ <sup>4</sup> começou a ter relevo a partir do momento em que se começou a constatar a sua forte correlação com a prestação em corridas de média ou longa duração (72, 141, 142, 170, 222, 243). Essa correlação revelou-se particularmente forte nas distâncias compreendidas entre 2000-3000m verificando-se, neste caso, uma grande proximidade em ambos os valores (40, 141) permitindo, mesmo, uma estimação da  $VelVO_{2max}$  a partir da velocidade de provas compreendidas entre aquelas distâncias. Os estudos longitudinais acerca deste parâmetro são pouco frequentes (125, 238); em todo o caso, os que estão disponíveis na literatura, sugerem uma associação directa entre as alterações na  $VelVO_{2max}$  e as modificações no rendimento.

Outro parâmetro muito utilizado para avaliação da capacidade aeróbia é o  $LAn$ <sup>5</sup> (61, 213, 214) constituindo-se com um dos mais correlacionados com o resultado em provas de corrida de MF e fundo ( $LAn$  (11, 84, 92, 135, 141, 142, 220, 237, 243, 247, 265). A avaliação periódica deste parâmetro é, actualmente, para muitos atletas, um procedimento de rotina. Bourdon (48) justifica esta grande popularidade na sua determinação, principalmente, porque: (i) é um parâmetro acentuadamente correlacionado com o desempenho competitivo; (ii) pode servir como indicador da adaptação ao treino; (iii) e porque pode ser utilizado como referência para a determinação de um estímulo óptimo de treino. No

---

<sup>4</sup> Velocidade mínima, mas suficiente, para solicitar o  $VO_{2max}$ , num protocolo contínuo de intensidade progressiva (15).

<sup>5</sup> Intensidade limiar, para além da qual qualquer aumento da carga determina um rápido incremento da concentração de lactato no sangue (89, 98, 128, 189)

entanto, transparece da literatura disponível alguma controvérsia sobre o conceito de LAn, para além de que podem ser encontradas diversas metodologias para sua avaliação e terminologia distinta. Em termos longitudinais, a sua apreciação parece constituir-se como um factor determinante nas alterações do rendimento (212, 217, 243). Assim, uma apreciação global dos diferentes estudos permite-nos concluir de que existe uma consistência de opiniões dos vários autores em torno da associação elevada entre as melhorias no desempenho e as melhorias do LAn, neste tipo de provas.

Relativamente aos parâmetros externos (volume e intensidade da carga de treino) verificamos a existência de numerosos estudos que têm por base a apreciação do seu efeito no rendimento e/ou em parâmetros fisiológicos (2, 50, 145, 165, 179, 185, 217, 238, 244). No entanto, os valores relativos ao volume, intensidade ou frequência do treino raramente são comparados com os do período prévio ao da realização do estudo, desconhecendo-se a magnitude dessa alteração. Por outro lado, não são conhecidos, ainda, o volume, a intensidade e a frequência de treino mais eficazes para fomentar o maior desenvolvimento possível do rendimento em determinado atleta. Mesmo assim, este facto não impediu alguns investigadores de apresentar as suas propostas no sentido da rentabilização do efeito do treino, nomeadamente, no que se refere ao volume semanal (120), à intensidade da corrida contínua (120, 215), à percentagem de treino intervalado relativamente ao volume semanal total (120) ou à intensidade do treino intervalado (23, 120).

Em Portugal a informação disponível relativamente à associação longitudinal, e mesmo transversal, do rendimento em provas de corrida de MF com parâmetros fisiológicos ou inerentes ao processo de treino é, ainda, bastante deficitária. De facto, geralmente, para além das marcas dos corredores pouco mais se sabe. A maioria dos treinadores não divulga as planificações do treino e, por outro lado, raramente conhece as modificações de parâmetros fisiológicos ocorridas nos seus atletas. Uma excepção pode ser considerada relativamente ao LAn que tem sido estudado, com alguma regularidade, desde há vários anos e, sobre o qual, existem diversas pesquisas

documentadas (183, 199<sup>6</sup>, 211, 213, 215, 217, 219, 220). Para além destas, encontramos, apenas, duas investigações onde são relacionados aqueles quatro parâmetros com o rendimento em provas de MF e fundo (208, 209).

Em síntese, podemos referir que: (i) estudos relativos à estabilidade e mudança do rendimento em provas de corrida de 3000m são praticamente inexistentes; (ii) a apreciação simultânea das modificações em parâmetros fisiológicos como o  $VO_{2max}$ , o LAn, a EC e a  $VelVO_{2max}$ , bem como relativos ao volume e intensidade do treino em corredores de MF, em função do tempo, raramente foi realizada em Portugal; (iii) não é conhecido o contributo relativo, de cada um daqueles parâmetros, na expressão do desempenho;

Assim, tendo em conta este contexto e, no sentido de dar um contributo para o progressivo esclarecimento desta temática, emergiu a pesquisa que nos propusemos efectuar, subordinada ao tema: ***Estudo longitudinal do rendimento e de parâmetros da carga (interna e externa), em corredores de 3000m.***

A prova de 3000m pode ser uma referência adequada, principalmente, tendo em consideração que predomina a solicitação do metabolismo aeróbio e, desta forma, pode ser mais facilmente associada com os parâmetros fisiológicos frequentemente utilizados na avaliação da capacidade e potência aeróbias. Por outro lado, atletas jovens costumam participar regularmente nesta prova.

### 1.1. OBJECTIVO E HIPÓTESE GERAL

A possibilidade de realização de um estudo, num grupo de corredores jovens de MF, com disponibilidade de se submeterem a avaliações periódicas, durante duas épocas consecutivas, num conjunto de parâmetros considerados decisivos na evolução do rendimento desportivo, permitiu-nos definir o seguinte objectivo:

---

<sup>6</sup> Este estudo foi realizado em velocistas participantes nas distâncias de 100, 200, 300 e 400m.

- Pesquisar e associar, longitudinalmente, as alterações do rendimento na prova de 3000m e de alguns parâmetros de carga externa e interna, num grupo de corredores de MF.

Decorrente da formulação do objectivo geral emerge a seguinte hipótese geral:

- *As modificações no rendimento, bem como na maioria dos outros parâmetros avaliados, alteram-se de forma significativa no decurso do período de tempo definido para o estudo.*

## 1.2. ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

Para além desta introdução, o presente trabalho foi estruturado em diferentes partes (capítulos), alguns dos quais com organização própria. Nesse sentido, no capítulo dois é descrita a metodologia geral, isto é, são referidos os procedimentos metodológicos comuns aos diversos estudos a apresentar posteriormente. Assim, as características da amostra, o cronograma das avaliações, as finalidades e as características fundamentais de cada teste são apresentados de forma detalhada. Os procedimentos metodológicos relacionados com a avaliação e tratamento estatístico de cada variável são apresentados nos respectivos estudos.

Os itens estabilidade e mudança no rendimento, estabilidade e mudança em parâmetros fisiológicos ( $VO_{2max}$ ,  $VeI_{VO_{2max}}$ ,  $E_c$  e  $LAn$ ) e mudança em parâmetros externos da carga de treino (volume de treino semanal – VOLSEM, intensidade da corrida contínua - INTCC e percentagem de treino intervalado – PERCTI) são sujeitos a uma abordagem separada, cada uma das quais constituindo um estudo parcelar com estrutura própria.

Assim, o terceiro capítulo reporta-se, especificamente, à apreciação da estabilidade e mudança no rendimento em corridas de 3000m. Comporta a introdução, onde é contextualizado o tema, bem como a justificação da pertinência do estudo. Neste ponto, são referidas, embora sinteticamente, as

conclusões de algumas pesquisas que tiveram como preocupação principal a análise das modificações do rendimento em provas de corrida de MF. Os objectivos específicos, as hipóteses e sua fundamentação são enumerados posteriormente. De seguida é realizada uma apresentação pormenorizada dos resultados. Neste ponto, as alterações dos valores do rendimento são tratados tendo em conta dois procedimentos: (i) o da comparação dos valores médios ao longo do tempo, com vista à determinação da ocorrência de diferenças significativas; (ii) e o da apreciação do coeficiente de correlação de Pearson e do Kappa de Cohen para averiguar o grau de estabilidade no grupo e, particularmente, em cada sujeito. A discussão engloba, entre outros, a comparação com outros estudos e avança algumas justificações para a explicação dos resultados. Na sua continuação são extraídas as correspondentes conclusões.

A apreciação da estabilidade e mudança dos vários parâmetros fisiológicos ( $VO_{2max}$ ,  $VelVO_{2max}$ ,  $Ec$  e  $LAn$ ) em função do tempo é efectuada no quarto capítulo. Este apresenta uma dimensão acentuadamente maior que os restantes na medida em que inclui uma revisão da literatura contemplando cada um dos parâmetros. Nessa revisão são definidos os respectivos conceitos, as formas de avaliação e factores determinantes. Para além disso são referidas, sucintamente, algumas investigações relacionadas com o tema. A inclusão destes sub-capítulos de revisão da literatura, referentes ao  $VO_{2max}$ ,  $EC$ ,  $LAn$  e  $VelVO_{2max}$  justifica-se, em nosso entender, pelas seguintes razões: (i) como fundamentação teórica para melhor compreensão dos conceitos; (ii) para conhecimento das diferentes metodologias de avaliação que podem ser utilizadas na sua determinação; (iii) para melhor entendimento da complexidade de factores que podem influenciar a sua modificação ao longo do tempo; (iv) para fundamentar a sua escolha no contexto da diversidade de parâmetros fisiológicos usualmente associados com o rendimento desportivo; (v) para perceber a sua importância na eventual modificação do rendimento em provas de corrida de meio fundo. Decorrentes da revisão da literatura são apresentados, de seguida, os objectivos, as hipóteses e sua fundamentação. No ponto seguinte, são descritos os procedimentos metodológicos utilizados na

avaliação de cada parâmetro. A apresentação dos resultados percorre os passos operados no terceiro capítulo mas, neste, são descritos, simultaneamente, os resultados dos quatro parâmetros fisiológicos. Finalmente, os dados são discutidos e, sempre que possível, comparados com os provenientes de outros estudos.

O quinto capítulo acolhe o estudo da mudança dos valores de parâmetros externos da carga de treino (PERCTI, INTCC e PERCTI). Apresenta uma estrutura semelhante à referida para o capítulo anterior, com a particularidade de serem averiguados apenas os aspectos relativos à mudança dos valores médios em função do tempo.

O sexto capítulo apresenta uma síntese com as conclusões mais relevantes da investigação e algumas linhas de investigação futura.

Por fim, no sétimo capítulo apresentamos a bibliografia referida ao longo do estudo.

## 2. METODOLOGIA GERAL

### 2.1. AMOSTRA

As características gerais da amostra estão descritas nos quadros 1 e 2.

Os atletas e respectivos treinadores deram o seu consentimento prévio para a participação no estudo. Em reunião particular, foi-lhes explicado o objectivo do trabalho, os meios e formas de avaliação, a duração e o número de avaliações a efectuar, bem como esclarecidas quaisquer dúvidas existentes.

**Quadro 1 -** Características gerais da amostra, na primeira avaliação.

Atleta	Peso (kg)	Altura (cm)	Idade (anos)	Anos de treino	Volume de treino semanal (km)	Unidades de treino semanais
1	52	170	17	4	49	6
2	73	183	24	5	133	10
3	72	186	20	9	137	10
4	66	177	17	5	61	6
5	59	173	18	3	84	8
6	67	177	18	4	84	8
7	62	177	19	4	77	7
8	57	167	23	12	103	8
9	61	170	22	9	103	8
10	60	169	28	15	103	8
11	60	176	26	13	103	8
12	69	178	19	6	103	8
13	73	180	21	3	38	4
14	60	165	18	2	84	9
15	69	176	17	2	81	9
16	69	175	17	4	31	5
17	69	175	17	4	37	5
18	60	170	20	5	38	5
Média	64,33	174,67	20,06	6,06	80,50	7,33
D. Padrão	5,93	5,32	3,24	3,78	31,50	1,73

**Quadro 2 -** Características da amostra, relativamente a alguns parâmetros fisiológicos e de rendimento, no início do estudo (decorrentes da primeira avaliação).

Atleta	VO <sub>2</sub> max (ml/kg/min)	EC (ml/kg/km)	LAn (V4) (Km/h)	VelVO <sub>2</sub> max (Km/h)	FCMax (bpm)	Vel.3000m (Km/h)
1	73	224	16,6	19,0	201	18,0
2	75	193	18,8	22,3	186	21,8
3	72	208	18,5	20,8	202	21,1
4	73	215	18,7	20,3	195	20,2
5	83	203	18,8	21,3	194	21,1
6	74	220	18,6	20,3	194	20,6
7	83	223	19,0	21,3	193	21,2
8	81	235	19,1	20,3	194	21,6
9	76	217	17,3	19,4	207	20,2
10	76	209	18,5	20,3	188	21,5
11	73	211	19,1	21,3	183	21,5
12	72	238	17,8	19,4	201	20,4
13	56	177	14,0	18,0	204	17,6
14	66	198	17,6	18,9	204	19,0
15	64	179	16,7	19,5	198	17,9
16	57	193	16,1	18,4	199	18,5
17	58	193	17,0	17,4	184	18,4
18	55	185	16,4	17,4	192	18,3
Média	70,4	206,7	17,7	19,8	195,5	19,9
D. Padrão	9,0	18,0	1,4	1,4	7,1	1,5

## 2.2. CRONOGRAMA GERAL DAS AVALIAÇÕES

O grupo de corredores em estudo foi sujeito a seis avaliações periódicas, três na época desportiva de 2000-01 e três na época de 2001-02. O quadro 3 mostra o cronograma seguido ao longo do estudo.

**Quadro 3 -** Cronograma geral do estudo.

ÉPOCA DESPORTIVA DE 2000 -2001											
Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago
Treino		Aval1	Treino			Aval2	Treino			Aval3	Férias

ÉPOCA DESPORTIVA DE 2001 -2002											
Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago
Treino		Aval4	Treino			Aval5	Treino			Aval6	Férias

Aval – Momento de avaliação

Cada momento de avaliação envolveu a realização de quatro testes. As características fundamentais de cada teste são apresentadas no quadro 4.

**Quadro 4 -** Objectivos e características fundamentais de cada teste.

Tipo de teste	Objectivos	Características fundamentais
De terreno (Na pista)	Determinar a V4 (km/h)	Corrida Patamares de intensidade crescente Sub-máximo Recolha de amostras sanguíneas Estimação por interpolação linear
Laboratorial (Em tapete rolante)	Determinar a EC (ml/kg/km)	Corrida Patamares de intensidade crescente Sub-máximo Medição directa do VO2 Estimação a partir da recta de regressão
Laboratorial (Em tapete rolante)	Determinar o VO2max (ml/kg/km) e a VelVO2max (km/h)	Corrida Intensidade crescente Máximo (até exaustão) Análise directa do VO2 Cálculo da VelVO2max
Competição (Em pista)	Avaliar o rendimento na prova de corrida de 3000m (km/h)	Prova ao ar livre ou pista coberta. Sempre que possível em provas oficiais.

Em cada momento, cada sujeito efectuou as 4 avaliações num intervalo de tempo não superior a 10 dias.

O desempenho na corrida de 3000m foi realizado em prova oficial ou, então, em prova particular em que participavam os elementos da amostra, bem como outros convidados para o efeito. A simulação da competição da prova ocorreu na primeira avaliação de cada época dado que, nesta altura do ano (Novembro), não são usuais provas de 3000m.

Os testes de avaliação da EC e do  $VO_{2max}$  eram realizados no mesmo dia. O teste de determinação do LAn e a participação na prova dos 3000m eram realizados noutros dias, mas com um intervalo de, pelo menos, 48 horas.

Os atletas eram aconselhados a diminuir a intensidade do treino no dia que antecedia a realização de qualquer teste, bem como, para se abster de treinar no próprio dia.

### 2.3. JUSTIFICAÇÃO DA OPÇÃO DOS PROTOCOLOS UTILIZADOS NA AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS DE NATUREZA FISIOLÓGICA

A escolha dos protocolos de avaliação, de entre a grande diversidade existente, teve em conta, fundamentalmente, a apreciação das características específicas do nosso estudo e dos elementos constituintes da amostra. O quadro 5 apresenta protocolos semelhantes utilizados por outros autores.

Uma vez que se tratava de atletas corredores de MF, privilegiou-se a avaliação laboratorial em tapete rolante, sem qualquer inclinação, e a avaliação na pista. Desta forma, a estrutura orgânica e funcional da dinâmica do movimento do teste é bastante próxima da tarefa competitiva, cumprindo-se as indicações de alguns autores (198), e vai de encontro aos resultados de pesquisas já efectuadas. É sabido que na determinação do  $VO_{2max}$ , os sujeitos avaliados em ergómetro específico obtêm valores mais elevados, comparativamente com os observados em ergómetros onde a forma externa do movimento, o tipo de contracção muscular e o ritmo dos movimentos são diferentes (15). Desta forma, a escolha do tapete rolante, para realização dos testes laboratoriais, pareceu-nos a mais adequada para corredores habituados a velocidades de corrida relativamente elevadas.

**Quadro 5 -** Exemplos de autores que utilizaram protocolos semelhantes na avaliação dos diversos parâmetros utilizados no nosso estudo.

Objectivo do teste	Referências bibliográficas
Determinar a V4	Madder e col (153); Santos (61, 188, 210, 213, 214, 220, 218,). Heck e col (104); Heitkamp e col (106); Foxdal e col (90); Foster e col (88); Tolfrey e col (247); Denis e col (79); Tanaka e col (242); Weltman e col (255); Dotan e col (82); Billat e col (30, 44, 42); Lacour e col (142)
Determinar o VO2max	Morton e Billat 1999 (178) Billat e col (44); Renoux e col (271)
Determinar a VelVO2max	Billat e col (44); Ahmaidi (3); Lacour (142); Berthoin (20); Tumul e Rodriguez (119)
Determinar a EC	Daniels e Daniels (73); Brisswalter e Legros (50); Martin e col (158); Morgan e col (169)

## 2.4. PROCEDIMENTOS ESTATÍSTICOS

A média e desvio padrão dos valores das variáveis estudadas, nos diferentes pontos do tempo, foram calculados no SPSS 10.0.

A pesquisa das alterações dos valores médios, em cada variável, ao longo dos seis momentos, foi efectuada no SPSS 10.0, mais precisamente pela análise da variância de medidas repetidas.

As equações das rectas de regressão da associação dos consumos de oxigénio com as respectivas velocidades, necessárias para calcular a EC a 90 % da V4 foram determinadas no StatView for Windows 4.5.

A apreciação da estabilidade (*tracking*) foi efectuada de duas formas:

(i) Pelo coeficiente de correlação de Pearson, para pesquisar a auto-correlação entre os valores do rendimento, entre os diferentes pontos no tempo. Estes valores foram determinados no SPSS 10.0;

(ii) Pela determinação do Kappa de Cohen, no *software* do programa de estatística *Longitudinal Data Analysis (LDA)* (221).

### 3. ESTABILIDADE E MUDANÇA NO RENDIMENTO NA PROVA DE 3000m

#### 3.1. INTRODUÇÃO

O estudo das mudanças no rendimento desportivo ao longo do tempo, qualquer que seja a prova utilizada para marcar o rendimento individual, bem como a análise da heterogeneidade do desempenho inter-individual, pode ser efectuado de várias formas. Contudo, duas abordagens únicas e simultaneamente complementares podem ser formuladas: uma visando a identificação das alterações ocorridas nos valores médios; a outra, tendo por finalidade a pesquisa de aspectos da estabilidade, ou *tracking*, na mudança intra-individual e nas diferenças inter-individuais. A estabilidade e mudança de qualquer característica ou traço mensurável, em função do tempo é, frequentemente, denominada por *tracking*, significando, em termos gerais, a tendência de um indivíduo, ou colecção de indivíduos, em permanecer (em) num dado curso (canal) de desempenho, reflectindo estabilidade nesses padrões de mudança (Schneiderman citado em 155). Desta forma é possível abordar com minúcia os aspectos mais relevantes da cinética do rendimento desportivo, bem como de outros parâmetros julgados pertinentes.

Os estudos do primeiro tipo, de investigação essencialmente normativa, são relativamente frequentes (74, 125, 138, 179, 211, 116, 217, 243, 244). Por seu lado, as investigações acerca do *tracking* do rendimento são muito mais escassas (155).

O estudo do *tracking* pode ser possível a partir da análise das auto-correlações. No entanto também pode ser efectuado por intermédio de outros procedimentos estatísticos relativamente mais recentes, como por exemplo o Kappa de Cohen. Este método baseia-se na apreciação do número de vezes que cada indivíduo permanece no mesmo canal (tercil, quartil, etc) de rendimento, empiricamente determinado a partir dos valores do desempenho individual. Este procedimento estipula a existência de *tracking* (estabilidade na mudança) se os sujeitos tenderem a permanecer no mesmo canal (*track*) da

distribuição (155). Considera-se o *tracking* excelente quando  $K \geq 0,75$ ; moderado a bom se  $0,4 \leq K \leq 0,75$ ; e baixo se  $K \leq 0,4$ .

Uma vez que não encontramos qualquer estudo do *tracking* do rendimento em provas de MF, é do desconhecimento geral a forma como essa variável se modifica ao longo do tempo, principalmente considerando grupos de sujeitos. Neste âmbito propusemo-nos realizar este estudo com a finalidade que a seguir se apresenta.

### 3.2. OBJECTIVO

Uma vez que, até ao momento, não foram realizados em Portugal quaisquer estudos no sentido de apreciar aspectos relativos à estabilidade e à mudança no rendimento na prova de 3000m, propusemo-nos dar consecução ao seguinte objectivo:

- Estudar os diferentes aspectos (i.e. de natureza normativa e diferencial) das alterações no rendimento na prova de 3000m, num grupo de corredores de MF, em seis momentos, ao longo de duas épocas desportivas.

### 3.3. HIPÓTESES

Decorrentes do objectivo apresentado são formuladas as duas hipóteses seguintes:

*Hipótese 1 - As médias do rendimento obtidas ao longo das seis observações melhoram de forma significativa.*

*Hipótese 2 - Apesar de uma evidente heterogeneidade nas performances individuais, ocorre uma forte estabilidade ou tracking em função do tempo.*

#### 3.3.1. FUNDAMENTAÇÃO DAS HIPÓTESES

O estudo das modificações do rendimento, em corredores de MF, embora efectuado com alguma frequência (74, 116, 125, 138, 179, 238, 243, 244), está ainda

bastante longe de se poder considerar concluído, particularmente no que diz respeito à prova de 3000m (74, 125, 238). As pesquisas disponíveis na literatura, embora apreciando a modificação do desempenho, não determinam a sua estabilidade (*tracking*). Por outro lado, para além dos estudos de caso (74, 125), não encontramos pesquisas com uma duração temporal superior a um ano, ou a uma época desportiva. Desta forma não está, ainda, claramente esclarecida a forma como o desempenho se altera, nomeadamente no que se refere ao sentido e à sua amplitude.

Assim, integrado neste contexto, a nossa proposta de trabalho com a finalidade de apreciar as modificações na prestação desportiva na prova de corrida de 3000m, num grupo heterogéneo de atletas portugueses, pode fornecer algum contributo válido para um progressivo esclarecimento da dinâmica do rendimento ao longo tempo. De forma complementar, efectuámos uma breve pesquisa no sentido de averiguar a forma e a amplitude de variação dos valores do rendimento na prova de 3000m, em sujeitos com idades semelhantes às dos elementos da nossa amostra, a partir dos *rankings* nacionais de alguns países e do *ranking* mundial, disponíveis *on-line* nos *sites* das respectivas federações. Desta forma poderemos efectuar algumas comparações entre os corredores de nível médio (da nossa amostra) e atletas de elite mundial<sup>1</sup>.

Uma vez que se trata do estudo da variação da capacidade máxima de desempenho em sujeitos relativamente jovens, embora com alguns anos de treino, parece-nos lógico esperar alterações positivas na capacidade de prestação desportiva.

---

<sup>1</sup> Os procedimentos metodológicos são descritos no sub-capítulo 3.4.1, os principais valores constam do anexo 4.

### 3.4. METODOLOGIA

Os dados relativos à caracterização da amostra, procedimentos estatísticos e o cronograma das avaliações foram descritos no capítulo da metodologia geral (capítulo 2).

Em cada avaliação, foi registado do tempo na prova de 3000m de cada um dos sujeitos e, posteriormente, calculada a velocidade média em km/h.

#### 3.4.1. PROCEDIMENTOS PARA A ANÁLISE DA MODIFICAÇÃO DO RENDIMENTO, NA PROVA DE 3000M, EM GRUPOS DE ATLETAS, DE DIFERENTES PAÍSES, COM IDADES COMPREENDIDAS ENTRE OS 17 E OS 23 ANOS.

O estudo da variação do tempo da prova de 3000m, em grupos de atletas, de diferentes países, com idades compreendidas entre os 17 e os 23 anos, adiante referido na discussão dos resultados, foi elaborado tendo por base os dados dos *rankings* nacionais de diversos países recolhidos em *sites* das seguintes federações de Atletismo<sup>2</sup>:

- Federação Portuguesa - [http://www.fpatletismo.pt/est\\_rank/est\\_rank.htm](http://www.fpatletismo.pt/est_rank/est_rank.htm)
- Federação Australiana - <http://www.possumbility.com/history/rank/index.htm>
- Federação Brasileira - <http://www.cbat.org.br/>
- Federação Espanhola – <http://www.rfea.es/>
- Federação Inglesa - <http://www.ukathletics.net/>
- Federação Internacional de Atletismo - <http://www.iaaf.org/statistics/toplists/inout=in/category=s/season=2003/index.html>

O estudo longitudinal da variação dos valores médios, em cada grupo, foi realizado pela submissão dos dados a um teste de medidas repetidas (one way anova – SPSS)

A análise da variação individual média anual do tempo da prova foi realizada do seguinte modo:

(i) Considerámos como universo o conjunto de atletas que faziam parte dos diferentes *rankings*.

---

<sup>2</sup> O anexo 4 contém os dados fundamentais.

(ii) Seleccionámos os corredores que, em determinada altura, tinham idade compreendida entre os 17 e os 23 anos;

(iii) De entre os corredores seleccionados, separámos apenas os que tinham registo em dois ou mais anos;

(iv) Depois de definido o período temporal (2, 3, 4, ou 5 anos), conforme os dados disponíveis, determinámos o melhor e o pior registo; Calculámos a diferença no tempo da prova (em segundos) e a variação média para cada sujeito;

(v) De seguida calculámos a variação média anual, o desvio padrão, valor máximo e valor mínimo em cada grupo;

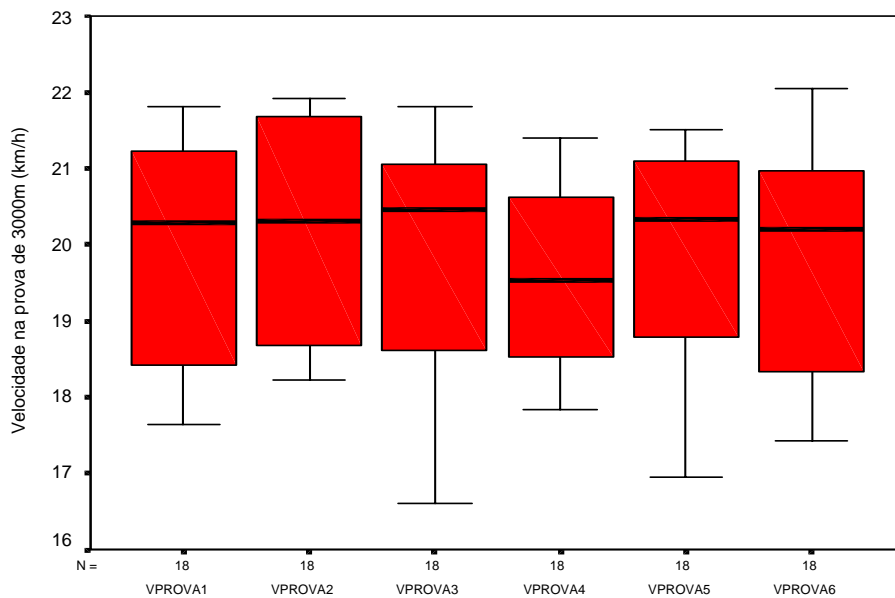
(vi) Encontrámos, em percentagem, a quantidade de sujeitos que melhoraram as marcas consecutivamente; os que pioraram os registo consecutivamente, e aqueles em que o tempo da prova não se altera de forma linear;

### 3.5. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

#### 3.5.1. RESULTADOS RELATIVOS AO ESTUDO DAS ALTERAÇÕES DO RENDIMENTO EM FUNÇÃO DO TEMPO

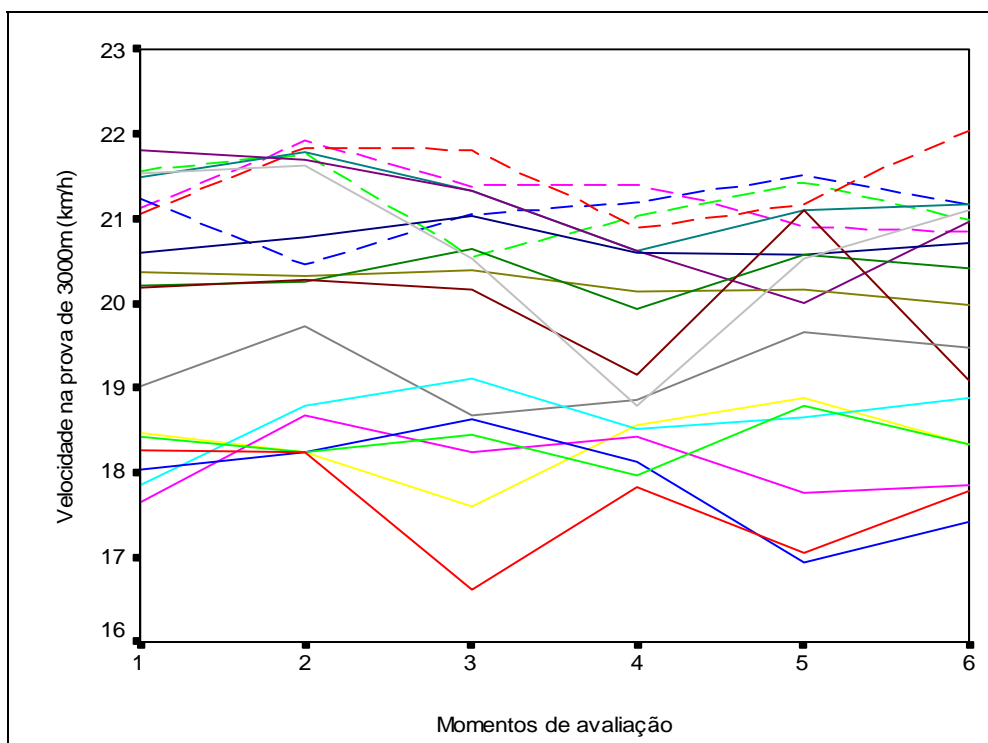
A figura 1 refere-se à representação gráfica das distribuições do rendimento dos atletas em 6 momentos (M), ao longo de duas épocas desportivas. A observação do comprimento das caixas permite-nos constatar alguma variação na magnitude da concentração dos 50% dos valores centrais ao longo das seis avaliações. A posição relativa da mediana também varia um pouco, nomeadamente, na M3 para o M4, neste caso com um decréscimo acentuado, o que poderá indiciar um decréscimo do desempenho do final da 1ª época para o início da segunda. O comprimento dos “bigodes”, particularmente acentuado nos M3, M5 e M6 mostra que, nestes momentos, a dispersão dos resultados é mais nítida. Isto pode, em parte, ser explicado pelo facto de no final das épocas (M3 e M6) as preocupações dos sujeitos serem distintas em termos de competição, uma vez que alguns terminam a época competitiva mais

cedo, enquanto que outros a prolongam por mais tempo. Consideramos que estes aspectos podem, em certa medida, ter contribuído para as alterações observadas no rendimento.



**Figura 1.** Caixas de “bigodes” referentes às distribuições do rendimento dos atletas nos diferentes pontos do tempo.

O gráfico “spargueti plot” (figura 2) mostra as trajetórias do desempenho individual, em função dos 6 pontos do tempo. Como podemos observar ocorrem alguns cruzamentos nos perfis inter-individuais, o que significa uma alteração da posição relativa de um sujeito com outros de nível de rendimento próximo. No entanto, uma apreciação global da evolução desses perfis parece revelar alguma estabilidade, tanto intra-individual como inter-individual. Os cruzamentos dos perfis individuais tendem a ocorrer com sujeitos de rendimento bastante semelhante. Os corredores de melhor nível mantêm um desempenho relativamente superior ao de nível mais baixo em todas as avaliações.

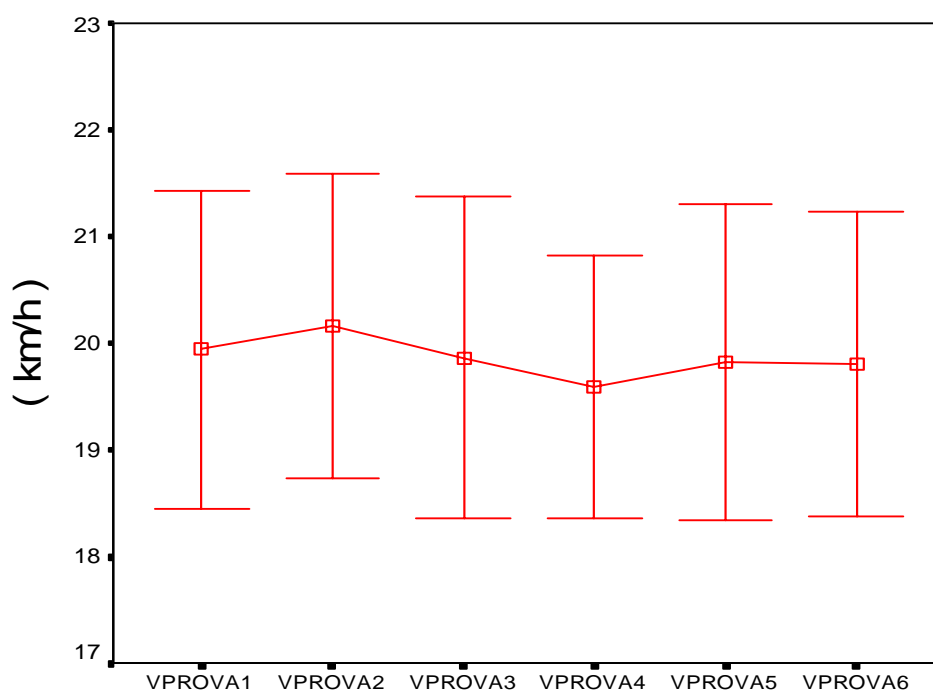


**Figura 2.** Gráfico “spargueti plot” da modificação individual do rendimento na prova de 3000m em função do tempo.

A descrição dos resultados em função do tempo, relativamente à média, desvio padrão, valores máximo e mínimo estão apresentados no quadro 6 e na figura 3. A sua observação permite-nos constatar que os valores médios da velocidade na prova de 3000m ficaram compreendidos entre 19,59 km/h (VPROVA4) e os 20,16km/h (VPROVA2), e que os valores do desvio padrão são relativamente próximos. Os melhores resultados ocorreram, em cada época, na avaliação intermédia.

**Quadro 6 -** Valores da velocidade da prova de 3000m (VPROVA) nos 6 momentos ao longo de duas épocas consecutivas.

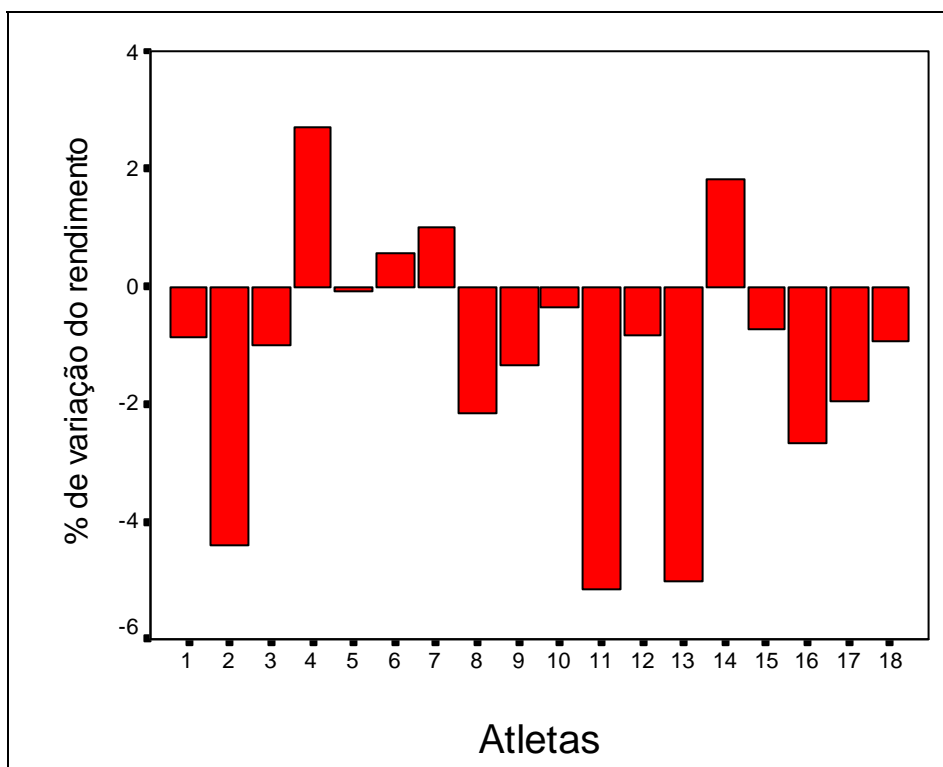
	Média Km/h	Desv. P. Km/h	Mínimo Km/h	Máximo Km/h
VPROVA1	19,94	1,49	17,65	21,82
VPROVA2	20,16	1,44	18,24	21,92
VPROVA3	19,86	1,51	16,62	21,82
VPROVA4	19,59	1,23	17,83	21,40
VPROVA5	19,82	1,47	16,95	21,51
VPROVA6	19,81	1,43	17,42	22,04



**Figura 3.** Representação gráfica dos valores médios ( $\pm dp$ ) da velocidade na prova de 3000m (em km/h), no decurso dos 6 momentos (VPROVA1 a VPROVA6), distribuídos periodicamente pelas duas épocas desportivas consecutivas.

A figura 4 mostra, em cada sujeito, a variação média do rendimento da 1ª para a segunda época. Os corredores estão ordenados por nível crescente de

rendimento (média das 6 avaliações), para podermos confirmar, ou não, a existência de tendências diferentes conforme se trate de sujeitos com melhor ou com pior nível. Dos 18 atletas do grupo, apenas 4 melhoraram o rendimento de uma época para a época seguinte, tendo os restantes 14 piorado. No entanto, a variação é bastante reduzida, quase sempre inferior a 3%.



**Figura 4.** Percentagem de variação da velocidade na prova de 3000m, da 1ª para a 2ª época. O valor médio individual, em cada época, foi determinado a partir da média das 3 avaliações efectuadas nesse período. Os sujeitos estão ordenados por nível crescente de rendimento (média das 6 avaliações). Os valores negativos significam que o sujeito piorou o seu rendimento na época seguinte.

As medidas repetidas (valores médios da velocidade da prova de corrida 3000m) foram submetidas a um teste multivariado e não mostraram uma variação significativa ao longo do tempo [ $\Lambda$  de Wilks = 0,55;  $F(5,13)=2,146$ ,  $p=0,124$ ]. Tal, significa a ausência de mudança dos valores médios neste período. A expectativa de se verificar um incremento significativo na velocidade

média não aconteceu, pois não houve aumento ou diminuição significativa do desempenho ao longo do tempo.

### 3.5.2. RESULTADOS RELATIVOS AO ESTUDO DO *TRACKING*

O quadro 7 apresenta os valores da auto-correlação da velocidade de corrida na prova, entre os diferentes momentos de avaliação. Como podemos observar, registaram-se valores altamente significativos, sugerindo estabilidade dos resultados intra-individuais no rendimento ao longo do tempo. Os coeficientes de correlação situaram-se entre 0,834 (de VPROVA5 vs VPROVA4) e 0,949 (de VPROVA1 vs VPROVA2).

**Quadro 7 -** Valores da auto-correlação (correlação de Pearson) do rendimento entre os diferentes momentos.

	VPROVA1	VPROVA2	VPROVA3	VPROVA4	VPROVA5	VPROVA6
VPROVA1	1,000					
VPROVA2	,949 **	1,000				
VPROVA3	,880 **	,907 **	1,000			
VPROVA4	,846 **	,851 **	,881 **	1,000		
VPROVA5	,874 **	,852 **	,859 **	,834 **	1,000	
VPROVA6	,925 **	,935 **	,911 **	,873 **	,892 **	1,000

\*\* Correlação significativa ( $p < 0,01$ )

O quadro 8 apresenta os valores de corte de cada tercil. Assim, a possibilidade de inclusão dos sujeitos em 3 canais de rendimento: baixo, intermédio e elevado, pareceu-nos adequada pois, uma distinção dessa natureza, permitiu-nos rotular qualitativamente os sujeitos dentro do grupo.

**Quadro 8 -** Valores de corte de cada tercil (km/h), em cada momento de avaliação do desempenho na prova de 3000m.

Momento	1º tercil	2º tercil
1	18,74	21,09
2	19,26	21,21
3	18,9	20,84
4	18,68	20,61
5	19,27	20,74
6	18,99	20,91

Tendo em conta os valores de corte de cada canal, foram contados, em cada sujeito, o número de presenças em cada tercil da distribuição (quadro 9).

**Quadro 9 -** Número de vezes que cada um dos sujeitos ocupa em determinado canal, bem como do valor de K, calculado individualmente.

Atletas	Canal 1 (0-33,3%)	Canal 2 (33,4-66,6%)	Canal 3 (66,7-100%)	K individual
1	6	0	0	1
2	0	2	4	0,47
3	0	1	5	0,67
4	0	6	0	1
5	0	1	5	0,67
6	0	5	1	0,67
7	0	1	5	0,67
8	0	1	5	0,67
9	0	5	1	0,67
10	0	3	3	0,4
11	0	0	6	1
12	0	6	0	1
13	6	0	0	1
14	1	5	0	0,67
15	5	1	0	0,67
16	6	0	0	1
17	6	0	0	1
18	6	0	0	1

A observação do quadro 9 permite-nos, ainda, constatar valores individuais de Kappa bons ou excelentes. Oito atletas permaneceram sempre no mesmo canal de desempenho ( $K=1$ ). Os sujeitos que mudaram fizeram-no apenas para o canal adjacente. Nenhum deles passou do canal 1 para o canal 3, ou vice-versa.

Por seu lado, o valor do Kappa, para o grupo, foi excelente ( $K = 0,79$ ), o que quer dizer que os sujeitos têm uma forte probabilidade de se manterem no mesmo canal ao longo do tempo. É de notar que 5 atletas nunca conseguiram sair do canal 1, e que apenas um atleta conseguiu manter-se sempre no canal 3.

### 3.6. DISCUSSÃO

#### 3.6.1. ALTERAÇÃO DOS VALORES DO RENDIMENTO EM FUNÇÃO DO TEMPO

O aspecto mais relevante encontrado neste estudo foi a constatação da ausência de modificações significativas nas médias do rendimento da prova de 3000m, ao longo de seis avaliações distribuídas por duas épocas desportivas ( $\Delta = 0,6\text{km/h}$ ). Efectivamente, a hipótese formulada de uma melhoria dos valores médios do rendimento em função do tempo não se verificou. Esta tendência para a estagnação do rendimento não foi observada noutras pesquisas (125, 243, 244), nas quais se encontraram melhorias significativas do desempenho, em resultado de determinado período de treino.

Tanaka e col (243) pesquisaram as alterações no rendimento na prova de 5000 e 10.000m em 21 corredores de MF universitários, durante 9 meses, no qual aumentaram bastante a intensidade e o volume de treino. O rendimento melhorou significativamente nas duas provas ( $\Delta_{5000\text{m}} = 68\text{s}$ ;  $\Delta_{10000\text{m}} = 1\text{min}:14\text{s}$ ). Noutro estudo, posterior, Tanaka e col (244) analisaram as mudanças no rendimento, num grupo de 20 corredores de MF com idades entre os 19 e os 21 anos, durante 4 meses (19-23 anos), verificando melhorias significativas apenas na prova de 10.000m ( $\Delta_{10000\text{m}} = 1\text{min}:35\text{s}$ ); nas distâncias de 1500 e 5000m não se verificaram diferenças estatisticamente significativas ( $\Delta_{1500\text{m}} =$

2s;  $\Delta_{5000m} = 6s$ ). Nesse período, a intensidade do treino foi acentuadamente incrementada. Jones (125), num estudo de caso de uma corredora de MF de elite mundial verificou, ao longo de 5 anos, uma evolução positiva no tempo da prova de 3000m ( $\Delta_{3000m} = 43s$ ).

No entanto, Houmard e col (116) não verificaram melhorias no rendimento na prova de 8000m, num grupo de 7 corredores universitários de corta-mato, homogêneos em termos de capacidade aeróbia, avaliados no meio e no final da época.

Svedenhag e Sjödín (238) seguiram o percurso de 10 corredores de MF de elite, 5 especialistas em distâncias de 800-1500m e 5 em 5000-10000m, durante um ano. Neste período, para além do treino usual, acrescentaram duas sessões de corrida contínua, com duração de 60-90min. O rendimento na prova de 5000m melhorou ( $\Delta_{1500m} = 4s$ ;  $\Delta_{5000m} = 28s$ ).

Uma análise global dos resultados destas pesquisas permite-nos salientar que uma melhoria no rendimento pode acontecer mas, geralmente, associada à aplicação de um período de treino com cargas acentuadamente superiores às usuais (238, 244, 243). No entanto, um incremento drástico da carga de treino apenas poderá acontecer durante um período de tempo relativamente curto, e não de forma sistemática no decurso de vários meses ou anos. No caso particular do nosso estudo, a intensidade e o volume de treino não foram especialmente aumentados durante a sua realização. A tipologia do treino foi determinada pelos respectivos treinadores, que a definiram conforme os objectivos definidos para cada atleta. Por outro lado, podemos referir que não se observaram alterações significativas na maioria dos parâmetros externos da carga (capítulo 5), pelo que a ausência de modificações no rendimento pode estar associada a uma estabilização do volume e intensidade do treino.

Deste modo, perante a escassez de dados sobre esta prova específica e uma vez que os procedimentos metodológicos e as características das amostras dos estudos disponíveis são, também, bastante diferentes, tornando difícil a comparação dos resultados. Assim, optámos por realizar um estudo pormenorizado acerca do comportamento dos resultados na prova de 3000m, em função do tempo, no *ranking* mundial e em *rankings* de alguns países,

incluindo o português. Para além disso, apreciámos os mesmos aspectos em subgrupos de sujeitos com idades compreendidas entre os 17 e os 23 anos. Os quadros 10, 11 e 12 apresentam os principais resultados dessa pesquisa.

**Quadro 10** - Resultados estatísticos da comparação das médias nos diferentes anos (one way ANOVA), em diferentes *rankings* nacionais, constituídos por corredores com idades compreendidas entre os 17 e os 23 anos.

<i>Ranking</i>	F	Valor de P
Português	0,955	0,343
Mundial	0,163	0,691
Espanhol	0,150	0,710
Brasileiro	1,015	0,411
Australiano	0,405	0,542

**Quadro 11** - Variação média anual ( $\pm dp$ ), valor máximo e mínimo, em segundos, dos tempos da prova de 3000m, em corredores com idades compreendidas entre os 17 e os 23 anos, provenientes de diferentes *rankings*.

<i>Ranking</i>	n	Período (anos)	Mínimo (seg)	Máximo (seg)	Média (seg)	Desvio Padrão (seg)
Português	13	3~4	1,5	12,1	5,7	3,3
Mundial	14	2~5	1,0	7,5	3,0	1,9
Espanhol	9	2~4	0,4	8,3	3,3	2,2
Australiano	8	2~3	0,8	10,7	4,4	3,4

**Quadro 12** - Sentido tendencial das alterações ocorridas nos grupos de corredores com idades compreendidas entre os 17 e os 23 anos, provenientes de diferentes *rankings*, em função do tempo.

<i>Ranking</i>	n	Período (anos)	Melhoram consecutivamente	Pioraram consecutivamente	Oscilaram
Português	13	3~4	62%	0%	38%
Mundial	14	2~5	21%	57%	21%
Espanhol	9	2~4	44%	33%	22%
Australiano	8	2~3	50%	25%	25%

Os aspectos mais relevantes que emergiram da análise dos quadros 10, 11 e 12 foram os seguintes: (i) não foram encontradas modificações estatisticamente significativas na velocidade da prova de 3000m em corredores com idades compreendidas entre os 17 e os 23 anos, em quaisquer dos grupos estudados; (ii) a variação média anual situou-se entre os 5,7s (aproximadamente 1%) e os 3s (aproximadamente 0,6%), do grupo de portugueses e do grupo proveniente do *ranking* mundial, respectivamente; (iii) as modificações longitudinais nem sempre são positivas: alguns corredores melhoraram consecutivamente as marcas, outros corredores pioraram e noutros ocorreu uma oscilação não linear.

Os resultados do presente estudo estão, de uma forma global, em concordância com aquelas conclusões, nomeadamente, no que se refere à ausência de alterações estatisticamente significativas dos valores médios do rendimento ao longo do tempo. Uma percentagem de variação do rendimento, na maioria dos sujeitos da nossa amostra, inferior a 3% (aproximadamente 15s) (ver figura 4), também é relativamente próxima da ocorrida nos *rankings* estudados. Esse valor, embora relativamente baixo, se considerado em termos estatísticos, pode ser substancial em termos de classificação na prova. Supondo a realização de uma competição com um grupo homogéneo de atletas, 15s de diferença pode significar o primeiro lugar da classificação ou ocupar os últimos postos. Verificamos, ainda que, em cada época desportiva, a média de rendimento mais elevada ocorreu no ponto de avaliação intermédia (figura 3). Este facto pode significar que aproximadamente 3 meses de treino (até à 1ª avaliação, em cada época) não são suficientes para elevar ao máximo as capacidades de rendimento dos sujeitos. No entanto, também devemos ter em conta que, nesta altura da época, a maioria dos atletas orienta a sua preparação para provas de corta mato que, dadas as suas características e exigências específicas, não possibilita a obtenção de tão boas marcas em provas de 3000m em pista. A segunda avaliação ocorrendo em Março, após um período de treino mais extenso, pode ter influência na elevação do rendimento médio do grupo. Também aqui, a orientação do treino para a “época de Verão” (em pista) pode exercer alguma influência na média do

rendimento. Para além disso, as provas de corrida de 3000m são mais frequentes, pelo que faziam parte dos objectivos específicos de alguns atletas.

A justificação da estagnação do rendimento médio do grupo pode ser complexa e resultar de um grande número de factores. Apesar disso, podemos apontar algumas razões que podem estar relacionadas: (i) os sujeitos que constituem a nossa amostra são indivíduos regularmente treinados. Embora relativamente jovens, estiveram submetidos a vários anos de treino e já se encontram num patamar elevado de desenvolvimento das suas capacidades motoras, pelo que não é de esperar um crescimento linear contínuo no rendimento; (ii) o volume e a intensidade de treino não foram incrementadas significativamente ao longo deste período de tempo (capítulo 5); (iii) alguns atletas não têm como objectivo principal a melhoria do rendimento nesta prova. Assim, é provável que à medida que avançam na sua carreira desportiva modifiquem as finalidades do treino no sentido da obtenção de melhores marcas noutras distâncias; (iv) em cada época desportiva, as prioridades definidas por cada sujeito, relativamente ao momento e à definição das provas em que pretendem obter o máximo rendimento não é sempre coincidente.

### 3.6.2. O *TRACKING* DO RENDIMENTO NO GRUPO

Relativamente à apreciação do *tracking*, verificamos a ocorrência de valores de auto-correlação e do Kappa bastante elevados, o que significa que, de uma forma geral, o nível de rendimento de cada sujeito parece estabilizar. Apesar de alguns cruzamentos dos perfis individuais, os sujeitos de melhor categoria tendem a manter-se no mesmo canal de rendimento. Em virtude da inexistência de trabalhos semelhantes em corredores de MF, não é possível comparar os nossos resultados, pelo que não sabemos se são peculiares desta amostra ou se reflectem uma tendência geral neste tipo de corredores.

A elevada estabilidade no rendimento médio do grupo, e mesmo de cada sujeito considerado individualmente, pode indicar que o nível de prestação depende, em grande parte das suas potencialidades individuais, e que o treino regular apenas exerce uma influência relativamente limitada. Por outro lado, a partir de alguns anos de treino o sujeito aproxima-se do limite superior das

suas capacidades funcionais e, na impossibilidade de aumentar o volume e a intensidade do treino, torna-se cada vez mais difícil repetir as melhores marcas pessoais.

A elevada estabilidade no rendimento em provas de MF, nomeadamente na distância de 3000m, acontece também nos grupos de sujeitos dos *rankings* de diferentes países e do *ranking* mundial. Uma análise pormenorizada desses *rankings*, ao longo de vários anos, permite verificar que alguns atletas permanecem em posições do *ranking* relativamente próximas durante diversos anos. Verificamos, ainda, que alterações médias dos tempos de prova são bastante reduzidas e, nem sempre, positivas, isto é, as marcas de alguns atletas não melhoram consecutivamente de um ano para o ano seguinte. Assim, a melhoria do rendimento não acontece linearmente, tanto em corredores de nível médio (nosso estudo), como também em atletas de elite mundial.

### 3.7. CONCLUSÕES

A primeira hipótese formulada não foi confirmada, dado que o rendimento do grupo não se alterou significativamente ao longo das 6 avaliações. No entanto, a variação média anual foi semelhante à variação encontrada noutros grupos de corredores, de idades semelhantes, com base na análise dos *rankings* de diversos países e do *ranking* mundial.

A segunda hipótese formulada foi confirmada, na medida em que ocorreu uma forte estabilidade do rendimento em função do tempo, pois constatou-se uma auto-correlação muito elevada, a par existência de uma forte canalização dos valores individuais dentro do grupo.

## 4. ESTABILIDADE E MUDANÇA NO CONSUMO MÁXIMO DE OXIGÉNIO ( $VO_{2max}$ ), NA VELOCIDADE CORRESPONDENTE AO $VO_{2max}$ ( $VELVO_{2max}$ ), NO LIMIAR ANAERÓBIO ( $LAn$ ) E NA ECONOMIA DE CORRIDA (EC).

### 4.1. INTRODUÇÃO

O desempenho em corridas de MF, entre as quais se integra a prova de 3000m, depende da optimização de um elevado número de parâmetros fisiológicos, nomeadamente os relacionados com a capacidade e potência aeróbias. Neste âmbito o  $VO_{2max}$ , a EC, o  $LAn$  e a  $VelVO_{2max}$  têm sido parâmetros frequentemente associados com a modificação do rendimento neste tipo de provas (116, 125, 238, 244). Embora diversos estudos tenham procurado averiguar o efeito dum determinado período de treino sobre um ou outro parâmetro, o estudo simultâneo dos quatro parâmetros raramente tem sido efectuado. Para além disso, os estudos disponíveis na literatura só muito raramente superam a duração de um ano, pelo que é grande o desconhecimento acerca da forma como se alteram, ou como se inter relacionam em períodos de tempo mais alargados. Neste contexto, pretendemos estudar as alterações longitudinais nestes parâmetros de duas formas: (i) pesquisando as eventuais alterações nos valores médios e (ii) apreciando o *tracking*.

### 4.2. A EC

#### 4.2.1. CONCEITO E AVALIAÇÃO

A emergência do estudo da EC justifica-se, fundamentalmente, porque a utilização eficiente da energia disponível possibilita a optimização do rendimento, não só em corridas de MF e fundo, como em qualquer actividade

desportiva. Considerando eficiência<sup>1</sup> como a relação entre o trabalho efectuado e a energia dispendida na sua realização (75), tem todo o sentido admitir que a melhoria da EC seja uma finalidade para qualquer atleta, pois o mesmo dispêndio energético pode permitir-lhe efectuar um maior trabalho como, por exemplo, correr a uma velocidade relativamente superior, o que traduz, claramente, uma vantagem relativamente a outro sujeito menos económico (207).

O conceito de economia de corrida, introduzido por Daniels (75) na literatura especializada, refere-se ao valor estabilizado do consumo de oxigénio relativamente a determinada velocidade sub-máxima de corrida (68, 75, 139, 175, 191, 205) e é, normalmente, relativizado à distância percorrida.

A EC, em determinadas situações, é sinónima de custo energético, pois o cálculo deste baseia-se, geralmente, nos valores do consumo de oxigénio avaliado durante a actividade (54). No entanto, a estimação desse gasto energético, a partir dos valores do VO<sub>2</sub>, apenas é rigorosa se observados os seguintes pressupostos (175): (i) que todo o ATP produzido resulte da respiração celular e não da quebra dos fosfagénios ou da degradação anaeróbia dos hidratos de carbono; (ii) que a contribuição energética resultante da degradação das proteínas seja insignificante (dadas as características dos testes, de natureza sub-máxima, este pressuposto não está em questão); (iii) que se atinja uma estabilização no VO<sub>2</sub> (geralmente após 2-3 minutos); (iv) que as velocidades sub-máximas escolhidas sejam inferiores à velocidade associada ao LAn; (v) que o quociente respiratório seja inferior a 1. Nestas condições, um litro de oxigénio equivale, em termos médios, a um dispêndio energético de 5 kcal (20,9 kJ) (163). Assim, dada esta relação directa entre o VO<sub>2</sub> consumido e o custo energético associado, é usual a utilização do conceito de economia, expresso pelos valores do consumo de oxigénio, aquando do estudo de actividades que têm por base a corrida.

---

<sup>1</sup> A eficiência metabólica é determinada, geralmente, pelo cálculo da razão entre a variação da energia mecânica desenvolvida e a variação da energia metabólica dispendida na sua realização. Por exemplo, em cicloergómetro, se a potência mecânica associada a uma variação de 50W for igual a 3 kJoules/min, e a potência metabólica associada a essa variação de 50W for igual a 18,9 kJoules/min (calculado a partir da variação do VO<sub>2</sub>), a eficiência metabólica será  $\frac{3kJoules/min}{18,9kJoules} = 0,15 = 15\%$  (23, p:13).

De uma forma geral, a relação entre o  $\text{VO}_2$  sub-máximo e a velocidade de corrida pode ser expressa por uma recta de regressão (Daniels (75), isto é, um aumento da velocidade provoca um incremento proporcional do  $\text{VO}_2$ , significando que o dispêndio total de energia depende, essencialmente, da distância percorrida e do peso do indivíduo (23). Assim, o custo energético total da corrida, a determinada velocidade sub-máxima e com  $\text{VO}_2$  estabilizado, é bastante semelhante, independentemente de se correr a velocidades baixas ou a velocidades superiores (163). No entanto, quando o mesmo indivíduo é avaliado a diferentes velocidades, pode verificar-se uma ligeira flutuação daquela relação ( $\text{VO}_2$  / velocidade) (257). Embora alguns estudos calculem a EC a partir da determinação do  $\text{VO}_2$  a uma única velocidade (24, 29), é frequente, também, a sua determinação a partir de vários valores de  $\text{VO}_2$ , correspondentes a diferentes velocidades (73, 92, 173, 174, 238). Williams (257) aconselha este procedimento – a partir da recta de regressão – quando se pretende um escalonamento dos sujeitos.

Nos últimos anos muitos estudos se têm debruçado sobre este tema – da Economia de Corrida - no sentido de uma melhor compreensão das diferenças inter-individuais, intra-individuais, caracterização dos factores determinantes associados, ou como motivo de reflexão, emergindo como ideia fundamental a dependência deste parâmetro de um elevado número de factores fisiológicos, biomecânicos ou outros (6, 19, 75, 159, 172, 175, 185, 258, 264).

#### 4.2.2. FACTORES DETERMINANTES DA EC

Os valores da EC parecem depender de um grande número de factores. Morgan e col (175) destacam os seguintes: a variação intra-individual, o sexo, a idade, a superfície de corrida, a temperatura, a fadiga, o treino, a biomecânica da corrida. No entanto, outros têm sido igualmente referenciados, tais como o estado psicológico do atleta (70, 260), a hereditariedade (205) e o  $\text{VO}_{2\text{max}}$  (173).

#### 4.2.2.1. VARIACÃO INTRAINDIVIDUAL

A variação intra-individual na EC tem sido estudada por diversos investigadores. A comparação dos seus valores em diferentes momentos do dia, ou em dias consecutivos, é uma forma usual de pesquisa.

Morgan e col (175) após uma revisão bibliográfica referem a possibilidade de uma variação intra-individual entre 3 e 11%. Morgan e Craib (172), num trabalho posterior, indicam uma média do coeficiente de variação na EC compreendida entre 1 e 4%, em velocidades compreendidas entre 10,19 e os 16,09 km/h. Estes dados resultaram da avaliação de grupos de sujeitos (homens e senhoras) moderadamente e bem treinados, testados periodicamente ao fim de 2, 4, 20 e 28 dias. Os autores concluem que uma determinação fiável e representativa pode ser obtida em corredores treinados, a partir de um único teste, desde que os sujeitos sejam avaliados na mesma hora do dia, com vestuário semelhante, familiarizados com a corrida em tapete rolante e não estejam fatigados. Outros estudos parecem confirmar que a variação intra-individual não tem significado estatístico, desde que se controlem os factores referidos anteriormente (175, 191, 176, 259, 51).

#### 4.2.2.2. GÉNERO

A comparação da EC entre ambos os sexos tem sido realizada por vários autores. Morgan e col (175) e Daniels (75), após criteriosas revisões bibliográficas, sugerem a possibilidade dos valores da EC não serem significativamente diferentes, consoante o género. No entanto, estudos mais recentes não revelaram uma tendência evidente num determinado sentido, i.e., enquanto algumas pesquisas referem uma melhor EC nos homens (73), outros indicam vantagem nas senhoras (107) ou, ainda, uma aparente semelhança de resultados (57, 186, 254). No entanto, devemos notar que alguns trabalhos determinam o VO<sub>2</sub> relativo normalizado a  $\frac{3}{4}$  da massa corporal (ml/kg<sup>0,75</sup>/min) (107), resultando diferenças no valor calculado da EC. Utilizando este procedimento, Walker e col (254), num estudo com adolescentes, dos 12 aos 18 anos, não encontraram um efeito significativo do sexo na EC.

A apreciação de outros estudos (7, 73, 77, 107, 122, 186, 249, 254, 268), bem como de trabalhos de revisão bibliográfica (75, 172, 175), permitem salientar o facto dos procedimentos metodológicos e características das amostras raramente serem idênticos, o que dificulta a apreciação das conclusões. Também Morgan e Craib (172) referem a falta de homogeneidade nos procedimentos metodológicos dos diversos estudos que procuraram avaliar a EC em homens e mulheres com semelhante  $VO_{2max}$ , tempo de treino e rendimento. Aparte essas diferenças, podemos constatar uma tendência para a semelhança na EC em ambos os sexos (75, 77, 107, 122, 175, 186, 268).

#### 4.2.2.3. IDADE

Morgan (168), após uma exaustiva revisão bibliográfica refere a ocorrência de uma melhoria progressiva na EC da criança até ao estado adulto. Os estudos que relacionam a EC ao longo de diferentes idades, geralmente comparam os valores da EC em indivíduos não treinados. Assim, apenas se conclui que o crescimento normal da criança, na sua passagem para a juventude e estado adulto, provoca uma progressiva alteração na EC, no sentido da sua melhoria.

As explicações para uma melhoria da EC e economia da marcha, com o desenvolvimento ontogenético podem ser múltiplas. Morgan (168), tendo em conta diferentes estudos, avança um conjunto de factores observados nas crianças, que se alteram com o crescimento, como associados a uma pior EC: (i) menor eficiência na ventilação pulmonar; (ii) maior frequência da passada; (iii) padrão de corrida imatura; (iv) desproporção da superfície corporal relativamente ao peso corporal; (v) uma menor capacidade de armazenamento e produção da força elástica muscular; (vi) desequilíbrio entre o peso corporal e a massa muscular das pernas; (vii) distribuição mais distal do peso nas extremidades inferiores; (viii) maior dependência do metabolismo lipídico e menor capacidade relativa de utilização das fontes energéticas anaeróbias. No entanto, o mesmo autor chama a atenção para o facto de, embora teoricamente, estes factores estarem associados ao  $VO_2$ , as evidências que confirmem uma relação “causa-efeito” serem limitadas (168).

Apesar da grande maioria dos estudos referir a melhoria da EC com a idade, Walker e col (254), num estudo longitudinal com adolescentes não observaram uma variação significativa.

Outros estudos confirmam a tendência para a melhoria da EC ao longo do processo de crescimento dos indivíduos (4, 7, 58, 138, 139). No entanto, não parece haver razões bem definidas e definitivas que permitam explicar essa melhoria. A maior relação entre superfície e peso corporal e a maior frequência da passada, verificadas nas crianças e jovens relativamente aos adultos, parecem ser os factores determinantes.

#### 4.2.2.4. SUPERFÍCIE DA CORRIDA E CONDIÇÕES AMBIENTAIS

A superfície de corrida parece influenciar decisivamente a EC. Como seria de esperar, o tipo de piso influencia o custo energético da corrida (123). Pisos de areia ou corta-mato exigem um maior dispêndio energético, relativamente a pisos planos e duros. Jansen e col (122) avaliaram a EC à mesma velocidade, num grupo de corredores, em tapete rolante, em terra batida e em percurso de corta-mato. Os consumos de oxigénio foram 136% e 170% superiores, respectivamente, nos dois últimos, relativamente ao primeiro. Para além deste estudo, outras pesquisas também observaram diferenças na EC conforme o tipo de piso utilizado (122, 123, 127, 163).

Daniels (75), após uma exaustiva revisão bibliográfica, concluiu a existência de um maior custo energético da corrida, no exterior, relativamente à corrida em tapete rolante. Para além disso, refere que as diferenças são mais fáceis de encontrar a velocidades elevadas, nas quais o efeito da resistência do ar é superior. A este propósito, Pugh (citado em 23) avaliou a parte do custo energético relacionado com a resistência ao ar, precisando que a velocidades inferiores a 15,6 km/h o efeito da resistência do ar era insignificante. Por seu lado, Davies (76) refere que o custo energético necessário para vencer a resistência do ar, num dia calmo e no exterior, a uma velocidade de 18km/ é da ordem dos 2%. Essa percentagem é inferior a velocidades menores, o que pode tornar o seu efeito desprezível uma vez que os erros de avaliação do VO<sub>2</sub> podem ser próximos desta percentagem (23).

A apreciação de estudos realizados em diferentes superfícies de corrida (122, 123, 127, 163) permitem concluir que pisos moles exigem um maior dispêndio energético do que pisos duros. A extrapolação da EC obtida em tapete, para a pista, é apenas possível quando a avaliação em pista ocorre em condições estáveis, sem vento e a velocidades relativamente baixas (inferiores a 18 km/h).

#### 4.2.2.5. MASSA CORPORAL

O custo energético da corrida depende da massa corporal do sujeito, por consequência a EC é, normalmente, relativizada ao peso corporal e expressa em ml/kg/km. Desta forma, pressupõe-se a eliminação do efeito do peso, permitindo uma comparação inter-individual (18, 159, 175). No entanto, alguns estudos contrapõem a opinião de que a EC pode ser influenciada pelo peso corporal (47, 107, 186, 190). Nesse sentido, Sjodin e Svedenhag (227) pesquisaram o efeito do treino num grupo de corredores dos 12 aos 20 anos. Uma das principais conclusões foi que a EC, expressa pelo  $\text{VO}_2$  (ml/kg/min), à velocidade de 15km/h melhora ao longo do tempo, no entanto, se expressa em  $\text{ml/kg}^{-0,75}/\text{min}$ , não traduz melhorias significativas. Noutro estudo de revisão, Svedenhag (184), refere que este procedimento, de normalização do  $\text{VO}_2$  a  $\frac{3}{4}$  da massa corporal, pode ser de grande importância na comparação de grupos de sujeitos de diferentes pesos corporais, ou em trabalhos longitudinais onde se verifica uma grande variação do peso dos indivíduos.

Uma forma interessante de testar a influência do peso corporal na EC é a que utiliza pesos adicionais, colocados no tronco do sujeito, durante a avaliação. Thorstensson (246) examinou o efeito de um aumento moderado do peso (10%) na EC em adultos e em crianças de 10 anos de idade. Verificou uma pequena, mas consistente, diminuição no  $\text{VO}_2$  relativo (ml/kg/min) em ambos os grupos e em todas as velocidades (excepto nos adultos a 8km/h). O autor sugere que a melhoria da EC, com cargas adicionais, pode estar relacionada com uma optimização da utilização da capacidade elástica do músculo. No entanto, o autor também chama a atenção para o facto da simulação do aumento do peso do indivíduo, pela colocação de pesos

adicionais não corresponder, exactamente, ao que se passa quando se aumenta de peso naturalmente.

Perante este contexto, podemos referir que alguns estudos reconhecem a influência do peso corporal na EC (47, 107, 186, 190), parecendo emergir a tendência de indivíduos mais pesados serem mais económicos. No entanto, praticamente todos os trabalhos apresentam a EC normalizada a 100% do peso corporal e expressa em ml/kg/m ou ml/kg/km.

#### 4.2.2.6. FADIGA

A associação da EC com a fadiga tem sido estudada, nos últimos anos, por vários investigadores (54, 63, 68, 82, 94, 96, 97, 166, 174, 177, 180, 233, 262). Nesse sentido, a EC é avaliada antes e após um determinado esforço, ou durante o decurso de um exercício prolongado.

Morgan e col (172, 175), referem a falta de consenso da literatura no que diz respeito ao efeito da fadiga na EC. No sentido de clarificar esta questão, Morgan e col (174) avaliaram os efeitos, a curto prazo, da fadiga provocada por uma corrida de 30 min a 85% da  $VeVO_{2max}$ , tendo chegado à conclusão de que tal esforço não provoca uma alteração significativa do  $VO_2$  sub-máximo, nem das variáveis biomecânicas da corrida.

A apreciação das conclusões dos estudos referidos anteriormente, bem como de outros realizados nesta temática (54, 63, 82, 94, 96, 97, 68, 166, 174, 177, 180, 233, 262) parece indicar que a EC não é afectada pela realização prévia de esforços, mesmo elevados, de pequena ou média duração, deteriorando-se, apenas, após esforços de longa duração (>30min).

#### 4.2.2.7. TREINO

As pesquisas realizadas com a finalidade de associação do treino com a EC têm tido, geralmente, um dos seguintes objectivos: (i) a comparação entre adultos treinados e destreinados (171); (ii) a comparação em atletas treinados de ambos os sexos (57, 73, 107, 186); (iii) o estudo de sujeitos que treinam regularmente (50, 74, 78, 124, 125, 185, 238, 264); (iv) o estudo de sujeitos não treinados

regularmente (12, 52, 91, 143, 269); (v) o estudo de atletas com diferentes idades e/ou com diferentes anos de treino (4, 58, 190, 222); a comparação do efeito de diferentes tipos de treino (diferente volume e/ou intensidade) na EC (91, 171, 222).

Dos estudos mencionados anteriormente, vários referem uma associação positiva entre o efeito do treino e a melhoria da EC (12, 52, 58, 78, 91, 124, 125, 143, 171, 185, 222, 238.). No entanto, vários autores não encontraram qualquer associação (4, 50, 74, 190, 264), tendo mesmo algumas pesquisas encontrado um efeito negativo do treino (269).

A grande diversidade de finalidades dos estudos, a par da utilização de procedimentos muito diferenciados, torna difícil a generalização das conclusões e, assim, permanecem as dúvidas acerca da influência do treino na EC. Apesar disso, parece vislumbrar-se a possibilidade do efeito do treino se fazer sentir, mas apenas, após grandes períodos de tempo (143, 171). Adicionalmente, parece que os corredores mais económicos são aqueles mais dotados anatomicamente e geneticamente (172).

#### 4.2.2.8. ASPECTOS BIOMECÂNICOS

A apreciação de alguns aspectos biomecânicos da corrida e a sua associação com a EC tem sido feita por alguns investigadores, pois parece aceitável que uma boa técnica de corrida tenha implicações positivas no gasto energético. As variáveis cinemáticas mais frequentemente associadas com a EC são: a velocidade de corrida, a relação amplitude/frequência da passada, a velocidade de propulsão horizontal, a oscilação vertical do centro de massa, a inclinação do tronco, o percurso do pulso, a velocidade máxima de extensão da coxa, a extensão máxima do joelho no final da impulsão, a flexão máxima do joelho durante a fase de sustentação, a velocidade máxima de flexão do joelho, a velocidade linear mínima do joelho, o ângulo máximo de flexão dorsal, a velocidade máxima de flexão dorsal, o ângulo máximo de flexão plantar, a velocidade máxima de flexão plantar e a velocidade horizontal do calcanhar aquando do contacto no solo (175).

Mais recentemente, outros parâmetros biomecânicos da corrida têm sido associados, nomeadamente a potência mecânica e outras variáveis

expressando as características elásticas dos músculos (105). No que diz respeito à avaliação da potência mecânica, esta é, normalmente, considerada como descritor global do esforço muscular e, neste sentido, teria vantagem relativamente a variáveis cinemáticas centralizadas em aspectos parcelares do ciclo de passada (159). No entanto, a avaliação da potência mecânica defronta-se com uma grande limitação, que é a incapacidade para integrar a contribuição isométrica muscular, durante a fase de sustentação (159, 158). Após uma revisão bibliográfica, Anderson (6) conclui que a grande variedade de métodos inventados para o cálculo/estimação da potência mecânica, servindo-se de avaliações de diferentes variáveis, leva a resultados por vezes bastante diferentes. Acrescentando que todos os métodos têm desvantagens dependendo, estas, dos pressupostos previamente definidos, o que coloca muitas reservas na sua aplicação prática.

De entre as variáveis cinemáticas associadas, destacam-se a amplitude e a frequência da passada. Neste campo, Morgan e col (175) e Sparrow e col (232), após revisões bibliográficas referem que, para uma mesma velocidade, o  $\dot{V}O_2$  tende a evoluir de forma curvilínea (em forma de “U”) à medida que a amplitude passa de valores intencionalmente encurtados a alongados. Os valores mais baixos da EC são encontrados em amplitudes adoptadas livremente pelo atleta. Assim, parece haver evidências de que o atleta, espontaneamente, consegue manipular alguns aspectos da técnica de corrida, no sentido de minimizar o custo energético. Esta auto-optimização é, presumivelmente, adquirida por intermédio de *feedback* interno (65). Algumas suposições parecem explicar este facto (6): (i) quando a passada é alongada, é solicitada uma maior propulsão, provocando uma maior oscilação vertical do centro de massa. Desta forma o impacto ao retomar o contacto com o solo aumenta, necessitando mais força para efectuar o amortecimento; (ii) contrariamente, quando a passada é de menor amplitude, pode aumentar o trabalho interno pelo aumento da frequência da passada e por outros movimentos segmentares associados. A ideia de uma relação óptima entre a velocidade de corrida e a relação frequência/amplitude da passada pode levar-nos a considerar que a capacidade de armazenamento de energia mecânica dos músculos e tendões

implicados na corrida, nomeadamente dos membros inferiores, possa ser um aspecto importante na EC. O estudo efectuado por Heise e Martin (105) aponta para essa possibilidade, ao concluir que uma maior rigidez vertical efectiva do membro inferior se associa a uma boa EC. Isto pode querer dizer que a capacidade elástica dos músculos e tendões é mais eficaz quando submetida a determinada tensão. O reconhecimento de que a eficiência é maior no sujeito durante a corrida, relativamente àquela que seria de esperar se fossem considerados os músculos isoladamente, suporta a explicação de que as estruturas elásticas dos membros, nomeadamente dos tendões, possa contribuir significativamente para a maior eficiência mecânica durante a corrida (14).

Diversos estudos relacionaram a EC com várias variáveis biomecânicas (105, 140, 143, 149, 158, 239, 258). No entanto, convém referir que as variáveis analisadas não foram sempre as mesmas e que as diferentes características dos sujeitos das várias amostras podem levar, só por si, a valores bastantes distintos nas variáveis cinemáticas, não sendo possível chegar a conclusões consensuais e definitivas.

Martin e Morgan (159), bem como Williams e Cavanagh (258), tendo por base diferentes estudos, consideram que a associação entre aspectos biomecânicos da corrida e a EC é complexa e pode ser ardilosa, pois uma característica mecânica pode ser favorável em termos de economia num indivíduo e prejudicial noutro, como, por exemplo, as diferenças na flexibilidade, no comprimento dos membros inferiores, ou noutros factores (258).

De uma forma geral parece verificar-se uma fraca associação entre aspectos biomecânicos e a EC. No entanto, não tem havido uma homogeneidade nos procedimentos nem nas variáveis escolhidas. Em todo o caso, a frequência da passada parece ser aquela que apresenta maior associação, mas sem grande relevância prática, pois cada corredor escolhe espontaneamente a relação frequência / amplitude mais adequada (232).

#### 4.2.2.9. OUTROS ASPECTOS

Para além dos aspectos referidos anteriormente, outros têm sido associados com a EC, de entre os quais podemos destacar: a flexibilidade, os factores genéticos, o  $VO_{2max}$  e a tipologia das fibras musculares.

No que diz respeito à flexibilidade, apenas encontramos um trabalho que examinou a sua associação com a EC (69). Neste caso, foi encontrada uma associação negativa, i.e., níveis elevados de flexibilidade estão associados a uma pior EC. A ideia de uma elevada flexibilidade, nos músculos e tendões que suportam a corrida, aumentar o custo energético da corrida não parece descabida e vai de encontro às conclusões de Heise e Martin (105), os quais verificaram uma associação significativa entre a rigidez do membro inferior e a EC. No mesmo sentido, Barclay (14) verificou que a eficiência mecânica da corrida depende, em parte, da capacidade de armazenamento e restituição de energia por parte dos tendões. No entanto, outros estudos serão necessários para confirmar esta tendência. Os próprios Heise e Martin (105) chamam a atenção para os cuidados a ter na extrapolação destes resultados, pois um nível de flexibilidade razoável pode ser vantajoso a outros níveis.

Outro aspecto, raramente associado com a EC, é a hereditariedade. Rodas e col (205) pesquisaram a contribuição dos factores genéticos e ambientais na EC. Para isso, serviram-se de uma amostra de 16 pares de gémeos, desportistas amadores: 8 monozigóticos e 8 dizigóticos. Não foram detectadas quaisquer componentes genéticas na EC. No entanto, devemos notar o reduzido número de elementos da amostra.

A tipologia de fibras musculares é outro factor associado com a EC. No entanto, poucos estudos se debruçaram sobre este tema. Horowitz e col (115) pesquisaram directamente a associação entre o tipo de fibras musculares e a eficiência do movimento em provas de longa duração, em cicloergómetro. Concluíram que uma elevada percentagem de fibras tipo I apresentava uma correlação superior com a EC. No entanto, essa tendência não se observou noutros estudos (76).

### 4.3. O LAn

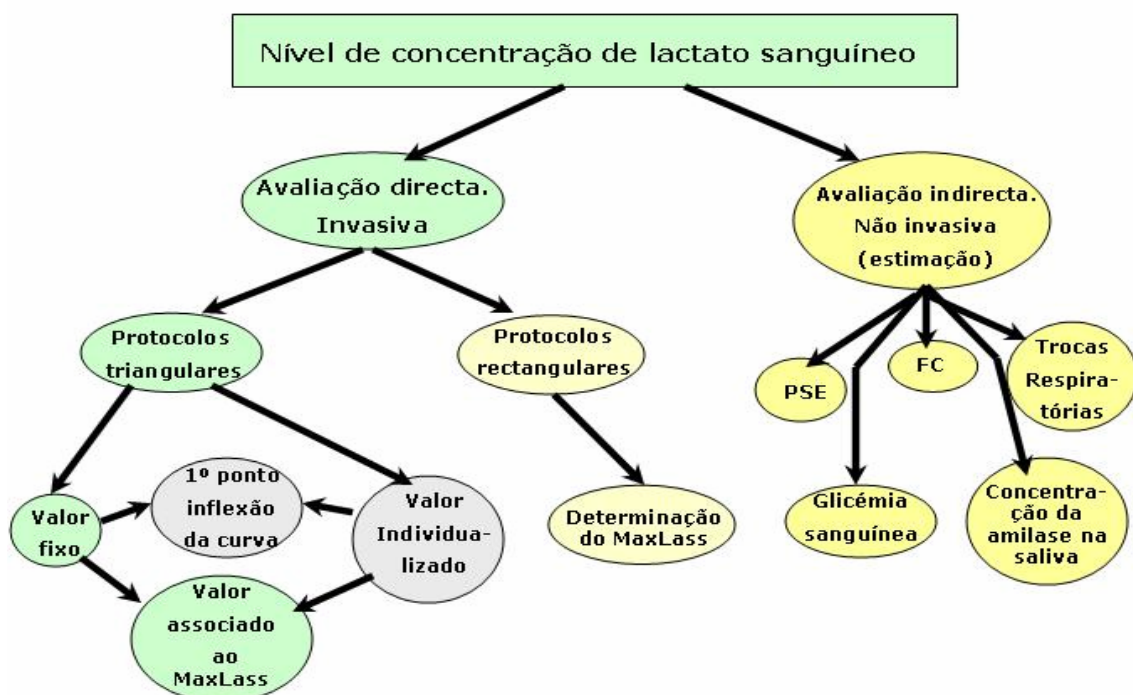
#### 4.3.1. CONCEITO E AVALIAÇÃO

A relação entre a evolução da concentração do lactato sanguíneo e a intensidade do exercício, tem sido estudada por um grande número de investigadores. Durante a realização de exercícios suaves ou moderados, o ATP necessário para a contracção muscular é conseguido, predominantemente, pela via da oxidação mitocondrial. Deste modo, o ácido láctico formado na glicólise é oxidado e, conseqüentemente, a concentração do lactato permanece quase constante (11). À medida que a intensidade do exercício aumenta, o  $VO_2$  cresce linearmente, mas a concentração de lactato não se altera significativamente até 60%-70% do  $VO_{2max}$  (53), crescendo exponencialmente a intensidades superiores. Assim, a atenção de muitos investigadores centrou-se na determinação da intensidade crítica, a partir da qual se verifica um aumento acentuado da lactatemia em função do tempo. De facto, verificou-se a existência de uma intensidade limiar para além da qual, qualquer aumento determinava um rápido aumento da lactatemia. Esta intensidade limiar foi denominada estado de equilíbrio máximo de lactato (MaxLaSS) (98, 89, 128, 189). A este estágio de transição, observável a partir do momento em que ocorre um aumento exponencial da concentração de lactato, em função da intensidade do esforço é, geralmente, atribuída a denominação de limiar anaeróbio (LAn). O LAn pode ser associado ao MaxLaSS, visto que o primeiro pretende expressar o segundo.

No nosso trabalho vamos utilizar os termos LAn, visto ser o mais frequentemente utilizado, embora sabendo que o ponto de inflexão da concentração de lactato, por si, não fornece qualquer informação do metabolismo anaeróbio, mas reflecte apenas o equilíbrio entre o lactato que entra e o que é removido do sangue (53).

Embora o conceito de LAn não seja recente, ainda se verifica alguma controvérsia, tanto sobre a explicação do fenómeno, como acerca da validade da metodologia empregue na sua identificação. Esta situação complica-se ainda mais quando se procura comparar a sua detecção a nível metabólico, através da avaliação da cinética do lactato, com formas de detecção não

invasivas (245). A partir do início da década de 50, surgiu uma enorme variedade de designações e conceitos de LAn, envolvendo tanto métodos de avaliação directa (invasivos), com recurso a doseamentos sanguíneos de lactato, como métodos de avaliação indirecta (não invasivos), que recorriam à análise das alterações das trocas gasosas, da frequência cardíaca ou outros indicadores como forma de o estimar. A figura 5 apresenta, de forma esquemática, as diversas formas de avaliação (e/ou estimação). No entanto, no nosso trabalho vamos ter em conta, apenas, as formas directas de determinação do LAn.



**Figura 5.** Formas directas e indirectas de determinação do LAn. PSE- percepção subjectiva do esforço; FC – frequência cardíaca; MaxLaSS – estado de equilíbrio máximo de lactato.

As metodologias de avaliação directa do LAn são as que se baseiam na determinação das concentrações de lactato no sangue. A literatura especializada apresenta uma grande variedade de procedimentos e de protocolos de determinação. De uma forma geral esses métodos pretendem determinar um de dois tipos de limiares (104): (i) limiares indicando o início do incremento da concentração acima dos valores de repouso; (ii) limiares indicando o estágio mais elevado de equilíbrio entre a produção e remoção.

Desse modo, o limiar anaeróbio pode ser definido de várias formas, por exemplo, pode ser considerado como a intensidade máxima de exercício em que se verifica um *steady-state* do lactato sanguíneo, i.e., a carga mais elevada em que ocorre um equilíbrio entre a produção e a remoção de ácido láctico, ou a intensidade a partir da qual se verifica um aumento progressivo na acumulação deste catabolito, ou ainda o momento a partir do qual ocorre a transição do metabolismo puramente oxidativo para o parcialmente anaeróbio. Todas estas formas são correctas e podem ser utilizadas para definir este parâmetro, uma vez que expressam exactamente o mesmo significado fisiológico (253).

Como podemos observar na figura 5, existem diversos procedimentos que permitem determinar o LAn. Em relação aos métodos directos, verificou-se que, tanto a duração, como o tipo de incremento da carga por patamar, influenciavam de forma determinante o valor final encontrado para o limiar anaeróbio (28, 151, 263). De facto, muitos dos métodos de determinação referidos sobrevalorizam, frequentemente, esse valor e induzem em erro a sua extrapolação para efeitos do controlo do treino (28, 103, 104, 167, 235, 236). Este problema foi ultrapassado através de pesquisas conduzidas por outros investigadores com o objectivo de determinar qual a carga constante mais elevada (de longa duração) que poderia ser tolerada com uma lactatemia estabilizada, tendo sido obtido um valor médio de 4mmol/l como correspondendo ao equilíbrio máximo de lactato (MaxLaSS) (104, 151).

A este propósito, convirá referir que o limiar anaeróbio pode ser determinado através da concentração sanguínea de lactato, recorrendo tanto a protocolos de incremento progressivo de carga, como a protocolos com patamares únicos de carga constante (longa duração) e com recuperação quase total entre patamares. Em relação à determinação envolvendo patamares de carga constante, o limiar pode ser determinado procurando a intensidade caracterizada por um estado de equilíbrio máximo do lactato (MaxLaSS) (151), i.e., a maior intensidade de exercício em que se verifica uma estabilidade das concentrações sanguíneas de lactato em função do tempo. Deste modo, o MaxLaSS pode ser definido como a carga mais elevada em que

se verifica um equilíbrio do lactato sanguíneo, resultante do equilíbrio entre a sua produção e eliminação (17, 100, 101). Pressupõe-se que seja essa a carga constante mais elevada que pode ser realizada com base no metabolismo oxidativo (17). Para efeitos de determinação, considera-se que o MaxLaSS foi atingido quando a concentração sanguínea de lactato não aumenta mais do que 1mmol/l nos últimos 20min de exercício constante realizado durante 25-30min (100, 104, 231). Através de investigações realizadas em tapete rolante e ciclo-ergómetro foi possível encontrar um valor médio de 4mmol/l como correspondendo ao MaxLaSS (101, 104). Com base neste conceito, vários investigadores procuraram desenvolver métodos que permitissem a detecção ou estimação do MaxLaSS através de protocolos de incremento progressivo de carga funcional (59, 136, 153, 235).

Um desses conceitos foi o limiar aeróbio-anaeróbio de Mader et al. (153). Para estes autores a capacidade de resistência (*endurance*) é caracterizada, acima de tudo, por uma intensidade de exercício em que, após uma produção inicial de lactato, a cobertura total das necessidades energéticas pode ser realizada oxidativamente (100, 153). O momento de transição, do puramente aeróbio para o parcialmente anaeróbio, foi denominado limiar aeróbio-anaeróbio da musculatura activa para essas condições de carga (103, 153). O limiar aeróbio-anaeróbio é ultrapassado, como em todos os processos biológicos, de forma gradual e não abrupta. Estes investigadores conceberam um teste com patamares de carga progressiva como método indirecto para a determinação do MaxLaSS (153). Através desse teste incremental realizado em tapete rolante (patamares de 5min e incrementos de 0.4m/s), verificaram que uma carga de 4mmol/l correspondia ao MaxLaSS (101). Com base nestes resultados, consideraram que a elevação da concentração de ácido láctico até 4 mmol/l no sangue periférico, durante os incrementos graduais de carga, pode ser considerado como critério de determinação do limiar aeróbio-anaeróbio em testes espiro-ergométricos (127). Deste modo, o limiar aeróbio-anaeróbio de Mader et al. (153), vulgarmente designado por limiar das 4mmol/l (104), é definido pela carga correspondente a uma concentração sanguínea de 4mmol/l de lactato e pode ser determinado por interpolação linear da curva de acumulação

de lactato no sangue. O valor limiar de 4mmol/l resultou da constatação de que atletas treinados em endurance podiam tolerar cargas correspondentes a esta concentração durante longos períodos de tempo, mas que cargas superiores normalmente se traduziam por um aumento contínuo da lactatemia (103, 104). Mader et al. (153) chamaram particularmente a atenção para o facto de a duração de cada patamar não dever ser inferior a 4min, considerando mesmo o período de tempo de 5 a 10min como a duração ideal. Salientaram, ainda, que a não observância destas indicações por muitos investigadores tem conduzido, frequentemente, a equívocos sobre a utilidade do LAn.

Embora outros investigadores tenham apresentado outras formas de determinação do LAn referenciado ao MaxLaSS (59, 136, 235), também com correlações elevadas relativamente à medida critério (MaxLaSS), o método de Mader et col (153) apresenta alguns argumentos que o tornam claramente vantajoso em relação aos restantes. Para além de apresentar valores elevados de correlação com o MaxLaSS (100, 101, 103, 104), permite uma determinação extremamente simples (por interpolação linear) e com baixos custos devido ao número reduzido de doseamentos que são necessários. Adicionalmente foram já desenvolvidos testes de terreno a partir dos resultados obtidos em testes laboratoriais (86, 100, 101, 102, 104).

#### 4.3.2. EFEITO DO TREINO NO LAN

A constatação de que o LAn é um bom índice de expressão da capacidade de rendimento do atleta, em provas de média ou longa duração, encaminha-nos para a possibilidade de controlo do treino e da sua eficácia, a partir da sua determinação (66, 87, 213, 217). Desta forma, a apreciação da modificação do LAn pode fornecer, também, uma indicação preciosa acerca do efeito do treino. Neste âmbito, vários estudos têm pesquisado essa associação (108, 118, 132, 162, 193, 213, 217, 236, 244) tentando, por vezes, determinar a metodologia mais eficaz no seu desenvolvimento, sempre baseados no pressuposto de que uma melhoria do LAn corresponde a uma melhoria da capacidade de rendimento do atleta. A melhoria do LAn, em resultado do efeito do treino, parece relacionar-se, predominantemente, com as alterações a nível periférico,

nomeadamente com a tipologia de fibras musculares, a densidade capilar e a capacidade oxidativa do músculo (163).

Santos e Kruger (216) analisaram as características do treino de corredores portugueses de elite de 5000 e 10.000m e verificaram que as intensidades médias da corrida contínua se situavam entre 80 e 90% da V4.

Por outro lado, a constatação de que atletas especialistas em provas de média ou longa duração, apresentam LAn superiores aos dos seus parceiros especialistas em provas de duração curta (213), também pode significar que o processo de treino é um factor a ter em conta. Londeree (147) estudou profundamente o efeito do treino no LAn (láctico e ventilatório), num trabalho de meta-análise, pesquisando artigos no período entre 1967 e 1994, concluindo que uma intensidade do treino próxima do LAn é um procedimento adequado para o seu desenvolvimento e que as principais alterações ocorrem nas primeiras 8-12 semanas de treino, a partir das quais a evolução é mais lenta.

Para além daqueles, outros estudos relacionaram o tipo de treino com a modificação do LAn (2, 108, 113, 118, 132, 162, 193, 213, 217, 244). A apreciação das suas conclusões permite-nos salientar que, em sujeitos regularmente treinados, o volume semanal (2, 113, 132, 162, 193, 217, 244), o treino intervalado (2, 108, 113), e a corrida contínua a intensidade entre 80-85% da V4 (213, 217) parecem ser os factores mais importantes na sua evolução.

#### 4.4. O $VO_{2max}$

##### 4.4.1. CONCEITO E AVALIAÇÃO

O consumo máximo de oxigénio, frequentemente designado por  $VO_{2max}$ , refere-se à capacidade máxima, dos músculos activos de determinado sujeito em captar, transportar e utilizar oxigénio (5, 10, 114, 261). O  $VO_{2max}$  é a medida do metabolismo aeróbio, sendo por isso, frequentemente referido como expressão da potência máxima aeróbia (114). A sua determinação implica que o sujeito seja submetido a um esforço máximo, pelo que devemos ter presente que, nestas

condições, o custo energético total não está unicamente associado à potência aeróbia, dependendo também do contributo do metabolismo anaeróbio (114). Uma avaliação rigorosa do  $VO_{2max}$  pressupõe a medição directa das trocas gasosas durante a ventilação, nomeadamente das fracções expiratórias do  $O_2$  e do  $CO_2$ , durante um exercício de intensidade progressiva até à exaustão (16).

Uma vez que a sua determinação implica a realização de esforços máximos são definidos, normalmente, alguns critérios no sentido de avaliar se esse estado foi ou não atingido. O critério principal é o da ocorrência de um *plateau* no  $VO_2$  (83, 224), isto é, a observação de uma estabilização do  $VO_2$ , apesar de um incremento na intensidade do esforço. No entanto, o facto de em, aproximadamente, 50% dos sujeitos o  $VO_2$  não estabilizar nos níveis mais elevados (234) i.e., não se observar o referido *plateau*, durante testes máximos incrementais, levou ao estabelecimento de critérios secundários. A aceitação de critérios alternativos parece adequada desde que os sujeitos estejam bem motivados (114). Neste caso o maior valor do consumo observado durante a realização do teste incremental ( $VO_2$  pico) pode ser aceite como  $VO_{2max}$ <sup>2</sup> (93, 163, 202).

Embora não haja consenso generalizado acerca da definição dos critérios alternativos para aceitação do  $VO_{2max}$ , são considerados, geralmente, os seguintes (53, 161): (i) estado de exaustão através PSE; (ii) lactatemia acima de 8mm/L no período de recuperação; (iii) R superior a 1, na parte final do teste; (iv) FC no final do teste superior a 85% da FC teórica máxima.

A avaliação do  $VO_{2max}$  pode ser efectuada de forma integrada, numa mesma sessão de avaliação, com outras finalidades. É frequente preceder a sua determinação por outras avaliações, como por exemplo, da economia de corrida (1, 73, 173). Este procedimento é possível dado que a realização prévia de esforços de intensidade moderada, e mesmo relativamente elevada, não parecem alterar o valor do  $VO_{2max}$  (36). Diversos protocolos de avaliação do  $VO_{2max}$  podem ser encontrados na literatura especializada (109, 230, 37, 271).

---

<sup>2</sup> No nosso estudo vamos utilizar a terminologia “ $VO_{2max}$ ”, embora tendo consciência que, em determinadas situações, o termo “ $VO_2$  pico” possa ser utilizado.

#### 4.4.2. FACTORES DETERMINANTES DO VO<sub>2max</sub>

Vários factores influenciam o valor do VO<sub>2max</sub>. Os mais importantes são os procedimentos metodológicos, o potencial genético, o nível de treino, a composição corporal, o género e a idade (252).

##### 4.4.2.1. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O VO<sub>2max</sub> pode ser avaliado na realização de diversas tarefas. No entanto o seu valor pode ser influenciado por alguns factores metodológicos como o tipo de exercício, a percentagem de musculatura envolvida, ou a duração do teste (53, 202), entre outros. Por exemplo, as variações no VO<sub>2max</sub> durante a realização de diferentes formas de exercício reflectem a quantidade de massa muscular envolvida nessa tarefa (163). Assim, a determinação do VO<sub>2max</sub>, no mesmo sujeito, com diferentes procedimentos e baseados em diferentes exercícios pode resultar em valores diferentes (15, 60).

O estudo do efeito da metodologia de avaliação no VO<sub>2max</sub> foi efectuado por diversos investigadores (15, 38, 55, 129, 130, 150, 164, 223, 228, 234). A apreciação dessas pesquisas permite-nos constatar uma grande diversidade de protocolos de determinação do VO<sub>2max</sub>. O grau de incremento da carga, a duração dos patamares e a intensidade do primeiro patamar, embora determinando tempos totais de teste diferentes, não parecem exercer uma influência significativa no resultado final. Por seu lado, um VO<sub>2max</sub> com valor 10-15% menor acontece, geralmente, quando avaliado em cicloergómetro, relativamente ao tapete rolante. Assim, para além dos aspectos protocolares relativos à duração dos patamares e magnitude dos incrementos da intensidade do esforço, a avaliação do VO<sub>2max</sub> deve ser realizada assegurando também outros pressupostos, nomeadamente os seguintes (53): (i) o exercício deve envolver, pelo menos, 50% da massa muscular total; (ii) deve ser contínuo, rítmico com uma duração entre os (12-15min); (iii) deve ser realizado em condições experimentais estandardizadas e agradáveis.

#### 4.4.2.2. O POTENCIAL GENÉTICO

O contributo relativo das componentes genéticas e do envolvimento na expressão de parâmetros fisiológicos e do rendimento não está, ainda, precisamente determinado. No entanto, alguns estudos efectuados em gémeos e em famílias nucleares, apontam para uma importante dependência genética das capacidades físicas individuais, face à evidência crescente da forte heritabilidade,<sup>3</sup> possível de apreciar em algumas expressões fenotípicas, entre as quais o  $VO_{2max}$  (154).

A dependência genética do  $VO_{2max}$  não significa que cada indivíduo terá um exacto  $VO_{2max}$ , cujo valor não poderá ser excedido, mas sim que o valor individual, provavelmente, cairá dentro de determinada amplitude (261). Por seu lado, os valores excepcionalmente elevados da capacidade funcional dos atletas de elite, não reflectem, certamente, apenas os efeitos do treino. A este propósito, Maia e col (154) referem que, apesar de uma grande amplitude nos valores da heritabilidade encontrados em diferentes estudos, a estimativa da variação do  $VO_{2max}$  que pode ser explicada por factores genéticos é, no melhor dos casos de 50%. Da mesma forma, Wilmore e Costill (261) referem que a heritabilidade contribui com 25-50% da variância dos valores do  $VO_{2max}$ .

No entanto, apesar da maioria dos estudos apontarem para uma forte componente genética no  $VO_{2max}$ , alguns autores apresentam resultados discrepantes. Rodas e col (205), estudaram um grupo de 32 gémeos (8 pares monozigóticos e 8 dizigóticos), procedentes de envolvimento semelhante. Todos eram indivíduos activos, participantes regulares em diferentes desportos, principalmente futebol e basquetebol. Não encontraram diferenças significativas na EC nem no  $VO_{2max}$ .

De uma forma geral, podemos referir que, em conjunto, os factores genéticos e do envolvimento influenciam o  $VO_{2max}$ . Os primeiros, provavelmente, definindo as potencialidades do atleta, enquanto os segundos, nomeadamente o treino, arrastando esses valores para uma zona mais elevada e próxima da fronteira superior (261). No entanto, o efeito do treino depende,

---

<sup>3</sup> Heritabilidade: corresponde ao quanto da variação observada num fenótipo é devida às diferenças genéticas entre sujeitos (154).

também, das características individuais, sendo a componente genética determinante na variação dessa resposta (261, 163). Os gémeos parecem responder de forma semelhante a um determinado programa de treino (163).

McArdle e col (163) reconhecem que os factores genéticos exercem um papel importante na resposta individual ao treino, o que dificulta e torna quase impossível a previsão da melhoria baseada nos valores de pré-treino. Por causa dos traços hereditários, alguns indivíduos possuem, à partida, elevados valores de  $VO_{2max}$ , enquanto que outros podem reagir melhor ao treino e ser mais “treináveis”.

#### 4.4.2.3. IDADE

O  $VO_{2max}$  absoluto (L/min) evolui com a idade, geralmente, até ao final da puberdade, nas raparigas, e até aos 16-18 anos, nos rapazes (8, 156). Estes autores, após apreciação de vários estudos longitudinais, concluem que, nos rapazes, se confirma um incremento consistente no valor do  $VO_{2max}$  (L/min) dos 8 aos 16-18 anos. Nas raparigas a estabilização do  $VO_{2max}$  acontece um pouco mais cedo, por volta dos 14 anos. Robergs e Roberts (203) referem que a taxa de incremento do  $VO_{2max}$  (L/min) é semelhante em ambos os sexos até à idade de 12 anos. A partir daí o incremento nos rapazes continua até aos 18 anos, enquanto nas raparigas praticamente estabiliza a partir dos 14 anos.

Quando o valor do  $VO_{2max}$  é relativizado ao peso corporal (ml/kg/min) as diferenças com o crescimento desaparecem quase completamente. Armstrong (8) apreciou os valores do  $VO_{2max}$ , ao longo da idade (6-16 anos) e verificou que permanecem estáveis, principalmente nos rapazes. No entanto observou uma grande heterogeneidade de valores, em cada idade e um inequívoco declínio nas raparigas a partir dos 12-14 anos. Assim, os autores concluem que a avaliação e interpretação da aptidão aeróbia é complexa e dependente, fundamentalmente, da idade cronológica, maturação e composição corporal (8).

Malina e Bouchard (156) referem que, independentemente da forma de expressão do  $VO_{2max}$ , é visível uma forte dispersão dos valores individuais em todas as idades. O desvio padrão geralmente atinge os 15% dos valores médios, o que significa que algumas crianças/jovens obtêm valores muito

diferentes dos valores médios para a sua idade e sexo. Por essas razões, algumas raparigas obtêm valores superiores a alguns dos seus pares do sexo masculino, apesar de, em termos médios, apresentarem valores significativamente mais baixos.

Embora a evolução do  $VO_{2max}$ , em idade de crescimento, esteja relativamente bem documentada, a estabilidade individual nesse período tem sido pouco pesquisada. Malina e Bouchard (156) referem apenas um estudo longitudinal com rapazes (11 aos 18 anos), no qual se verificou uma correlação, ano a ano, bastante baixa ( $r=0,3$ ), levando os autores a sugerirem que o  $VO_{2max}$  não parece ser uma variável estável durante a adolescência.

Nos adultos o  $VO_{2max}$  tende a decrescer com a idade, principalmente a partir dos 25-30 anos (99, 121, 131, 241, 248). Este facto parece ocorrer também em sujeitos treinados (95, 195, 248). A taxa média de declínio do  $VO_{2max}$  com a idade situa-se à volta de 10% por década e parece ser independente do nível de treino dos sujeitos (99, 195, 241). No entanto, os indivíduos treinados apresentam valores superiores de  $VO_{2max}$ , relativamente aos sedentários (248).

Perante o exposto, e de forma global, podemos sintetizar que o  $VO_{2max}$  cresce normalmente até à fase de adolescência. A partir daí, até ao estado adulto, o  $VO_{2max}$  relativo parece estabilizar, ou mesmo decrescer nas raparigas. Nos adultos, a partir dos 25-30 anos ocorre, geralmente, um decréscimo de aproximadamente 10% por década, tanto em sujeitos treinados como sedentários.

#### 4.4.2.4. GÉNERO

O  $VO_{2max}$  varia significativamente conforme o sexo dos sujeitos. Os valores médios de referência para jovens masculinos situam-se entre 40 e 65 ml/kg/min, com as raparigas a apresentarem valores entre 35 e 55 ml/kg/min (266).

Armstrong (8) refere que o  $VO_{2max}$  nos rapazes, a partir dos 11 anos, é significativamente superior ao das raparigas. A tendência para uma

superioridade nos sujeitos do sexo masculino continua a verificar-se durante a fase adulta e terceira idade (9, 270).

Os valores do  $VO_{2max}$  das senhoras são, geralmente, 15 a 30% inferiores aos dos homens. Em atletas bem treinados, essa diferença situa-se entre os 15 e 20% (163), acentuando-se ainda mais se o  $VO_{2max}$  for expresso em valores absolutos (L/min).

As diferenças no  $VO_{2max}$  são atribuídas, geralmente, às diferenças na composição corporal e na quantidade de hemoglobina no sangue (163). Por seu lado, Brooks e col (53) referem que o incremento do  $VO_{2max}$  nos rapazes, durante a puberdade se deve, fundamentalmente, ao aumento da massa muscular e tamanho do coração.

Em síntese, a apreciação global daqueles e de outros estudos (9, 133, 134, 270) permite-nos salientar que, em crianças e jovens, é observada uma superioridade no  $VO_{2max}$  dos rapazes relativamente às raparigas, tanto em termos absolutos como em termos relativos. Em adultos, é frequente encontrar valores de  $VO_{2max}$  10-15% superiores nos homens, persistindo em sujeitos treinados.

#### 4.4.2.5. EFEITO DO TREINO NO $VO_{2max}$

O treino desportivo tem como finalidade última a obtenção do melhor rendimento possível. Tem em conta as possibilidades (potencialidades) do indivíduo (factores internos), e serve-se dos meios, métodos e condições (factores externos), para influenciar o processo de desenvolvimento das capacidades do atleta e, por conseguinte, melhorar o nível de prestação desportiva (194). Assim, as possibilidades de incremento do  $VO_{2max}$  pelo treino são possíveis mas limitadas. Brooks e col (53) referem que o máximo incremento possível do  $VO_{2max}$ , como resultado do treino, se situa à volta de 20%, podendo ser superiores se a aptidão inicial do sujeito é baixa.

A melhoria do  $VO_{2max}$  por influência do treino, depende do nível de aptidão inicial, bem como do nível de treino, a que o indivíduo esteve sujeito aquando do início do programa (163). A magnitude do incremento, em adultos, é inversamente relacionada com o nível de actividade física habitual e com o

valor de pré-treino do  $VO_{2max}$  (206), ou seja, um mesmo programa de treino terá repercussões cada vez menores conforme aumenta o nível de treino do sujeito (261). Por outro lado, as possibilidades de incremento do  $VO_{2max}$  pelo treino dependem, também, da idade dos sujeitos. Murase e col 1981 (179) estudaram longitudinalmente um grupo de atletas corredores jovens, a partir da idade dos 14 anos, durante um período de 5-7 anos. Os jovens foram submetidos a um treino regular tendo, o  $VO_{2max}$  evoluído significativamente durante esse período. A partir dos 19 anos o  $VO_{2max}$  não apresentou melhorias significativas. Outros estudos longitudinais, realizados com sujeitos adultos mais velhos, referem perdas no  $VO_{2max}$ , apesar da manutenção do treino (248).

Habitualmente, o valor mais elevado no  $VO_{2max}$ , em determinado sujeito, ocorre num prazo de 18 meses de treino intenso de resistência (*endurance*). No entanto, o rendimento pode continuar a evoluir por um período adicional de vários anos. Esta melhoria do rendimento, sem incremento do  $VO_{2max}$  deve-se, provavelmente, às melhorias verificadas no LAn, i.e. na capacidade de sustentar o esforço a percentagens cada vez maiores do  $VO_{2max}$  (261).

A associação de determinadas formas de treino com a modificação do  $VO_{2max}$  também já foi realizada por diversos investigadores (4, 37, 64, 229, 230, 240, 251). Embora a maioria dos estudos relatem uma melhoria do  $VO_{2max}$  associada a períodos de treino de resistência, a intensidade e volume ótimos para o seu desenvolvimento não são conhecidos (126). As recomendações da ACSM (5) referem que melhorias do  $VO_{2max}$  são mais facilmente produzidas quando os exercícios utilizados implicam a solicitação dos principais grupos musculares, quando são de natureza rítmica e aeróbia, e quando associados a intensidades de 60-90% da  $FC_{Max}$ . A utilização de uma intensidade mais ou menos elevada tem a ver com as finalidades do treino e com a condição física do sujeito.

Outros autores sugerem intensidades de treino elevadas, da ordem do 80-100% do  $VO_{2max}$ , como sendo necessárias para a sua melhoria, ou sessões específicas de treino, como o treino intervalado a velocidades próximas da  $VelVO_{2max}$  (34, 43, 230, 723). A este propósito, Billat e col (44) referem que, na ausência de um conhecimento preciso do efeito do estímulo de determinado tipo de treino nas respostas cardiovasculares e metabólicas, parece lógico

aceitar que os benefícios do treino são dependentes do tempo gasto ao  $VO_{2max}$ , bem como na distância percorrida a elevada velocidade. No entanto a confirmação da sua eficácia no desenvolvimento do  $VO_{2max}$  não está ainda confirmada (43).

#### 4.5. A $VELVO_{2max}$

##### 4.5.1. CONCEITO E AVALIAÇÃO

Em 1923, Hill and Lupton verificaram, no próprio Hill que, a taxa de  $VO_2$  provocada pelo exercício aumentava à medida que a velocidade de corrida aumentava, atingindo o seu máximo por volta 15,36 km/h, velocidade a partir da qual nenhum aumento do  $VO_2$  era registado (citado em 39). Mais tarde, Daniels (75) introduz o conceito de velocidade a que ocorre o  $VO_{2max}$ , posteriormente abordado por diversos investigadores (3, 20, 21, 25, 32, 39, 44, 41, 110, 111, 112, 142, 170, 252). Esta velocidade, associada à ocorrência do  $VO_{2max}$ , por vezes denominada de Velocidade Máxima Aeróbia (31, 32, 33, 266) ou  $VelVO_{2max}$  (30, 39, 72, 75, 170), tem sido referenciada como uma variável muito útil na avaliação da capacidade aeróbia dos sujeitos, expressando num único valor o  $VO_{2max}$  e a economia de corrida (39, 110, 141, 265). Para além disso, é referido como um parâmetro fortemente correlacionado com o rendimento em provas de corrida de MF e fundo (72, 141, 142, 170, 222, 243).

No presente estudo, vamos considerar a definição apresentada por Billat, que considera a  $VelVO_{2max}$  como a velocidade mínima necessária, para solicitar o  $VO_{2max}$  num protocolo contínuo de intensidade progressiva (35). A referência ao “protocolo contínuo de intensidade progressiva” é fundamental, no sentido de uma uniformização de critério, dado que, em protocolos rectangulares, o  $VO_{2max}$  pode ser atingido mediante a realização de diferentes velocidades de corrida (35, 178, 204). Teoricamente, qualquer velocidade acima do LAn poderá levar ao  $VO_{2max}$ , desde que o exercício se prolongue até à exaustão. No entanto, Morton e Billat (178) verificaram que 90%  $VelVO_{2max}$  (obtida em teste

progressivo) era insuficiente para levar o atleta ao  $VO_{2max}$ , em teste a velocidade constante até à exaustão.

A  $VelVO_{2max}$  pode ser determinada de forma directa ou estimada a partir de testes de terreno (3, 21, 142, 267). No nosso estudo reportar-nos-emos apenas, às formas de avaliação directa, isto é, a partir da observação da velocidade a que ocorre o  $VO_{2max}$ .

Embora o conceito de  $VelVO_{2max}$  seja relativamente consensual (quadro 13), a sua determinação pode ser possível utilizando diferentes metodologias (quadro 13). No sentido de comparar os resultados obtidos a partir de diferentes procedimentos, Billat e Koralsztein (39) calcularam a  $VelVO_{2max}$  num mesmo corredor, utilizando diferentes protocolos. Embora os resultados não sejam precisamente coincidentes, em três desses protocolos a  $VelVO_{2max}$  é igual ou muito próxima, o que poderá significar que esse valor é independente do protocolo utilizado. Hill e Rowell (110) referem que, se o valor da  $VelVO_{2max}$  tem, também, a finalidade de ser usada no sentido da prescrição do treino, a opção pelo protocolo de Billat e col (29) parece a mais lógica.

**Quadro 13** - Algumas definições e formas de avaliação da  $VelVO_{2max}$ .

Autor/ referência	Definição	Forma avaliação
Daniels e Daniels (73)	Velocidade associada ao valor do $VO_{2max}$ .	Por extrapolação, a partir da equação da recta de regressão, que associa o $VO_2$ com valores de velocidades de corrida sub máximas.
DiPrampo (81) Lacour e col (141)	Velocidade obtida pela razão entre o $VO_{2max}$ e o custo energético (CE) da corrida, obtido a velocidade sub máxima.	$VelVO_{2max} = VO_{2max} / CE$
Billat e col (29)	Velocidade mínima, mas suficiente para solicitar o $VO_{2máx}$ , num protocolo de intensidade progressiva	Observação directa da velocidade a que ocorre o $VO_{2max}$ .

Num outro estudo, Billat e col (38) averiguarem o efeito da duração dos patamares e do grau de incremento da intensidade de corrida nos valores da

VelVO<sub>2max</sub> e do VO<sub>2max</sub>. Nesse sentido efectuaram 2 protocolos diferentes, nos quais testaram 15 corredores de MF e fundo. Num dos protocolos o incremento da velocidade do tapete foi de 1km/h a cada 2 min, no outro o incremento foi de 0,5 km/h a cada minuto; Em ambos a inclinação foi de 0%. Os resultados não apresentaram diferenças significativas, nem no VO<sub>2max</sub> nem na VelVO<sub>2max</sub>. Para além disso, o VO<sub>2</sub> e o R também não foram significativamente diferentes nas velocidades sub máximas que eram coincidentes nos dois protocolos, Os autores concluem que pequenas alterações no protocolo não têm impacto significativo no resultado final daqueles dois parâmetros.

#### 4.6. OBJECTIVO

Integrado no contexto da apreciação das alterações de parâmetros fisiológicos determinantes do rendimento desportivo em corridas de MF, mais precisamente na prova de 3000m, definimos o seguinte objectivo orientador deste estudo:

- Pesquisar as modificações num conjunto de parâmetros fisiológicos eminentemente aeróbios (EC,  $VO_{2max}$ ,  $VelVO_{2max}$  e LAn), em corredores de MF, ao longo de duas épocas consecutivas.

#### 4.7. HIPÓTESES

Face ao objectivo descrito anteriormente consideramos oportuna a definição das duas hipóteses seguintes:

*Hipótese 1 - A maioria dos parâmetros fisiológicos avaliados tende a melhorar em função do tempo. O  $VO_{2max}$  poderá apresentar uma tendência para a estabilização.*

*Hipótese 2- Ocorre uma forte estabilidade ou tracking das modificações em função do tempo na maioria dos parâmetros avaliados. Para além disso, os sujeitos tendem a manter as suas posições relativas no seio do grupo, em termos do nível de expressão de cada parâmetro, com excepção da EC que deverá apresentar um tracking relativamente baixo.*

##### 4.7.1. FUNDAMENTAÇÃO DAS HIPÓTESES

A evolução do desempenho em provas de corrida de MF depende de uma grande diversidade de factores, de entre os quais emergem alguns parâmetros fisiológicos, nomeadamente o  $VO_{2max}$ , a EC, o LAn e a  $VelVO_{2max}$  (126). De entre estes o  $VO_{2max}$  tem sido o mais frequentemente associado com o nível de prestação desportiva (49, 56, 60, 62, 71, 84, 92, 135, 137, 142, 146, 170, 179, 237, 243, 247, 265).

A grande importância atribuída ao  $VO_{2max}$  deve-se, essencialmente, ao facto de se observar, habitualmente, uma correlação positiva com o rendimento neste tipo de provas (49, 60, 62, 71, 84, 137, 146, 179, 237, 243, 265). Esta correlação é mais notória quando se estudam grupos de sujeitos heterogéneos em termos de nível de rendimento. No entanto, geralmente, em estudos com grupos homogéneos, a correlação do  $VO_{2max}$  com o desempenho em corridas de MF não se revelou estatisticamente significativa (56, 92, 135, 170, 247). Deste modo, embora um elevado  $VO_{2max}$  seja considerado por muitos autores como um pré-requisito para a obtenção de resultados de elite em modalidades de solicitação predominantemente aeróbia (53), alguns não o referem como o parâmetro mais determinante (170, 238).

Já em termos longitudinais, a associação das alterações do  $VO_{2max}$  com as modificações no rendimento, em grupos de corredores de nível médio ou superior, raramente tem sido apreciada. Os estudos disponíveis não são unânimes acerca do contributo relativo do  $VO_{2max}$  na evolução do desempenho. Efectivamente, alguns desses trabalhos constataram uma melhoria deste parâmetro após um determinado período de treino (179, 243, 244), outros observaram uma estabilização ao longo do tempo (116, 125, 170, 209, 238).

Tanaka e col (243) pesquisaram as alterações do  $VO_{2max}$  e do LAn, em 21 corredores universitários, bem treinados, durante 9 meses. Para isso, avaliaram o rendimento no início, no meio e no final desse período. Verificaram melhorias significativas em ambos os parâmetros em função do tempo.

Num outro estudo Tanaka e col (244) apreciaram as alterações no  $VO_{2max}$  durante 4 meses, em 20 corredores de MF que treinavam regularmente à data do início do estudo. O volume e intensidade de treino foram aumentados consideravelmente. Verificaram uma melhoria significativa naquele parâmetro, após esse período.

Por seu lado, Svedenhag e Sjödin (238) apreciaram a variação dos parâmetros fisiológicos LAn (expresso pela V4), EC e  $VO_{2max}$ , em corredores de elite, ao longo de uma época desportiva. A EC e a V4 melhoraram ao longo da época, mas o  $VO_{2max}$  absoluto não se alterou significativamente.

Houmard e col (116) avaliaram o rendimento na prova de 8km, ao longo de uma época desportiva (no meio e final), num grupo de 7 corredores universitários de corta-mato, homogêneos em termos de potência aeróbia, em idade e no rendimento. Não observaram melhorias significativas na maioria dos parâmetros fisiológicos avaliados, nomeadamente do  $VO_{2max}$  e do custo energético da corrida.

Murase e col (179) pesquisaram os efeitos do treino a longo prazo, na potência aeróbia em 11 jovens corredores altamente treinados, vencedores do campeonato japonês de juniores (provas compreendidas entre os 800m e os 5km), durante 5-7 anos. O  $VO_{2max}$  melhorou ao longo desse período.

Embora num estudo de caso, Jones (125) verificou, numa atleta de elite avaliada durante 5 anos, um incremento do rendimento, na prova de corrida de 3000m, a par de melhorias na EC e LAn sem o concomitante incremento do  $VO_{2max}$ .

Assim, a apreciação global destes estudos permite-nos referir que a maioria dos autores constatou a ausência de melhorias significativas do  $VO_{2max}$ , após determinado período de tempo. No entanto, o grau de modificação parece depender bastante das características específicas de cada amostra, nomeadamente da idade e dos anos de treino dos sujeitos, do período de tempo durante o qual decorre a pesquisa e das características do processo de treino.

No caso particular do nosso estudo, admitimos a hipótese de o  $VO_{2max}$  poder estabilizar, na medida em que os elementos da amostra são corredores com alguns anos de treino regular, apesar de relativamente jovens. Por outro lado, não são previsíveis incrementos tão drásticos no volume e intensidade do treino, como as registadas em alguns dos estudos onde ocorreu uma melhoria nesse parâmetro (209, 244).

O facto de, em alguns casos, o  $VO_{2max}$  não ser o parâmetro mais correlacionado com o rendimento significa que outros parâmetros podem ser importantes na explicação do nível de rendimento obtido em corridas de MF. Neste âmbito, a EC como expressão do custo energético da actividade, tem sido associado com o rendimento em corridas de média ou longa duração (56, 71,

72, 84, 92, 141, 142, 170, 237, 265). Efectivamente, a eficiência na corrida, avaliada a partir do  $VO_2$  a determinada velocidade, pode ser um factor decisivo no nível de rendimento, bem como associar-se com as oscilações no desempenho em função do tempo. Uma vez que se trata de um parâmetro com uma considerável variação inter-individual, tanto em sujeitos de semelhante  $VO_{2max}$  como de idêntico nível de rendimento (172), é considerado, por alguns investigadores, como um parâmetro fisiológico adicional válido na explicação das diferenças do desempenho em corridas de MF, dado que consideram que uma melhor EC pode compensar um baixo  $VO_{2max}$  (75). Apesar do reconhecimento da vantagem que é possuir uma boa eficiência na corrida, a correlação da EC com o rendimento em provas de média ou longa duração, em grupos heterogéneos é, geralmente, bastante fraca (56, 72, 92, 142, 237, 265). Embora em termos médios, os corredores de categoria superior possam apresentar melhores valores de EC, constata-se uma acentuada variação inter-individual dentro de cada categoria (171, 187), pelo que a previsão do rendimento a partir da EC não parece muito eficaz. Essa elevada variabilidade inter-individual pode dever-se, em grande medida, ao facto da EC reflectir a integração de características fisiológicas e biomecânicas que são peculiares a cada sujeito (6). Desta forma, a sua apreciação parece mais profícua se considerada individualmente. Por outro lado, quando estudada longitudinalmente, a EC parece contribuir decisivamente para a explicação da variação do rendimento. Embora a literatura disponível seja escassa em pesquisas de natureza longitudinal (116, 195, 125, 209, 238), a maioria dos estudos aponta para a ocorrência de uma associação positiva entre a melhoria da EC e o incremento do rendimento. Dado que a melhoria da EC significa uma diminuição do  $VO_2$  necessário para a realização de uma mesma tarefa, o incremento da eficiência da corrida pode ter repercussões directas no desempenho em competição. Esta possibilidade de adaptação torna-se especialmente importante em corridas de média ou longa duração, realizadas a intensidade sub-máxima e predominantemente dependentes da capacidade aeróbia (163).

Num dos poucos estudos realizados em Portugal, Santos (209) apreciou as modificações no  $VO_{2max}$ , EC, LAn e  $VelVO_{2max}$  em três corredores, antes e

após um programa de treino, acentuadamente forte, por um período de 17 semanas. O  $VO_{2max}$  e a  $VelVO_{2max}$  não se alteraram de forma substancial, enquanto o LAn e a EC melhoraram significativamente. Embora em estudo de caso, Jones (125) constatou uma melhoria considerável da EC ao longo de vários anos de treino regular, numa atleta de elite mundial. Para tal, acompanhou as modificações em alguns parâmetros fisiológicos, nomeadamente o  $VO_{2max}$ , EC,  $VelVO_{2max}$  e Lan, a par das alterações do rendimento na prova de corrida de 3000m, durante cinco anos numa corredora de MF. Verificou melhorias no LAn, que passou de 15 para 18km/h, na EC, avaliada pelo consumo de  $VO_2$  a 16 km/h, que diminuiu de 53 para 48 ml/kg/km, apesar de não ter registado alterações no  $VO_{2max}$ . O autor concluiu que a prática de vários anos de treino, possivelmente aliado a outros factores relacionados com a maturação biológica, possibilitaram o incremento de alguns parâmetros de aptidão sub-máxima como o Lan e a EC que, por sua vez, melhoraram a  $VelVO_{2max}$  e, conseqüentemente, o tempo na prova de 3000m.

O efeito do treino regular na EC pode, também, ser apreciado de forma indirecta, pela comparação entre sujeitos treinados e não treinados (171), ou entre corredores com mais anos de treino relativamente a outros mais jovens (4, 58, 175). Nesse sentido, Morgan e col (171) analisaram, retrospectivamente, diversos estudos na tentativa de perceber qual o efeito do treino na modificação da EC. Para tal estratificaram uma amostra composta por um elevado número de sujeitos em quatro categorias consoante o nível de rendimento, incluindo desde um grupo de atletas olímpicos, até um grupo de sujeitos activos e sem treino regular de corrida. Verificaram que o grupo de elite apresentava valores mais baixos de EC comparativamente com os restantes grupos. Por sua vez, o grupo de sujeitos não treinados obteve piores valores que qualquer um dos restantes. Para além disso, constataram, em qualquer dos grupos, uma elevada e similar variação inter-individual nos valores da EC, com os valores mínimos e máximos separados em, aproximadamente, 20%. A este respeito, notaram ainda alguma sobreposição de valores nos diferentes grupos. Os autores concluíram que, apesar do estudo confirmar a influência positiva do tempo de treino na melhoria da EC, as alterações podem ser

bastante limitadas em alguns sujeitos. Num outro estudo, Bunc e Heller (58) constataram, também, valores mais baixos do custo energético da corrida em corredoras adultas, com vários anos de treino, relativamente a outras mais jovens. Em contrapartida, Allen e col (4) comparam alguns parâmetros fisiológicos em dois grupos de corredores com grandes diferenças etárias (veteranos e jovens), mas de semelhante nível de rendimento. Não verificaram diferenças significativas na EC, apesar do grupo dos sujeitos mais novos apresentar um  $VO_{2max}$  superior.

Perante este contexto, pareceu-nos adequado esperar uma melhoria da EC nos corredores da nossa amostra, embora tendo consciência de que um período desta dimensão não constituiu uma etapa muito alargada da sua carreira. No entanto, como a maioria dos sujeitos são relativamente jovens, com boas perspectivas de evolução reforça a convicção de uma melhoria significativa.

Outro parâmetro, frequentemente associado com o rendimento em provas de MF, é a  $VelVO_{2max}$  (1, 24, 25, 73, 92, 125, 141, 142, 170, 186, 230, 265). Esta velocidade mínima, mas suficiente para provocar o  $VO_{2max}$ , tende a correlacionar-se acentuadamente com o desempenho desportivo (24, 25, 92, 265). Este parâmetro, que conjuga de forma integrada a EC e o  $VO_{2max}$  (75), pode ser decisiva na explicação de níveis semelhantes de rendimento em corredores com diferentes atributos naqueles dois parâmetros, uma vez que um elevado  $VO_{2max}$  pode compensar um menor EC e vice-versa.

No entanto, o estudo longitudinal da  $VelVO_{2max}$  em corredores de MF raramente foi efectuado. Da bibliografia disponível, apenas encontramos uma pesquisa, estudo de caso, com duração superior a um ano, que tivesse procurado avaliar a modificação deste parâmetro (125). Com efeito, Jones (125) acompanhou a evolução do rendimento na corrida de 3000m de uma corredora de elite, tendo observado uma melhoria da  $VelVO_{2max}$  a par do incremento no rendimento. Assim, não há um conhecimento consistente acerca da forma como este parâmetro acompanha as modificações no rendimento. No entanto, em termos transversais, tem sido observada uma elevada correlação com o nível de rendimento, o que poderá indiciar uma estreita associação em termos

longitudinais. Assim, a expectativa de uma melhoria do rendimento no grupo de corredores da nossa amostra, ao longo de duas épocas consecutivas, leva-nos a considerar a hipótese de uma melhoria paralela na  $VeIVO_{2max}$ .

Outro dos parâmetros fisiológicos mais correlacionado com o desempenho em provas de corrida de MF e fundo é o LAn. Este facto é comprovado por diversos estudos transversais já realizados (11, 84, 92, 135, 141, 142, 187, 220, 237, 243, 247, 265). A estreita relação encontrada levou a alguns investigadores a considerar a possibilidade de previsão do desempenho a partir da sua determinação (183, 219, 220). Para além disso, o LAn é, também, referido como parâmetro válido no controlo do treino, tendo, por exemplo, grande utilidade na determinação da intensidade das sessões de corrida contínua (211, 213, 215, 216, 217), entre outros aspectos. No caso particular das provas de MF, a análise das conclusões de alguns estudos sugere, igualmente, a sua importância relativamente a outros parâmetros fisiológicos, em termos de previsão da prestação desportiva (67, 98, 125, 135, 220, 243, 256). Por outro lado, alguns desses estudos reconhecem a elevada sensibilidade deste parâmetro ao treino de resistência, em grande medida como consequência de adaptações fisiológicas locais que se traduzem por uma melhoria da capacidade de remoção do ácido láctico, pelo menos a determinadas intensidades do exercício (163). Este facto foi observado em diversos estudos onde, após um determinado tempo de treino, foram constatadas melhorias significativas da velocidade de corrida correspondente a um valor fixo de 4mmol de lactatemia sanguínea (2, 162, 217).

Em termos longitudinais, a modificação do LAn parece acompanhar as alterações do rendimento em provas de corrida de MF. De uma forma geral, os estudos efectuados constataam a melhoria do rendimento paralelamente ao incremento da velocidade associada ao LAn (7, 125, 211, 238, 244). Embora as pesquisas com duração igual ou superior a um ano sejam relativamente raras (125, 238), diversos estudos analisaram as modificações do LAn em períodos de tempo relativamente curtos, de algumas semanas ou meses (2, 14, 113, 118, 193, 211, 213, 217, 209, 244).

Neste sentido, Tanaka e col (244) analisaram as modificações do LAn e do  $VO_{2max}$ , durante um período de tempo de quatro meses, em 20 corredores de

MF com idades compreendidas entre os 19 e os 23 anos. Naquele período foram acrescentadas, ao treino usual, uma ou duas sessões de corrida contínua com uma duração de 60-90 min. O LAn e o  $VO_{2max}$  melhoraram ao longo daquele período. Paralelamente, verificaram uma contribuição significativa da variação do LAn no incremento do desempenho na corrida de 5 e 10 km.

Num outro estudo, Pierce e col (193) pesquisaram, entre outros parâmetros, as modificações do LAn (avaliado em tapete rolante e cicloergómetro) em dois grupos de sujeitos (corredores e ciclistas), após a aplicação de um programa de treino de 10 semanas. O grupo de ciclistas treinou em cicloergómetro e os corredores em tapete rolante, 4 sessões por semana, a uma intensidade aproximada de 89% do  $VO_{2max}$ . Observaram uma melhoria do LAn em resultado do treino, tendo verificado que essa melhoria era específica do tipo exercício, isto é, o grupo que treinou corrida obteve vantagem na melhoria do LAn avaliado em tapete rolante e vice-versa.

Acevedo e Goldfard (2), por seu lado, investigaram as adaptações fisiológicas resultantes do aumento da intensidade do treino, em corredores de MF e fundo. Para tal, submeteram um grupo de 7 corredores a 8 semanas de treino acentuadamente superior (3 sessões semanais extra: uma de treino intervalado, outra de Fartlek e outra de corrida contínua), em termos de volume e intensidade, relativamente ao treino habitual. O rendimento na corrida de 10.000m e o LAn melhoraram significativamente, enquanto o  $VO_{2max}$  não sofreu alterações. O LAn foi o parâmetro mais correlacionado com o rendimento ( $r=0,73$ ).

Em síntese, podemos referir que a apreciação das conclusões de diversos estudos, principalmente transversais, revela a tendência para uma forte correlação do LAn com o rendimento em corridas de MF. Em termos longitudinais, parece desenhar-se a tendência para o treino poder exercer uma influência positiva no seu desenvolvimento, no entanto, a maioria das pesquisas realizadas neste âmbito utilizou períodos de treino relativamente reduzidos (semanas ou meses), ou amostras com sujeitos não treinados regularmente. Assim, não está ainda completamente esclarecida a forma como

o LAn se modifica ao longo da carreira do desportista. Neste sentido, consideramos que o estudo longitudinal deste parâmetro, em corredores de nível médio ou elevado, por um período de dois anos pode, eventualmente, fornecer algumas pistas acerca da dinâmica da sua modificação em corredores de MF.

Uma apreciação global da literatura disponível, permite-nos salientar que os trabalhos longitudinais são escassos e, geralmente, apreciam apenas as modificações em apenas alguns destes quatro parâmetros (50, 74, 116, 179, 208, 209, 238, 243, 244), isto quando confrontados com os estudos transversais já realizados. Adicionalmente, entre os poucos estudos que procuraram avaliar vários parâmetros simultaneamente (208, 209, 125, 238), alguns são estudos de caso (74, 209, 238). Estes factos, conjugados com a utilização de períodos de avaliação geralmente inferiores a um ano, não permitem retirar ilações consistentes acerca da forma como esses parâmetros evoluem ao longo do tempo, em resultado do treino sistemático, em corredores de MF. Neste sentido, parece-nos que o estudo que pretendemos realizar pode fornecer algumas pistas acerca da modificação das capacidades fisiológicas dos atletas, na medida em que os parâmetros avaliados são, geralmente, considerados decisivos na melhoria do rendimento em corridas de MF.

A apreciação das alterações longitudinais em parâmetros fisiológicos pode ser, também, efectuada a partir do estudo da estabilidade (*tracking*) dos valores das diferentes variáveis em função do tempo. Desta forma, pode estudar-se o sentido das alterações dos valores individualizados, bem como da totalidade do grupo. Para além disso, o estudo do *tracking* permite-nos, igualmente, apreciar a modificação dos perfis individuais relativamente aos restantes elementos da amostra. Uma vez que, na literatura disponível, não encontrámos pesquisas deste tipo em corredores de MF, a formulação das hipóteses baseou-se, fundamentalmente, no conhecimento de que as alterações destes parâmetros fisiológicos, embora tendencialmente positivas (125), não ocorrem de forma abrupta, mas sim de forma consistente à medida que o atleta se sujeita a um treino continuado e sistemático. Uma análise da

modificação das melhores marcas em alguns corredores de MF mostra que, embora tendencialmente positivas, essas melhorias parecem ocorrer na maioria dos sujeitos, principalmente enquanto relativamente jovens. Por seu lado, os *rankings* não se alteram drasticamente de um ano para o seguinte, nem parece observar-se uma elevada troca de posições relativas, reflectindo alguma estabilidade na mudança. No presente estudo, tendo em conta as características da amostra, pareceu-nos lógico admitir a possibilidade de, num período de dois anos, ocorrer uma acentuada estabilidade na mudança expressa, também, pela tendência geral de manutenção das posições relativas dentro do grupo. Esta forma de apreciar as modificações em determinadas variáveis, não sendo muito usual, permite-nos formular uma previsão da alteração, a médio prazo, nas variáveis em questão. O seu conhecimento pode, assim, tornar-se de grande importância para os intervenientes: atletas, treinadores e investigadores.

Embora estes quatro parâmetros fisiológicos, isoladamente, já tenham sido objecto de estudo, o número de pesquisas realizadas é, ainda, bastante reduzido. Por seu lado, o estudo longitudinal simultâneo desses parâmetros, por um período de dois anos, pode fornecer esclarecimentos adicionais acerca da sua dinâmica bem como da importância relativa de cada um.

#### 4.8. METODOLOGIA

Os dados relativos à caracterização da amostra e o cronograma das avaliações foram descritos no capítulo da metodologia geral (capítulo 2).

#### 4.8.1. PROCEDIMENTOS DE DETERMINAÇÃO DO LAn

Utilizámos o LAn, expresso pela velocidade a que ocorre uma concentração de lactato no sangue de 4 mmol/L (V4), para avaliar a capacidade de aeróbia dos vários atletas (104, 151). A sua determinação foi efectuada a partir de um protocolo incremental de corrida (210, 214, 211, 188, 213, 215, 217), composto por quatro patamares de intensidade crescente, realizada em pista de 400m com piso sintético. A velocidade por patamar foi constante, tendo sido utilizados incrementos de 1,45 km/h. Cada teste foi precedido por um breve aquecimento (8-10min) de corrida contínua efectuada a uma velocidade inferior à do primeiro patamar. Sinais sonoros, coincidentes com os tempos de passagem, eram fornecidos a cada 200m para garantir um ritmo de corrida uniforme. Adicionalmente, a duração exacta de cada patamar era cronometrada de modo a permitir a determinação precisa da sua velocidade média. A determinação da intensidade a escolher para os vários patamares de corrida teve em conta a melhor marca em provas de duração de, aproximadamente, uma hora. Esta velocidade é referida como bastante próxima do LAn (28). Assim, o conhecimento ou a estimação dessa velocidade serviu-nos de referência para o terceiro patamar. As velocidades utilizadas estão descritas no quadro 14. Após cada patamar era efectuada uma paragem de 1min para retirar uma amostra de sangue capilar (60-80 $\mu$ l) do lóbulo da orelha, para determinação da concentração sanguínea de lactato, recorrendo a um analisador *Yellow Springs Instruments* 1500 Sport.

O valor da V4 foi calculado com base na regressão linear simples, por interpolação, a partir dos dados obtidos no teste de terreno. Para esse efeito foram utilizados apenas os valores acima e abaixo da V4.

**Quadro 14** - Tabela utilizada nos testes de terreno para determinação da V4. Podem ser observados os tempos de passagem correspondentes às velocidades utilizadas nos vários patamares.

	1ª volta	2ª volta	3ª volta	4ª volta	5ª volta
km/h	400m	800m	1200m	1600m	2000m
12,2	0:01:57	0:03:55	0:05:52	0:07:50	
13,7	0:01:45	0:03:30	0:05:15	0:07:01	
15,1	0:01:35	0:03:10	0:04:45	0:06:20	
16,6	0:01:26	0:02:53	0:04:20	0:05:47	0:07:14
18,0	0:01:20	0:02:40	0:04:00	0:05:20	0:06:40
19,4	0:01:14	0:02:28	0:03:42	0:04:56	0:06:10
20,9	0:01:08	0:02:17	0:03:26	0:04:35	0:05:44

#### 4.8.2. PROCEDIMENTOS DE DETERMINAÇÃO DA EC

A determinação da EC foi efectuada a partir da recta de regressão que associa os valores do  $\dot{V}O_2$  com a velocidade de corrida, com base no protocolo definido por Daniels e Daniels (73). Nesse sentido, cada sujeito realizou 4 períodos de 5min de corrida sub-máxima, sem inclinação, em tapete rolante. Em cada patamar a velocidade foi constante e os incrementos utilizados foram de 1,45 km/h. Entre os patamares efectuou-se uma pausa de 3 - 4 min. A escolha dos patamares foi realizada individualmente para cada corredor, para que a velocidade do último patamar fosse próxima, mas sempre inferior, à sua V4.

Para garantir a validade dos dados obtidos na avaliação laboratorial calculámos a velocidade real do tapete rolante, em cada patamar, da seguinte forma: (i) foi medido o comprimento de uma revolução do tapete rolante; (ii) após a estabilização da velocidade em cada patamar, foi registado o intervalo

de tempo de 25 revoluções; a velocidade real foi calculada a partir da fórmula:  
 $Velocidade (m/s) = Distância (m) / Tempo (s)$ .

O VO<sub>2</sub> foi medido por oximetria directa, respiração a respiração, utilizando o analisador de trocas respiratórias Metalyser 3B da Cortex. Os valores do VO<sub>2</sub> relativo (ml/kg/min), do quociente respiratório (R), e da frequência cardíaca (FC), em cada patamar, foram calculados com base nas médias do último minuto. A calibração do analisador foi feita antes de cada teste, de acordo com os procedimentos de funcionamento referidos no manual de instruções. O valor assumido para fracção de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>, no ar ambiente foi de 20,93% e 0,03%, respectivamente. Antes da calibração a sala era suficientemente arejada.

A determinação do VO<sub>2</sub>, correspondente a cada velocidade, foi feita considerando a média dos dados obtidos no último minuto. Assim, o valor foi calculado após a estabilização do VO<sub>2</sub>, que normalmente ocorria após 2-3 min de esforço sub-máximo constante (201). A este propósito, Casaburi e col (64) verificaram, em sujeitos pouco treinados, uma estabilização do VO<sub>2</sub> após 3 min de exercício a 90% de LAn.

O valor da FC e do R foram, igualmente, determinados a partir da média do último minuto de cada patamar.

O valor da EC foi determinado com base na razão entre o valor do VO<sub>2</sub> (ml/kg/min) e da respectiva velocidade (m/min) (73, 23), e expresso em ml/kg/km,

de acordo com a fórmula: 
$$\frac{VO_2(ml/kg/min)}{Vel(m/min)} \times 1000 = EC(ml/kg/km)$$
 (ver anexo 3)

Dado que a EC tem que ser calculada a uma intensidade submáxima e a nossa amostra era bastante heterogénea em termos de capacidade de rendimento efectuámos os cálculos da EC a 90% da V4. Para além disso, desta forma, a intensidade relativa era idêntica para todos. Um procedimento semelhante foi efectuado por Hunt e col (117) e por Casaburi e col (64) ao utilizarem uma intensidade de 90% do LAn como referência a um exercício submáximo moderado.

#### 4.8.3. PROCEDIMENTOS DE DETERMINAÇÃO DO $VO_{2max}$ E $VELVO_{2max}$

No seguimento do teste de avaliação da EC, o atleta descansava 5 a 8min e iniciava a fase de determinação do  $VO_{2max}$  e da  $VelVO_{2max}$ . Esta metodologia foi anteriormente utilizada por Daniels e Daniels (73). A velocidade inicial teve como referência a  $V_4$  de cada atleta. A partir daí foi incrementado 1km/h cada 2 min. O teste terminava quando o atleta sinalizava que se encontrava exausto. Os procedimentos de recolha dos dados foram idênticos aos dos referidos no teste da EC.

A determinação do  $VO_{2max}$  foi feita a partir dos seguintes procedimentos:

- Foram calculadas as médias do  $VO_2$ , FC e R nos últimos 30s de cada patamar;
- Foi considerado como derradeiro patamar, o último a ser completamente cumprido ou, pelo menos, de duração igual a 1min;
- Quando a  $VelVO_{2max}$  coincidia com o último patamar tendo, este, uma duração entre 1 e 2 min, considerámos o valor intermédio entre as duas velocidades (última e penúltima). Por exemplo, se um atleta desiste após o 1º min a 21 km/h era considerada a  $VelVO_{2max} = 20,5$  km/h (Kuipers e col citado em 78);
- O  $VO_{2max}$  e  $FC_{max}$  eram os valores médios mais altos encontrados em qualquer dos últimos patamares do teste (244, 132);
- A  $VelVO_{2max}$  era o menor valor da velocidade a que ocorre o  $VO_{2max}$ , ou no qual o incremento do  $VO_2$ , para o patamar seguinte é menor ou igual a 2 ml/kg/min (224).

Como critérios para aceitação do valor do  $VO_{2max}$ , tivemos em conta os seguintes, com base nos definidos por Shephard (224; Taylor e col citado em 32).

- Existência do “*plateau*”, isto é de um incremento menor ou igual a 2,0 ml/kg/min, no último ou últimos patamares do teste.
- No caso de o *plateau* não ocorrer, pelo menos uma das seguintes condições deveria verificar-se:
  - Concentração de lactato no final do teste superior a 8 mMol/L.
  - O R superior a 1,1.

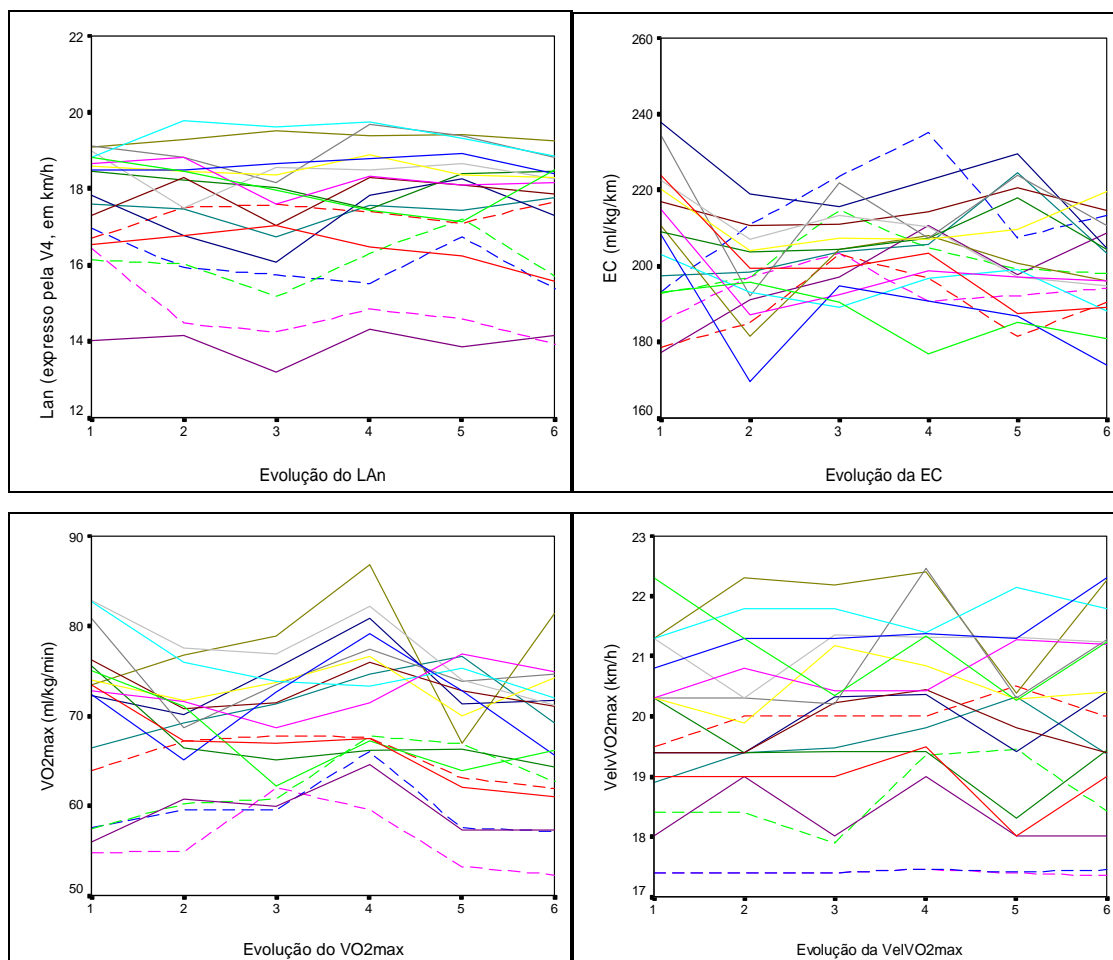
- Percepção subjectiva de esforço máximo. Sensação de esforço máximo e incapacidade de continuar a tarefa.

Após a desistência era recolhida uma amostra de sangue capilar, entre o 2º e o 4º min de recuperação, obtida no lóbulo da orelha, para posterior determinação da concentração sanguínea de lactato.

#### 4.9. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

##### 4.9.1. RESULTADOS RELATIVOS AO ESTUDO DAS ALTERAÇÕES DOS PARÂMETROS FISIOLÓGICOS EM FUNÇÃO DO TEMPO

A figura 6 apresenta os percursos individuais, do  $VO_{2max}$ , da EC, do Lan e da  $VelVO_{2max}$  nos seis momentos de avaliação ao longo de duas épocas desportivas consecutivas. A sua observação permite-nos referir que a modificação de cada parâmetro fisiológico não é homogénea, isto é, não se verifica, em todos os atletas o mesmo tipo de alteração de um momento para o outro. Em vez disso, podemos constatar que o ponto em que cada atleta obtém o melhor valor, em cada época desportiva, parece aleatório. Podemos verificar que há atletas que apresentam uma variação notória nos resultados, enquanto que outros exibem apenas uma pequena variação. Esta heterogeneidade na alteração da forma dos perfis ocorre independentemente da categoria do corredor.



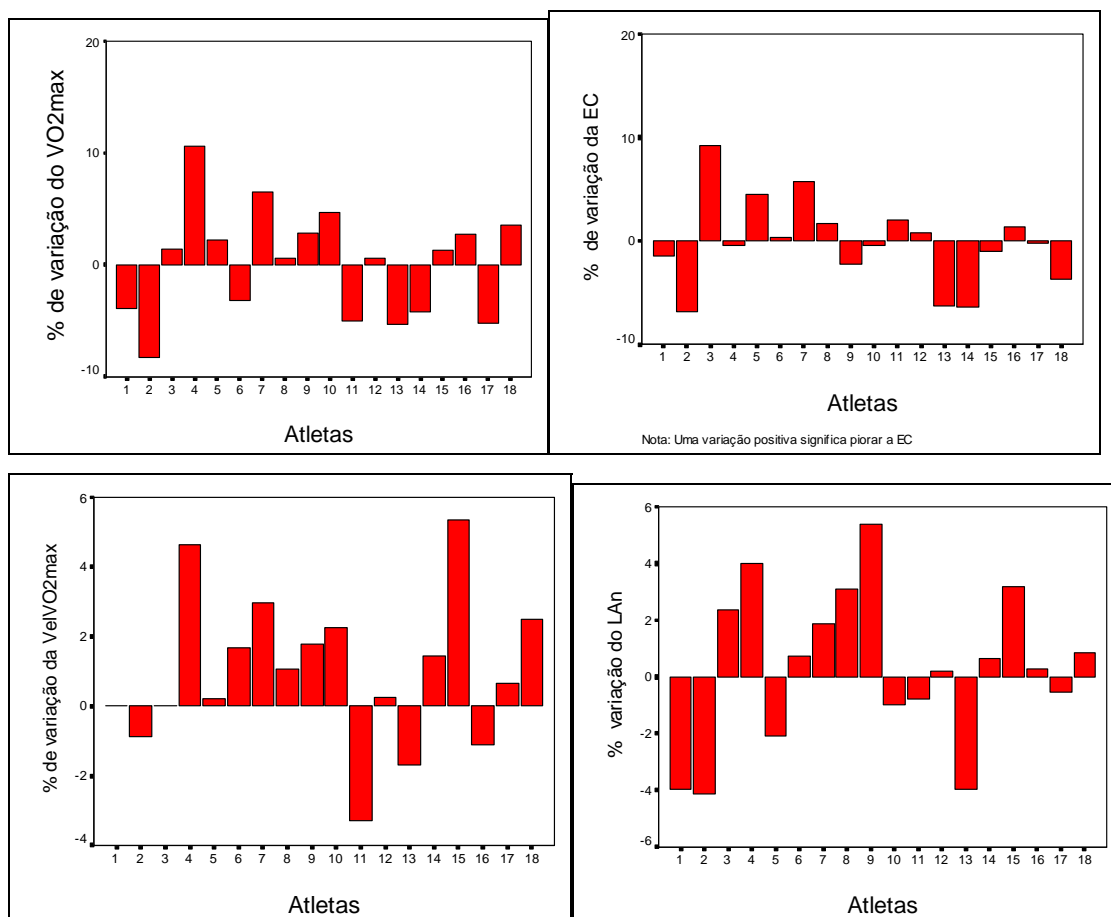
**Figura 6.** Gráficos “spargueti plot” relativos aos valores individuais de cada parâmetro fisiológico (LAN, EC, VO<sub>2</sub> e Vel VO<sub>2max</sub>) nos 6 momentos de avaliação.

A figura 7 apresenta a modificação individual, da primeira para a segunda época desportiva, de cada um dos diferentes parâmetros avaliados. Os sujeitos foram ordenados, de forma crescente, pelo nível médio de rendimento (média das 6 avaliações), no sentido de pesquisar uma eventual diferenciação dos resultados, conforme o nível de desempenho na corrida.

A maioria dos sujeitos (11) registou uma variação do Lan igual ou inferior a 1%. Apenas em 4 corredores foi visível uma variação superior a 4%, no entanto 3 deles pioraram de um ano para o ano seguinte. A variação média foi de 1,6%.

A VelVO<sub>2max</sub> apresentou um perfil de variação semelhante ao do LAN, com variações individuais bastante pequenas. Apenas dois sujeitos apresentaram

uma variação superior a 4%. Neste caso, ambos melhoraram de um ano para o ano seguinte. Catorze dos 18 corredores da amostra melhoraram o seu valor médio. A variação média da totalidade da amostra, do 1º ano para o ano seguinte, foi de 1,5%.



**Figura 7.** Percentagem de variação individual, dos 4 parâmetros fisiológicos, da 1ª para a 2ª época. A variação foi calculada subtraindo à média das três avaliações da 2ª época, a média das três avaliações da 1ª época. Os atletas estão ordenados, de forma crescente, em função do rendimento médio individual na prova.

A EC apresentou uma acentuada heterogeneidade na variação individual. Sete sujeitos apresentaram uma variação igual ou inferior a 1%, enquanto 4 sujeitos apresentaram valores superiores a 6%. A variação média foi de 2,9%.

O VO<sub>2max</sub> apresentou uma variação média de 2,6%. Apenas 4 corredores registaram uma variação igual ou inferior a 1%, enquanto 6 variaram num valor igual ou superior a 5%.

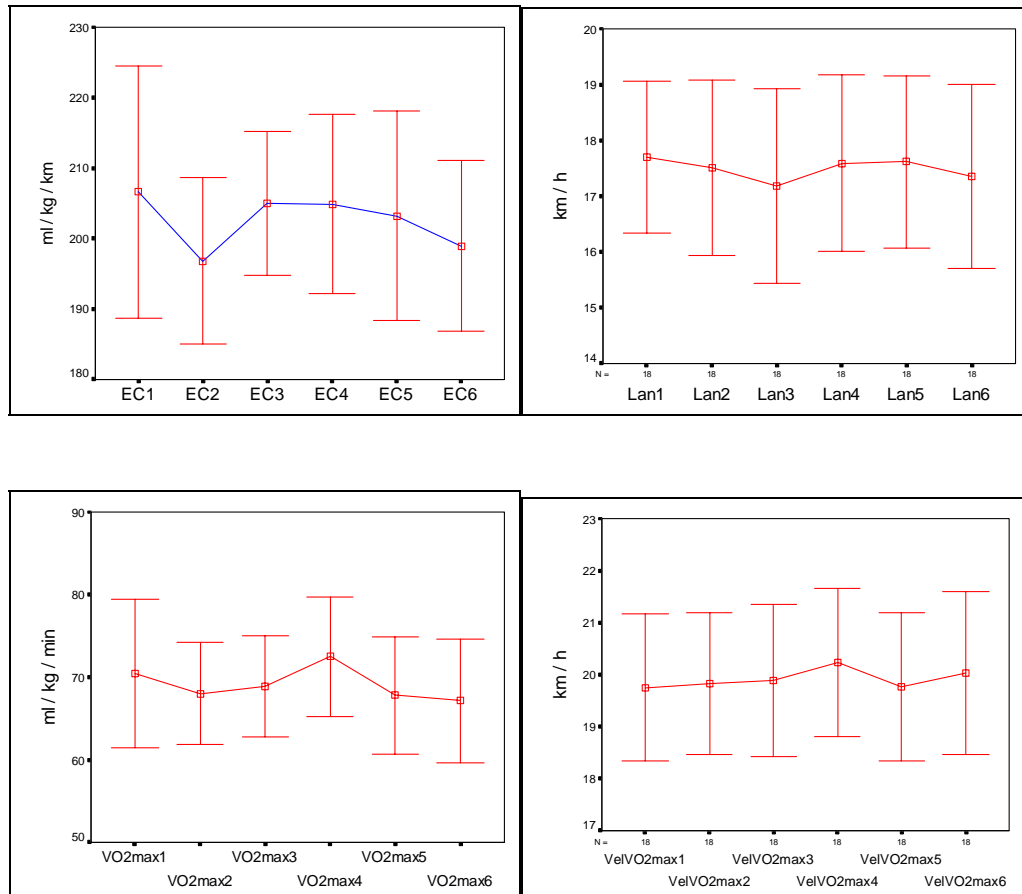
De uma forma global, podemos constatar que uma variação positiva ou negativa pode ser observada tanto nos atletas de elevado nível como de nível mais baixo, em qualquer um dos quatro parâmetros avaliados, não se descortinando qualquer tendência diferenciada conforme a categoria dos sujeitos.

A descrição dos resultados em função do tempo, relativamente à média, desvio padrão, valor mínimo e valor máximo, estão apresentados no quadro 15 e figura 8.

**Quadro 15** - Valores médios ( $\pm$  dp) e extremos da totalidade da amostra, para os vários parâmetros fisiológicos, em cada uma das 6 avaliações.

Parâmetro avaliado	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
EC1 (ml/K/km)	207	18	177	238
EC2 (ml/kg/km)	197	12	170	219
EC3 (ml/kg/km)	205	10	189	224
EC4 (ml/kg/km)	205	13	177	235
EC5 (ml/kg/km)	203	15	182	230
EC6 (ml/kg/km)	199	12	174	220
Lan1 (km/h)	17,7	1,4	14,0	19,1
Lan2 (km/h)	17,5	1,6	14,2	19,8
Lan3 (km/h)	17,2	1,7	13,2	19,6
Lan4 (km/h)	17,6	1,6	14,3	19,7
Lan5 (km/h)	17,6	1,5	13,9	19,4
Lan6 (km/h)	17,4	1,6	13,9	19,3
VO2max1 (ml/kg/min)	70,4	9,0	54,8	82,9
VO2max2 (ml/kg/min)	68,0	6,2	54,9	77,5
VO2max3 (ml/kg/min)	68,9	6,2	59,5	78,8
VO2max4 (ml/kg/min)	72,5	7,2	59,6	86,9
VO2max5 (ml/kg/min)	67,8	7,1	53,2	76,9
VO2max6 (ml/kg/min)	67,1	7,5	52,3	81,4
VelVO2max1 (km/h)	19,8	1,4	17,4	22,3
VelVO2max2 (km/h)	19,8	1,4	17,4	22,3
VelVO2max3 (km/h)	19,9	1,5	17,4	22,2
VelVO2max4 (km/h)	20,2	1,4	17,5	22,5
VelVO2max5 (km/h)	19,8	1,4	17,4	22,1
VelVO2max6 (km/h)	20,0	1,6	17,4	22,3

A figura 8 apresenta, graficamente, a alteração média do grupo em cada parâmetro, ao longo das 6 avaliações. A sua observação permite verificar que as alterações aconteceram tanto em sentido positivo como negativo, não se verificando um crescimento consecutivo em função do tempo.



**Figura 8.** Representações gráficas dos valores médios ( $\pm dp$ ) da EC, LAn, VO<sub>2max</sub> e VelVO<sub>2max</sub>, nos diferentes momentos de avaliação.

Como podemos constatar, os valores médios da EC variaram entre 197 e 207 ml/kg/km, acontecendo o valor mínimo no momento 2 e o valor mais elevado no momento 1. Os valores médios do LAn oscilaram entre 17,2 e 17,7 km/h, do 3º e 1º momentos, respectivamente. Relativamente ao VO<sub>2max</sub> verificamos valores compreendidos entre 72,5 e 67,1 ml/kg/min ocorridos no 4º e no 6º momento, respectivamente. Por fim, a VelVO<sub>2max</sub> apresentou valores situados entre 19,8 km/h (1º e 2º momentos) e os 20,2 km/h (4º).

As medidas repetidas da EC, do LAn e da VelVO<sub>2max</sub> não apresentaram alterações, estatisticamente significativas, nas médias. Apenas o VO<sub>2max</sub> apresentou alterações significativas (quadro 16), com uma amplitude de variação menor ou igual a 5,4 ml/kg/min.

**Quadro 16** - Resultados estatísticos da apreciação das alterações dos valores das medidas repetidas da EC, do LAn, do VO<sub>2max</sub> e da VelVO<sub>2max</sub>, em função do tempo.

Variável	$\Delta$ de Wilks	Resultado estatístico	Valor de p
EC (ml/kg/km)	0,53	F(5,13) = 2,9	0,06
Lan (km/h)	0,58	F(5,13) = 1,9	0,16
<b>VO<sub>2max</sub> (ml/kg/min)</b>	<b>0,22</b>	<b>F(5,13) = 9,3</b>	<b>0,001</b>
VelVO <sub>2max</sub> (km/h)	0,59	F(5,13) = 1,8	0,18

Por seu lado, uma associação transversal permite-nos constatar uma forte correlação da VelVO<sub>2max</sub> e do LAn com o rendimento na prova (quadro 17). Em termos hierárquicos, o VO<sub>2max</sub> situa-se em terceiro lugar, ainda com correlação significativa mas de magnitude inferior. A EC apresenta uma fraca correlação com o desempenho nesta corrida.

**Quadro 17** - Valores de correlação (Pearson) entre a velocidade na prova de 3000m (vprova) e os parâmetros fisiológicos EC, LAn, VO<sub>2max</sub> e VelVO<sub>2max</sub>, em cada um dos 6 momentos, no decurso de duas épocas consecutivas.

Momento	EC	LAn	VO <sub>2max</sub>	VelVO <sub>2max</sub>
vprova 1	0,56	0,89	0,81	0,86
vprova 2	-0,25	0,83	0,68	0,82
vprova 3	-0,25	0,85	0,68	0,90
vprova 4	-0,24	0,85	0,74	0,89
vprova 5	0,37	0,90	0,80	0,74
vprova 6	-0,24	0,88	0,71	0,87

#### 4.9.2. RESULTADOS RELATIVOS AO ESTUDO DO TRACKING

Os quadros 18, 19, 20 e 21 apresentam os resultados relativos aos valores da auto-correlação, de cada parâmetro fisiológico, em função do tempo. Podemos verificar que, com exceção da EC, todos os outros parâmetros apresentaram valores de correlação elevados e estatisticamente significativos ( $p < 0,01$ ), denotando uma grande estabilidade intra-individual ao longo dos seis momentos. A EC apresentou valores de auto-correlação menores e, entre alguns momentos, sem significado estatístico. Assim, parece ocorrer alguma instabilidade na modificação individual neste parâmetro.

**Quadro 18** - Valores da auto-correlação (correlação de Pearson) da EC entre os diferentes momentos.

	EC1	EC2	EC3	EC4	EC5	EC6
EC1	1,000					
EC2	,320	1,000				
EC3	,325	,552 *	1,000			
EC4	,288	,600 **	,746 **	1,000		
EC5	,512 *	,582	,571 *	,616 **	1,000	
EC6	,208	,605 **	,640 **	,733 **	,727 **	1,000

\* Correlação significativa a 0,05; \*\* Correlação significativa a 0,01

**Quadro 19** - Valores da auto-correlação (correlação de Pearson) da LAN entre os diferentes momentos.

	LAN1	LAN2	LAN3	LAN4	LAN5	LAN6
LAN1	1,000					
LAN2	,864 **	1,000				
LAN3	,880 **	,942 **	1,000 **			
LAN4	,864 **	,936 **	,905 **	1,000 **		
LAN5	,874 **	,890 **	,872 **	,946 **	1,000 **	
LAN6	,881 **	,954 **	,916 **	,936 **	,910 **	1,000 **

\*\* Correlação significativa a 0,01

**Quadro 20** - Valores da auto-correlação (correlação de Pearson) do VO<sub>2</sub>max entre os diferentes momentos.

	VO <sub>2</sub> max1	VO <sub>2</sub> max2	VO <sub>2</sub> max3	VO <sub>2</sub> max4	VO <sub>2</sub> max5	VO <sub>2</sub> max6
VO <sub>2</sub> max1	1,000					
VO <sub>2</sub> max2	,854 **	1,000				
VO <sub>2</sub> max3	,734 **	,805 **	1,000			
VO <sub>2</sub> max4	,629 **	,749 **	,917 **	1,000		
VO <sub>2</sub> max5	,714 **	,713 **	,719 **	,693 **	1,000	
VO <sub>2</sub> max6	,738 **	,866 **	,836 **	,852 **	,793 **	1,000

\* Correlação significativa a 0,05; \*\* Correlação significativa a 0,01

**Quadro 21** - Valores da auto-correlação (correlação de Pearson) da VelVO<sub>2</sub>max entre os diferentes momentos.

	VelVO <sub>2</sub> max1	VelVO <sub>2</sub> max2	VelVO <sub>2</sub> max3	VelVO <sub>2</sub> max4	VelVO <sub>2</sub> max5	VelVO <sub>2</sub> max6
VelVO <sub>2</sub> max1	1,000					
VelVO <sub>2</sub> max2	,906 **	1,000				
VelVO <sub>2</sub> max3	,876 **	,906 **	1,000			
VelVO <sub>2</sub> max4	,865 **	,894 **	,893 **	1,000		
VelVO <sub>2</sub> max5	,763 **	,823 **	,842 **	,799 **	1,000	
VelVO <sub>2</sub> max6	,911 **	,949 **	,941 **	,929 **	,860 **	1,000

\*\* Correlação significativa a 0,01

O estudo do *tracking*, tendo por base o Kappa de Cohen pressupõe a sub-divisão da distribuição em canais. Nesse sentido, a divisão da distribuição em três canais (tercis), de nível baixo, intermédio e elevado, pareceu-nos adequado, pois permite catalogar qualitativamente os sujeitos (quadro 22).

**Quadro 22** - Valores de corte de cada tercil, em cada um dos parâmetros, ao longo dos seis momentos distribuídos em função do tempo. Uma vez que os valores foram divididos em três canais (tercis), os dois valores de corte foram 33,3 e 66,6%.

Momento	EC (ml/kg/km)		LAn (km/h)		VO <sub>2max</sub> (ml/kg/min)		VelVO <sub>2max</sub> (km/h)	
	33,3%	66,6%	33,3%	66,6%	33,3%	66,6%	33,35	66,6%
1	195,5	216	17,14	18,63	69,4	74,5	19,2	20,3
2	192,5	201,5	17,13	18,47	66,8	70,9	19,4	20,3
3	201	209	16,87	18,09	66,1	73,0	19,5	20,4
4	201,5	208	17,41	18,40	67,6	76,3	19,7	21,1
5	197	209	17,18	18,37	65,1	72,8	19,5	20,4
6	194	204,5	17,49	18,31	63,5	71,5	19,4	21,2

O quadro 23 mostra os valores do Kappa, para o grupo, em cada parâmetro. Como podemos verificar, a EC e o VO<sub>2max</sub> apresentam valores acentuadamente mais baixos relativamente ao VO<sub>2max</sub> e VelVO<sub>2max</sub>.

**Quadro 23** - Valores do Kappa, para o grupo e respectiva associação qualitativa.

Parâmetro	Kappa (grupo)	Tracking (critério qualitativo)
EC	0,54	Moderado
LAn	0,70	Bom
VO <sub>2max</sub>	0,55	Moderado
VelVO <sub>2max</sub>	0,71	Bom

O LAn e a Vel VO<sub>2max</sub> apresentaram valores que podem ser considerados bons (K=0,70 e K=0,71, respectivamente).

Os quadros 24 e 25 permitem-nos apreciar o número de vezes que cada atleta permanece no mesmo canal, em cada um dos parâmetros fisiológicos avaliados. Isto é, em cada momento e após a elaboração do *ranking* dentro do grupo, o sujeito é catalogado conforme a posição que ocupa (canal).

**Quadro 24** - Número de vezes que cada sujeito ocupou determinado canal, ao longo dos seis momentos, bem como os valores do K individual ( $K_{ind}$ ), na EC e no LAn. Os atletas estão ordenados de forma crescente, de acordo com o nível do rendimento médio na prova de 3000m.

Atletas	EC				LAn			
	Canal 1 (0-33%)	Canal 2 (34-66%)	Canal 3 (67-100%)	$K_{ind}$	Canal 1 (0-33%)	Canal 2 (34-66%)	Canal 3 (67-100%)	$K_{ind}$
1	4	2	0	0,47	6	0	0	1
2	3	2	1	0,27	5	1	0	0,67
3	3	1	2	0,27	6	0	0	1
4	1	4	1	0,40	5	1	0	0,67
5	1	1	4	0,40	6	0	0	1
6	5	1	0	0,67	3	3	0	0,40
7	0	5	1	0,67	1	5	0	0,67
8	0	0	6	1	0	6	0	1
9	0	0	6	1	3	3	0	0,4
10	4	2	0	0,47	0	4	2	0,47
11	0	4	2	0,47	0	4	2	0,47
12	0	2	4	0,47	0	3	3	0,40
13	5	1	0	0,67	1	3	2	0,27
14	1	1	4	0,40	0	2	4	0,47
15	1	1	4	0,40	0	0	6	1
16	1	5	0	0,67	0	0	6	1
17	3	3	0	0,40	0	0	6	1
18	5	1	0	0,67	0	1	5	0,67

**Por exemplo:** Na EC, o atleta 1 situou-se 4 vezes no canal 1 e duas vezes no canal 2, isto é, o seu valor situou-se por 4 vezes num aposição relativa entre 0 e 33%, e 2 vezes entre 34 e 66%, do *ranking* da EC. O mesmo atleta, mas relativamente ao LAn obteve, nos seis momentos, valores situados na parte inferior do *ranking* do grupo (entre os 0 e 33,3%).

**Quadro 25** - Número de vezes que cada sujeito ocupou em determinado canal, ao longo dos seis momentos, bem como os valores do Kappa individual ( $K_{ind}$ ), na  $VO_{2max}$  e na  $VeIVO_{2max}$ . Os atletas estão ordenados de forma crescente, de acordo com o nível do rendimento médio na prova de 3000m.

Atletas	$VO_{2max}$				$VeIVO_{2max}$			
	Canal 1 (0-33%)	Canal 2 (34-66%)	Canal 3 (67-100%)	$K_{ind}$	Canal 1 (0-33%)	Canal 2 (34-66%)	Canal 3 (67-100%)	$K_{ind}$
1	6	0	0	1	6	0	0	1
2	3	3	0	0,4	6	0	0	1
3	6	0	0	1	6	0	0	1
4	4	2	0	0,47	5	1	0	0,67
5	6	0	0	1	6	0	0	1
6	3	3	0	0,4	0	5	1	0,67
7	1	4	1	0,4	3	3	0	0,4
8	0	5	1	0,67	2	4	0	0,47
9	0	3	3	0,4	2	4	0	0,47
10	0	3	3	0,4	0	3	3	0,4
11	3	2	1	0,27	5	1	0	0,67
12	0	2	4	0,47	0	5	1	0,67
13	3	1	2	0,27	0	3	3	0,4
14	0	1	5	0,67	0	2	4	0,47
15	0	1	5	0,67	0	4	2	0,47
16	0	2	4	0,47	0	0	6	1
17	0	1	5	0,67	0	0	6	1
18	1	4	1	0,4	0	0	6	1

Relativamente ao  $VO_{2max}$  (quadro 25), constatámos que 4 atletas passaram pelos três canais e 3 sujeitos permaneceram sempre no canal 1. A modificação da posição relativa, nomeadamente com mudança para o canal adjacente, é bastante frequente, tanto em corredores de melhor como de pior nível de rendimento.

Um comportamento idêntico pode ser observado relativamente à EC (quadro 24). Nesta variável também ocorrem bastantes mudanças de canal. Dos 18 sujeitos apenas 2 permaneceram sempre no canal 3. Dos restantes, 6 passaram pelos três canais e os outros 9 mudaram para canais adjacentes.

Em relação ao LAn (quadro 24), verificamos que somente 1 atleta passou por todos os canais. Os nove atletas de rendimento mais baixo nunca passaram pelo canal 3 e, 5 atletas de rendimento mais elevado nunca passaram pelo canal 1.

Relativamente à  $VelVO_{2max}$  (quadro 25), verificamos que, dos 9 atletas de rendimento mais fraco, apenas um esteve uma vez no canal três, e os outros nunca o conseguiram. Desses nove, quatro estiveram sempre no canal 1. Os 4 sujeitos de rendimento mais elevado permaneceram sempre no canal 3.

## 4.10. DISCUSSÃO

### 4.10.1. ALTERAÇÕES DOS PARÂMETROS FISIOLÓGICOS EM FUNÇÃO DO TEMPO

Os valores médios encontrados para os quatro parâmetros fisiológicos, de uma forma geral, são relativamente próximos dos referidos por outros autores com atletas de nível semelhante. No entanto, devemos ter em conta que a maioria dos estudos disponíveis na literatura têm por base corredores de categoria superior. Por outro lado, a comparação do nível de rendimento dos sujeitos é dificultada pelo facto de a prova que serve de referência raramente ser coincidente.

Os valores de  $VO_{2max}$  compreendidos entre os valores médios de 62,1 e 76,1 ml/kg/min, observados ao longo dos 6 momentos, são descritos noutros estudos com corredores de MF de categoria semelhante e, mesmo, noutros de nível superior (quadro 26). O facto de indivíduos de diferentes categorias apresentarem  $VO_{2max}$  semelhantes pode indiciar, desde logo, que o  $VO_{2max}$  não será o parâmetro mais correlacionado com o desempenho em provas de meio fundo. Efectivamente, diversos autores referiram já essa possibilidade (74, 85,148).

**Quadro 26** - Valores do VO<sub>2</sub>max em corredores de MF, referidos noutros estudos

Autor / referência	n	Amostra	VO <sub>2</sub> max ml / kg / min
Billat e col (25)	10	Corredores de meia maratona de nível médio	68,1 ± 4,1
Billat e col (30)	38	Corredores de meia maratona de elite	71,4 ± 5,5
Billat e col (29)	8	Corredores de meia maratona e de MF	69,6 ± 4,2
Billat e col (33)	16	Corredores de meia maratona de elite	75 ± 5,3
Billat e col (32)	14	Corredores de meia maratona de elite	74,9 ± 2,9
Billat e col (24)	15	Corredores de MF de elite	77,7 ± 6,4
Billat e col (26)	14	Corredores de MF e fundo de nível médio	74,9 ± 3
Billat e col (31)	12	Corredores de MF de nível médio	69,4 ± 3,7
Svedenhag e Sjodin (238)	10	Corredores de MF de elite	74,2 ± 1,4
Houmard e col (116)	7	Corredores de meio fundo de nível médio	66,1 ± 1,1
Tanaka e col (243)	21	Corredores de meio fundo de nível médio	64,6 ± 3,8
Tanaka e col (244)	20	Corredores de meio fundo de nível médio	64,4 ± 3,8
Santos (208)	10	Corredores de MF de elite	68,1 ± 5,2
Padilla e col (186)	24	Corredores de MF de elite	71,9 ± 4,2
Lacour e col (141)	27	Corredores de MF de elite	71,3 ± 4,5
Billat e col (44)	8	Corredores de MF de nível médio	59,8 ± 5,4
<b>Presente estudo *</b>	18	Corredores de MF de nível médio	<b>69,1 ± 7</b>

\* Média das médias e dos desvios padrão, nos 6 momentos

O VO<sub>2</sub>max, embora considerado como o limite superior da capacidade aeróbia do sujeito (4), não parece ser o factor mais determinante do desempenho em corridas de MF. Vários estudos convergem no sentido de considerar este parâmetro, apenas, como um entre vários, com importância decisiva (186), em grande parte porque um VO<sub>2</sub>max inferior pode ser compensado por um LAn superior (4), ou uma melhor EC (170).

Por outro lado, pode ser possível manter o nível de desempenho individual a par de alterações no VO<sub>2</sub>max e EC, pois a melhoria numa variável pode ser complementada pelo decréscimo na outra. Uma fraca ou mesmo inversa correlação entre a EC e o VO<sub>2</sub>max já foi constatada anteriormente (265, 13). Padilla e col (186) constataram que os melhores corredores em provas de 1500m (tanto homens como senhoras) com melhores VelVO<sub>2</sub>max eram os que combinavam elevados VO<sub>2</sub>max com valores médios do custo energético. A este propósito, Billat e Bocquet (27) referem como pouco provável a observação, no

mesmo sujeito, de um elevado  $VO_{2max}$  a par com um valor muito baixo no custo energético (EC). Para além disso, acrescentam, não se conhecem, ainda, os meios de treino adequados para a diminuição desse custo energético.

No nosso estudo, o  $VO_{2max}$  parece ser, de entre todos os parâmetros avaliados, o mais sensível a modificações, na medida em que foi o único a registar alterações significativas ao longo do período de tempo do estudo. No entanto, a variação média não parece muito acentuada, principalmente quando comparamos o valor obtido num determinado momento com os de momentos adjacentes. Verificámos, também, que não aconteceram modificações no rendimento médio do grupo de acordo a variação do  $VO_{2max}$ , pelo que não é possível estabelecer qualquer relação entre as duas variáveis, como acontece noutros trabalhos (74, 85, 148).

Os valores médios da EC do presente estudo oscilaram entre 197 e 207 ml/kg/km. Valores desta ordem de grandeza foram registados em noutros estudos com corredores de MF e fundo (quadro 27). Como podemos observar, a maioria dos valores médios situa-se entre os 180 e os 216 ml/kg/km ( $203 \pm 13$ ). Adicionalmente, podemos constatar uma acentuada variação inter-individual, possível de observar pela apreciação dos valores dos desvio padrão.

**Quadro 27** - Valores da EC em corredores de MF, referidos noutros estudos

Autor / referência	n	Amostra	EC ml / kg / km
Billat e col (25)	10	Corredores de meia maratona de nível médio	194 ± 7
Billat e col (30)	38	Corredores de meia maratona de elite	197 ± 13
Billat e col (29)	8	Corredores de meia maratona de MF de nível médio	175 ± 19
Billat e col (24)	15	Corredores de MF de elite	214 ± 20
Billat e col (31)	12	Corredores de MF de nível médio	191 ± 14
Svedenhag e Sjodin (238)	10	Corredores de MF de elite	192 ± 4
Santos (208)	10	Corredores de MF de elite	169 ± 32
Padilla e col (186)	24	Corredores de MF de elite	194 ± 10
Lacour e col (141)	27	Corredores de MF de elite	196,4 ± 10
<b>Presente estudo *</b>	18	Corredores de MF de nível médio	<b>203 ± 13</b>

\* Média das médias e dos desvios padrão, nos 6 momentos

Os resultados do LAn oscilaram entre 17,2 e 17,7 km/h que, embora relativamente inferiores aos descritos por outros autores (quadro 28), estão de acordo com o nível médio dos elementos da nossa amostra. Para além disso, é um grupo bastante heterogéneo, pelo que os valores médios não são muito elevados. Assim, justifica-se a superioridade dos valores do LAn encontrados na literatura nos grupos de corredores de elite, principalmente porque o LAn é fortemente correlacionado com o rendimento nas provas de corrida de MF (67, 183, 215, 216, 238).

**Quadro 28** - Valores do LAn em corredores de MF, referidos noutros estudos

Autor / referência	n	Amostra	LAn (km/h)
Billat e col (25)	10	Corredores de meia maratona de nível médio	17,21 ± 0,6
Billat e col (29)	8	Corredores de meia maratona de MF	16,9 ± 0,9
Billat e col (24)	15	Corredores de MF de elite	18,9
Billat e col (26)	14	Corredores de MF e fundo de nível médio	15,4
Novo e Santos (183)	14	Corredores de 5000m de elite	19,3 ± 0,5
Colaço (67)	12	Corredores juniores de corta-mato de nível médio	18 ± 0,9
Padilla e col (186)	24	Corredores de MF de elite	18,8
Lacour e col (141)	27	Corredores de MF de elite	19,1 ± 1
Billat e col (44)	8	Corredores de MF de nível médio	15,2 ± 0,9
<b>Presente estudo *</b>	18	Corredores de MF de nível médio	<b>17,5 ± 2</b>

\* Média das médias e dos desvios padrão, nos 6 momentos

A  $VelVO_{2max}$  apresentou valores situados entre 19,8 km/h e os 20,2 km/h. Como podemos verificar pela observação do quadro 29, estes resultados são mais baixos que os encontrados noutros estudos com corredores de melhor nível. Também, neste caso, aquela superioridade pode ser explicada, em grande parte, pela elevada correlação existente entre este parâmetro e o desempenho em corridas de MF.

**Quadro 29** - Valores da  $VelVO_{2max}$  em corredores de MF, referidos noutros estudos

Autor / referência	n	Amostra	$VelVO_{2max}$ (km/h)
Billat e col (25)	10	Corredores de meia maratona de nível médio	$21,6 \pm 1,2$
Billat e col (30)	38	Corredores de meia maratona de elite	$21,8 \pm 1,2$
Billat e col (29)	8	Corredores de meia maratona de MF	$21,6 \pm 1,1$
Billat e col (33)	16	Corredores de meia maratona de elite	$22,3 \pm 1$
Billat e col (32)	14	Corredores de meia maratona de elite	$22,4 \pm 0,8$
Billat e col (24)	15	Corredores de MF de elite	$20,9 \pm 1,1$
Billat e col (26)	14	Corredores de MF e fundo de nível médio	$21,4 \pm 0,7$
Billat e col (31)	12	Corredores de MF de nível médio	$21,2 \pm 0,9$
Santos (208)	10	Corredores de MF de elite	$23,8 \pm 1$
Padilla e col (186)	24	Corredores de MF de elite	$21,4 \pm 0,9$
Lacour e col (141)	27	Corredores de MF de elite	$21,9 \pm 1,1$
Billat e col (44)	8	Corredores de MF de nível médio	$18,5 \pm 1,2$
<b>Presente estudo *</b>	18	Corredores de MF de nível médio	<b><math>19,9 \pm 1</math></b>

\* Média das médias e dos desvios padrão, nos 6 momentos

No presente estudo, em cada momento, a  $VelVO_{2max}$  é bastante próxima da velocidade na prova de 3000m. Efectivamente, registámos, ao longo dos 6 momentos, valores médios da velocidade compreendidos entre os 97 e 101% da  $VelVO_{2max}$  (quadro 30), sugerindo a ideia de que a corrida de 3000m requiere a utilização de aproximadamente 100% do  $VO_{2max}$ . Esta proximidade foi já anteriormente observada por outros investigadores (125, 29). Billat e col (29) mediram uma velocidade média na prova de 3000m como ocorrendo a 97% da  $VelVO_{2max}$ . A estreita associação deste parâmetro com o rendimento e o facto de a  $VelVO_{2max}$  conjugar, num único valor, o  $VO_{2max}$  e EC, levou alguns autores a aconselhar a sua utilização como referência para determinação da intensidade dos exercícios de treino (170, 23). Por outro lado, a determinação da velocidade na prova de 3000m pode constituir-se como uma forma útil para estimação da  $VelVO_{2max}$ .

**Quadro 30** - Valores médios ( $\pm$  dp) da relação percentual entre a velocidade na corrida de 3000m e a VelVO<sub>2max</sub>, observada no grupo de corredores do nosso estudo nos diferentes momentos.

Autor / referência	n	Amostra	VelVO <sub>2max</sub> (km/h)
1	18	101%	4%
2	18	102%	4%
3	18	100%	3%
4	18	97%	3%
5	18	101%	5%
6	18	99%	4%

Uma das finalidades deste estudo era averiguar o sentido e a magnitude das modificações dos vários parâmetros fisiológicos ao longo de dois anos consecutivos. A hipótese formulada não se confirmou, pois verificou-se uma estabilização dos valores da VelVO<sub>2max</sub>, do LAn e da EC, e a diminuição do VO<sub>2max</sub> em função do tempo (quadro 16, p:79). Com efeito, uma vez que se tratava de uma amostra com a maioria dos corredores relativamente jovens, esperávamos uma melhoria da sua capacidade e potência aeróbias num período de dois anos, o que não veio a ocorrer. Esta ausência de variação reflectiu-se também na ausência de melhoria do rendimento médio do grupo na corrida de 3000m, bem como na estagnação dos valores de alguns aspectos relacionados com a carga de treino (apreciada no capítulo seguinte). O treino, como motor das progressivas adaptações do organismo, não conseguiu, aparentemente, induzir alterações nos valores médios destes parâmetros e, por consequência, no desempenho. Neste contexto, parece lógico admitir que uma das razões principais que estarão na base da ausência de melhorias naqueles parâmetros tenha sido a falta de incremento da carga de treino ou, eventualmente, referir a possibilidade dos sujeitos da nossa amostra terem atingido já o topo do desenvolvimento das suas capacidades motoras. Outra razão poderá estar relacionada com o facto de que, ao longo de cada época e nos diferentes anos, os objectivos de cada atleta não estarem sempre direccionados para a obtenção de melhores marcas, nesta prova. Na primeira

parte da época a maioria orientou o seu treino para as provas de corta-mato e, geralmente, a partir de Março para as provas de pista.

Os quadros 31, 32, 33 e 34 apresentam, de forma resumida, a tendência nas alterações do  $VO_{2max}$ , EC, LAn e  $VeIVO_{2max}$ , em resultado de diferentes períodos de tempo registados em diversas pesquisas.

**Quadro 31** - Resumo de estudos que apreciaram as modificações no  $VO_{2max}$  em corredores de MF, durante um determinado período de tempo.

Autor / referência	n	Duração do estudo	Sentido da variação
Houmard e col (116)	7	5 Meses	Sem alteração $\Delta = 3,1$ ml/kg/min
Svedenhag e Sjödin (238)	10	Uma época desportiva	Melhoria $\Delta = 3,1$ ml/kg/min
Tanaka e col (243)	21	9 Meses	Melhoria $\Delta = 2,7$ ml/kg/min
Tanaka e col (244)	20	4 Meses	Melhoria $\Delta = 3,1$ ml/kg/min
Santos (209) (Estudo de caso)	3	17 Semanas	Melhoria $\Delta = 5,3$ ml/kg/min
Jones (125) (Estudo de caso)	1	5 Anos	Sem alteração $\Delta = 6,8$ ml/kg/min
<b>Presente estudo</b>	18	2 anos	<b>Sem alteração</b> $\Delta = 5,4$ ml/kg/min

**Quadro 32** - Resumo de estudos que apreciaram as modificações na EC em corredores de MF, durante um determinado período de tempo.

Autor / referência	n	Duração do estudo	Sentido da variação
Houmard e col (116)	7	5 Meses	Sem alteração $\Delta = 1,1$ ml/kg/km
Svedenhag e Sjödin (238)	10	Uma época desportiva	Melhoria $\Delta = 4$ ml/kg/km
Brisswalter e Legros (50)	8	5 Meses	Sem alteração $\Delta = 0,7$ ml/kg/km
Santos (209) (Estudo de caso)	3	17 Semanas	Melhoria $\Delta = 4,3$ ml/kg/km
Jones (125) (Estudo de caso)	1	5 Anos	Melhoria $\Delta = 2,1$ ml/kg/km
<b>Presente estudo</b>	18	2 Anos	<b>Sem alteração</b> $\Delta = 10$ ml/kg/km

**Quadro 33** - Resumo de estudos que apreciaram as modificações no LAn em corredores de MF, durante um determinado período de tempo.

Autor / referência	n	Duração do estudo	Sentido da variação
Svedenhag e Sjödin (238)	10	Uma época desportiva	Melhoria $\Delta = 0,6$ km/h
Tanaka e col (244)	20	4 Meses	Melhoria $\Delta = 6\%$
Santos (209) (Estudo de caso)	3	17 Semanas	Melhoria $\Delta = 10,3\%$
Jones (125) (Estudo de caso)	1	5 Anos	Melhoria $\Delta = 3$ km/h
<b>Presente estudo</b>		2 Anos	<b>Sem alteração</b> $\Delta = 0,5$ km/h

**Quadro 34** - Resumo de estudos que apreciaram as modificações na  $VelVO_{2max}$  em corredores de MF, durante um determinado período de tempo.

Autor / referência	n	Duração do estudo	Sentido da variação
Santos (209) (Estudo de caso)	3	17 Semanas	Melhoria $\Delta = 0$
Jones (125) (Estudo de caso)	1	5 Anos	Melhoria $\Delta = 1,4$ km/h
<b>Presente estudo</b>	18	2 Anos	<b>Sem alteração</b> $\Delta = 0,4$ km/h

Uma apreciação global dos quadros 31, 32, 33 e 34 permite-nos referir que as modificações nos valores de parâmetros fisiológicos  $VO_{2max}$ , EC, LAn e  $VelVO_{2max}$ , em função do tempo, parecem, de certa forma, estar condicionadas às características particulares de cada estudo. Com efeito, a grande heterogeneidade ao nível dos procedimentos de avaliação, da tipologia da amostra e dos processos de treino, dificulta a comparação dos resultados. Cada pesquisa apresenta as suas particularidades, de modo que é muito difícil descortinar conclusões abrangentes. Para além disso, o reduzido número de pesquisas longitudinais disponíveis na literatura não permite tirar conclusões

consistentes e definitivas acerca do contributo de cada parâmetro na evolução do rendimento individual. De qualquer forma parece emergir a tendência para uma associação mais estreita entre o LAn (215, 238, 244) e a  $VelVO_{2max}$  (125, 209) com o rendimento em corridas de MF, relativamente ao  $VO_{2max}$  e EC.

Os resultados de outros estudos não são consensuais relativamente à forma como se modificam os parâmetros fisiológicos e o rendimento ao longo do tempo. Houmard e col (116) avaliaram o rendimento na prova de 8km, ao longo de uma época desportiva (no meio e final), num grupo de sete corredores universitários de corta-mato, homogêneos em termos de potência aeróbia, idade e no tempo da prova de 8.000m. Não observaram quaisquer diferenças significativas no  $VO_{2max}$  e na EC. O tempo médio piorou de 28min e 31s 29min e 22s. Por seu lado, Svedenhag e Sjödin (238) apreciaram a variação dos parâmetros fisiológicos LAn, EC e  $VO_{2max}$  em 10 corredores de elite, por intermédio de quatro avaliações realizadas no decurso de uma época desportiva. O  $VO_{2max}$  melhorou significativamente da 1ª para a 3ª avaliação, e que decresceu da 3ª para a 4ª, realizada no início da época seguinte. Os valores da EC não foram significativamente inferiores em Julho (3ª avaliação) relativamente à primeira avaliação. A velocidade associada ao LAn (expresso pela V4) incrementou significativamente da 1ª avaliação para a avaliação seguinte (em Maio) e permaneceu relativamente elevada nos momentos seguintes. Nesse estudo (238), foram observadas melhorias em alguns dos parâmetros fisiológicos avaliados (LAn e  $VO_{2max}$ ) ao longo da época desportiva. No entanto, os incrementos não ocorreram sistematicamente e consecutivamente ao longo dos 4 momentos. As melhorias mais acentuadas verificaram-se da primeira avaliação para a segunda, isto é, do momento (zero) prévio ao início dos treinos daquela época, para a avaliação seguinte, após 3 meses de treino. A partir daí as modificações foram menos acentuadas. Os referidos autores sugerem, ainda, que os maiores valores do  $VO_{2max}$  no período de Verão estão relacionados com o aumento de sessões de treino de elevada intensidade, a par da realização de um maior número de competições.

No nosso estudo verificámos, também, a tendência para os valores médios do  $VO_{2max}$  e do LAn para apresentarem valores superiores na 1ª

avaliação de cada época desportiva, realizada 3 meses após o reinício dos treinos. Esta ocorrência pode ser explicada, em parte, pelo facto de alguns corredores aumentarem consideravelmente o volume de treino dos primeiros meses.

O estudo de Svedenhag e Sjödin (238) teve, em nosso entender uma limitação, que foi a de não avaliar simultaneamente o rendimento, pelo que não sabemos de que forma as modificações do desempenho dos sujeitos acompanhou a variação nos parâmetros fisiológicos. Embora referindo uma melhoria das melhores marcas na corrida de 1500 e 5000m efectuadas nessa época, relativamente à precedente, não referem o significado dessa melhoria, nem em que altura do ano essas marcas foram obtidas. Ou seja, não se pode estabelecer uma ligação entre as várias avaliações fisiológicas e do rendimento.

Outras pesquisas, embora realizadas em períodos de tempo relativamente curtos, constataram alterações significativas em alguns daqueles parâmetros fisiológicos. Tanaka e col (243) verificaram incrementos significativos em ambos os parâmetros e no rendimento em função do tempo. Noutra pesquisa, Tanaka e col (244) apreciaram as alterações no  $VO_{2max}$  e no LAn, decorrente de 4 meses de treino, em 20 corredores de MF (19-23 anos) regularmente treinados. O volume de treino foi aumentado acentuadamente durante esse período. Para isso, foram acrescentadas ao processo de treino habitual duas sessões de corrida contínua, de duração compreendida entre 60 a 90 minutos. Os autores deste estudo referem que as modificações no processo de treino foram fundamentais na promoção das alterações verificadas nos parâmetros fisiológicos e no rendimento na corrida de 10.000m. No entanto, não foram suficientes para modificar significativamente o resultado nas corridas de 1500 e 5000m. Neste caso, as alterações no processo de treino parecem ter sido o motor das inerentes modificações nos parâmetros fisiológicos e no rendimento. Esta circunstância não ocorreu no nosso estudo, no qual não se verificou um incremento da carga de treino em função do tempo (capítulo 5). Assim, parece lógico admitir que esta tenha sido uma das razões

explicativas da estabilização do rendimento e dos valores dos parâmetros fisiológicos.

Jones (125) apreciou, entre outros, as alterações, a longo prazo, em parâmetros fisiológicos, numa corredora de MF de elite mundial, durante um período de 5 anos. Verificou uma estabilização no valor do  $VO_{2max}$ , encontrando melhorias no LAn, na  $VelVO_{2max}$  e EC. A melhoria nestes parâmetros acompanhou o incremento do rendimento na prova de 3000m. No entanto, devemos notar que essas modificações ocorreram ao longo de um período de tempo muito superior ao do nosso estudo, o que pode significar que duas épocas desportivas poderão não ser um tempo suficiente para a ocorrência de uma melhoria acentuada nesses parâmetros.

Embora em estudos de caso, Santos (209) apreciou melhorias significativas no  $VO_{2max}$ , EC, LAn e  $VelVO_{2max}$  em 3 corredores, antes e após um período de 17 semanas de treino drasticamente aumentado. No entanto, o autor não avaliou as modificações do desempenho durante esse período, pelo que não é possível efectuar qualquer associação. Por outro lado, o incremento do volume de treino foi de tal ordem que dificilmente poderia ser sustentado senão por um período de tempo relativamente curto. De qualquer forma demonstrou que é possível melhorar acentuadamente os valores de alguns parâmetros fisiológicos num período 4 meses de treino.

Embora em provas de distância superior às do presente estudo, Morgan e col (170) observaram, em mais que um estudo, que a variação da  $VelVO_{2max}$  explica uma proporção significativa da variação do desempenho na prova de 10km, referindo um contributo relativo tão importante como o atribuído ao LAn. Os estudos longitudinais que avaliaram este parâmetro são, ainda, muito raros. Em todo o caso, alguns estudos transversais encontraram correlações com o rendimento de magnitude semelhante ou mesmo superiores às encontradas para o LAn (24, 25,141, 170, 192). Os resultados no nosso estudo estão em concordância com esses estudos, na medida em que registámos valores muito elevados de correlação do LAn e da  $VelVO_{2max}$  com a velocidade na corrida de 3000m, em cada momento (quadro 17, p:79). Este facto indicia, e parece

confirmar, uma estreita relação entre a variação destes parâmetros fisiológicos e a modificação do rendimento.

Em Portugal, algumas pesquisas foram realizadas no sentido de averiguar as relações entre as modificações do LAn e as alterações no rendimento em provas de corrida. Santos e Krüger (215) num estudo de revisão apresentam vários exemplos de corredores e grupos de corredores, nos quais se verificou uma estreita relação entre as modificações do LAn e as alterações do rendimento em corridas de MF. Referem este parâmetro como um dos mais relacionados com a melhoria do desempenho e acentuadamente dependente do tipo de treino. Para além disso, justificam a importância de um elevado LAn, na medida em que uma maior capacidade aeróbia permite ao atleta, também, a recuperação mais rápida dos treinos intervalados. Em forma de conclusão, acrescentam que o conhecimento do LAn, para além de constituir um instrumento fundamental da capacidade aeróbia do corredor possibilita, igualmente, o cálculo individualizado da intensidade da corrida nos diferentes tipos de treino.

A tendência para uma modificação positiva do LAn ao longo dos anos de treino pode ser inferida, também, a partir da comparação de atletas veteranos e jovens. Foi neste sentido que Allen e col (4) desenvolveram uma pesquisa em dois grupos de sujeitos: um constituído por 8 corredores com uma idade média de  $56 \pm 5$  anos e outro constituído por 8 corredores com uma idade média de  $26 \pm 3$  anos, agrupados de acordo com a sua prestação na prova de 10km e com a tipologia do treino. Verificaram que, apesar do seu menor  $VO_{2max}$  (-9%), os veteranos conseguiam um desempenho semelhante na prova. Os autores concluíram que, apesar de o LAn ocorrer a uma mesma velocidade, os veteranos começam a acumular lactato a uma percentagem superior do  $VO_{2max}$ , permitindo-lhes competir com os mais novos.

De uma forma global, podemos referir que, embora não podendo estabelecer uma relação causal entre a estabilidade nos parâmetros fisiológicos e o rendimento, parecem existir fortes indícios que apontam nessa possibilidade.

#### 4.10.2. O TRACKING DOS PARÂMETROS FISIOLÓGICOS NO GRUPO

A apreciação do *tracking* nestes parâmetros fisiológicos permite-nos constatar que o LAn e a  $VeVO_{2max}$  são parâmetros altamente estáveis, como expressam os elevados valores de correlação (auto correlação) e o Kappa de Cohen. Efectivamente, foram encontrados valores elevados na correlação, entre os diferentes momentos, nestes dois parâmetros. O facto de, na literatura disponível, não termos encontrado qualquer estudo que tivesse apreciado o *tracking*, nestes parâmetros, em corredores de MF não nos permite tirar ilações acerca da sua magnitude relativa. No entanto, valores elevados de auto-correlação no LAn e na  $VeVO_{2max}$  eram esperados pois são, geralmente, parâmetros muito correlacionados com o nível de rendimento que, como já referimos, não se alterou significativamente ao longo do tempo. Estes resultados são confirmados pelos elevados valores encontrados no Kappa de Choen: 0,70 para o LAn e 0,71 para a  $VeVO_{2max}$ .

Em relação à EC os resultados confirmam a hipótese avançada inicialmente, apresentando valores de auto-correlação e do Kappa moderados. Realmente, a EC pode apresentar alguma variação intra-individual, que pode ocorrer mesmo apesar de se manterem estandardizadas as condições de realização do teste. Morgan e col 1989 (175) referem a possibilidade de uma variação intra-individual se situar entre 3 e 11%. Morgan e Craib (172) acrescentam, posteriormente, que essa variação pode estar relacionada com a velocidade da corrida, e diminuem o intervalo de variação para valores situados entre 1 e 4%. Relativamente ao estado de fadiga provocado, principalmente, pelo treino efectuado nos dias precedentes ao dia de realização do teste, não nos parece que tenha sido um factor importante na explicação da variação intra-individual que, eventualmente, possa ter ocorrido. Os atletas foram aconselhados a diminuir acentuadamente a carga de treino no dia anterior, e a repousar no dia do teste. Neste contexto, a EC surge como uma variável complexa e dependente de um grande número de factores (175), que podem

exercer a sua influência de forma diversa em cada sujeito (258), reflectindo-se numa notória variação intra e inter-individual, o que torna difícil a análise dos seus resultados em grupos heterogéneos, como é o caso da amostra do presente estudo.

O  $VO_{2max}$ , embora apresentando valores de auto-correlação elevados, registou um valor do Kappa moderado (0,55), de magnitude semelhante ao encontrado para a EC (0,54). Este facto pode significar que o  $VO_{2max}$  é um parâmetro com uma variabilidade intra-individual considerável, bastante superior à observada na  $VelVO_{2max}$  e no LAN. Essa variabilidade pode ser confirmada pela acentuada troca das posições individuais relativas dentro do grupo, ao longo do tempo (quadro 25, p:84). Dos 18 corredores avaliados no presente estudo, apenas 3 (nº 1, nº 3 e nº 5 - quadro 25), permaneceram sempre no mesmo canal (tercil 1). Os restantes 15 posicionaram-se, ao longo dos 6 momentos, em pelo menos dois canais, tendo mesmo 4 deles passado pelos três. Assim, o  $VO_{2max}$  parece ser um parâmetro fisiológico com uma variação intra-individual mais acentuada do que o LAN e a  $VelVO_{2max}$ .

De uma forma global, verificamos que o LAN e  $VelVO_{2max}$  registaram valores elevados de estabilidade, bastante superiores aos observados no  $VO_{2max}$  e EC. Esta estabilidade nos parâmetros fisiológicos ocorreu simultaneamente com a estabilidade dos valores médios do rendimento na corrida de 3000m.

#### 4.11. CONCLUSÕES

Em relação à primeira hipótese formulada podemos concluir que: (i) O  $VO_{2max}$  foi o único parâmetro onde ocorreu uma alteração significativa ao longo do tempo, mas tendencialmente negativa, isto é, o valor médio do  $VO_{2max}$  tendeu a diminuir em função do tempo; (ii) O LAN, a EC e a  $VelVO_{2max}$  não se alteraram significativamente.

Relativamente à segunda hipótese podemos retirar as seguintes conclusões: (i) No que diz respeito ao LAn e à  $VelVO_{2max}$ , verificámos que os sujeitos tendem a manter as mesmas posições relativas ao longo do tempo, pois a auto-correlação é muito elevada e significativa ( $p=0,001$ ). A par, existe uma forte canalização dos atletas, isto é, os atletas tendem a ocupar o mesmo tercil da distribuição. (ii) No que se refere à EC e  $VO_{2max}$ , constatámos valores de auto-correlação moderados, o que significa que os sujeitos tendem a alterar as suas posições relativas, com alguma frequência, ao longo do tempo (principalmente na EC). Os valores do Kappa de Choen também apresentaram valores moderados, o que denota a probabilidade de os corredores mudarem de tercil (principalmente para o adjacente), ao longo dos seis momentos de avaliação.

## 5. A MUDANÇA NOS PARÂMETROS EXTERNOS DA CARGA DE TREINO

### 5.1. INTRODUÇÃO

A avaliação da carga de treino no MF, bem como noutras modalidades desportivas, é efectuada, geralmente, pela determinação de parâmetros externos ou internos da carga (194). Neste âmbito, pode denominar-se a carga externa como a quantificação do estímulo de treino, medido independentemente dos efeitos provocados. Por outro lado, a carga interna pode ser entendida como a magnitude das modificações biológicas operadas no organismo durante a realização de um determinado exercício (157). Assim, a primeira representa características quantitativas do trabalho realizado, como por exemplo, o seu volume ou a sua intensidade, e a segunda exprime o grau de mobilização das capacidades funcionais do organismo, podendo ser expressa, entre outros, pelo consumo de oxigénio ou pelo nível de lactato sanguíneo (194).

O conhecimento dos parâmetros externos da carga tem especial importância para o treinador e atleta na planificação e controlo do processo de treino. Os mais usualmente utilizados são o volume e a intensidade (45, 194, 225). No caso do treino do MF e fundo, o volume de treino expressa-se, geralmente, em unidades de distância ou de tempo; e a intensidade em unidades de velocidade (m/min, ou km/h), podendo ser determinada em percentagem a uma determinada velocidade critério, como por exemplo a  $V_4$  (215) ou  $VelVO_{2max}$  (23).

A metodologia do treino do MF serve-se, geralmente, de dois tipos de treino: o contínuo e o intervalado (120, 181). O método contínuo por meio de sessões de corrida a diferentes intensidades, e o método intervalado conjugando, na sessão de treino, séries de percursos de distâncias relativamente curtas e intensidades elevadas com períodos de recuperação. Desta forma, é possível elaborar uma grande variedade de sessões de treino

intervalado, pois a combinação dos vários aspectos (distância, intensidade, tempo de recuperação e número de séries) assim o permitem.

O facto de os treinadores planificarem o processo de treino dos seus atletas tendo em conta os parâmetros externos possibilitou a recolha de informação, a partir dos planos de treino dos sujeitos da nossa amostra, os dados que permitiram determinar o VOLSEM, a INTCC e a PERCTI, em cada sujeito. Estes três parâmetros são considerados, geralmente, fundamentais na caracterização do processo de treino de corredores de MF (120), na medida em que expressam, de uma forma global, os tipos de treino utilizados. O conhecimento do VOLSEM e da PERCTI em conjunto com a INTCC podem proporcionar uma ideia razoável do processo de treino seguido pelos corredores.

Em termos longitudinais, pressupõe-se que o efeito do treino tenha repercussão positiva naqueles parâmetros e, por conseguinte, no rendimento desportivo. Para tal, é necessário um progressivo incremento do volume e intensidade do treino. No entanto, esse aumento pode não ocorrer simultaneamente, à medida que se passa de uns ciclos de treino para os seguintes. O treinador planifica, ao longo da época desportiva e, mesmo, ao longo de várias épocas, o grau e a forma de progressão dos principais parâmetros determinantes da carga externa.

Neste contexto, este estudo pretende clarificar a forma e o grau de alteração do VOLSEM, PERCTI e INTCC a que estiveram sujeitos um grupo de corredores de MF, durante dois anos consecutivos.

## 5.2. OBJECTIVO

Tendo em conta o contexto anterior, definimos como objectivo específico:

- Pesquisar as modificações operadas em parâmetros externos da carga de treino avaliados periodicamente ao longo de duas épocas consecutivas.

### 5.3. HIPÓTESE

De forma subsequente enunciámos a hipótese:

- *Ao longo do tempo do estudo verifica-se um incremento significativo no volume semanal total de treino (VOLSEM), na intensidade média da corrida contínua (INTCC) e na percentagem de treino intervalado relativamente ao volume total (PERCTI).*

#### 5.3.1. FUNDAMENTAÇÃO DA HIPÓTESE

A melhoria considerável do rendimento em provas de corrida de MF, não só em Portugal, como internacionalmente, pode dever-se a uma diversidade de factores. Entre eles, podemos salientar um progressivo aperfeiçoamento do processo de treino, nomeadamente ao nível de uma objectivação e individualização cada vez maiores. No entanto, a comparação dos processos de treino torna-se bastante difícil, dada a existência de uma acentuada diversidade de protocolos de treino, possível pela infinidade de combinação de meios utilizados, em combinação com as características da carga. Para além disso, a maioria dos estudos serve-se de sujeitos não treinados, ou moderadamente treinados, o que inviabiliza a generalização das suas conclusões em indivíduos de melhor nível e submetidos a vários anos de treino sistemático.

O estudo da progressão das principais características do treino do MF, como o VOLSEM, a INTCC e a PERCTI em função do tempo raramente foi observado, tanto na literatura nacional como internacional. No entanto, é habitual, em estudos de duração inferior a um ano ou de natureza transversal. Estes estudos associam, geralmente, o de um determinado período de treino com o seu efeito no rendimento, ou em determinado parâmetro fisiológico (2, 50, 113, 118, 132, 162, 185, 193, 213, 217, 264).

Algumas das razões justificativas para a escassez daquele tipo de trabalhos reportam-se ao facto de a maioria dos treinadores planificarem o processo de treino de forma particular, conforme as suas convicções ou condicionalismos, evitando a partilha de informações. Assim, o estudo longitudinal de características do treino torna-se mais difícil, fundamentalmente

pela falta de homogeneidade na sua planificação. Por seu lado, as pesquisas encontradas nesta temática, geralmente, não especificam as características do treino a que os corredores estiveram sujeitos (74, 116, 125, 179). Alguns apresentam apenas o volume semanal (243, 244). Poucos são os que acrescentam indicações acerca da intensidade da corrida contínua ou do treino intervalado (22, 50, 238). No caso particular da nossa amostra, foi possível recolher os valores relativos às três características já referidas (VOLSEM, INTCC e PERCTI) dos planos de treino dos vários corredores que integram o presente estudo.

Em Portugal, alguns estudos realizados nesta temática associam o volume de treino semanal, ou a intensidade das sessões de corrida contínua, com as modificações no LAn e na prestação desportiva (80, 211, 213, 217). No entanto, o grau de alteração dos parâmetros da carga externa não é quantitativamente avaliada, desconhecendo-se se as modificações operadas no período de treino em causa, são ou não significativas.

Deste modo, o estudo longitudinal das modificações da carga de treino, num grupo de corredores de meio fundo pode fornecer-nos informações importantes, pelas eventuais relações que se possam vir a estabelecer com as alterações, tanto no rendimento como em parâmetros internos da carga.

#### 5.4. METODOLOGIA

Os dados relativos à caracterização da amostra e o cronograma das avaliações foram descritos no capítulo da metodologia geral (capítulo 2).

##### 5.4.1. PROCEDIMENTOS DE RECOLHA DOS DADOS DO PROCESSO DE TREINO

Em cada momento de avaliação, os dados relativos ao processo de treino foram obtidos junto de cada treinador, pelo preenchimento de um inquérito retrospectivo. Foi-lhes pedido para referirem os dados do treino de uma semana típica, do período compreendido entre a avaliação em causa e a imediatamente anterior. Esta metodologia de recolha de informação já foi

utilizada por outros investigadores (22, 216). A partir daí, foram calculados os valores dos parâmetros da carga externa:

(i) Volume de treino semanal total (VOLSEM), contabilizando a totalidade de distância percorrida (em km), semanalmente, por cada sujeito, nas diversas sessões de treino;

(ii) Intensidade média da corrida contínua (INTCC), determinada achando a razão entre a velocidade média das sessões de corrida contínua e a V4, expressa em percentagem (% V4);

(iii) Percentagem de treino intervalado (PERCTI), estimado a partir do valor distância percorrido nas sessões de treino intervalado, relativamente ao VOLSEM.

Um exemplo do inquérito utilizado encontra-se no anexo 2. Os dados recolhidos foram tratados numa folha de cálculo do Excel.

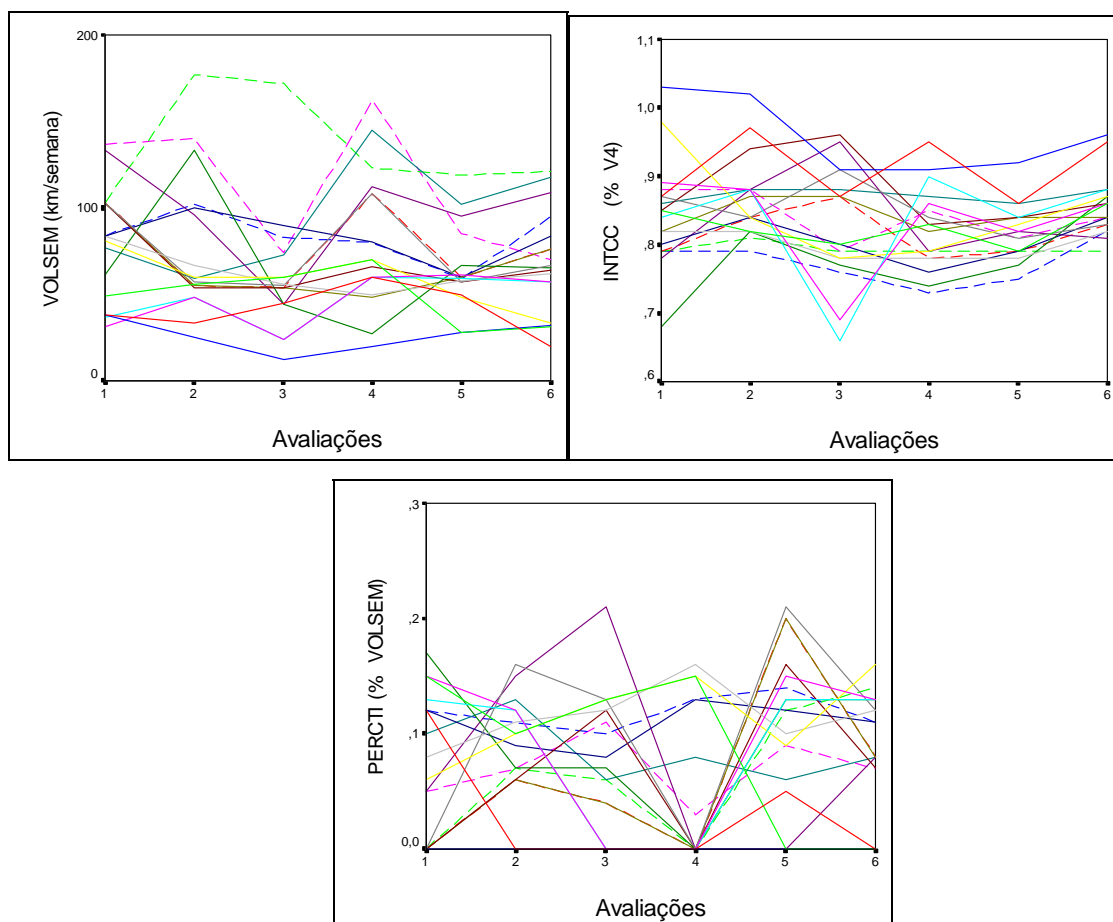
## 5.5. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

A figura 9 mostra as representações gráficas dos percursos individuais, em cada um dos parâmetros externos da carga, ao longo dos 6 momentos avaliados. No que diz respeito ao VOLSEM, verificamos uma grande heterogeneidade inter-individual, com alguns valores acima de 100 e outros inferiores a 50 km/sem. Em alguns corredores, o valor deste parâmetro oscila acentuadamente ao longo do tempo, sendo visível a ocorrência de bastantes cruzamentos dos perfis individuais.

Em relação à INTCC, verificamos que a grande maioria dos sujeitos utiliza uma faixa de intensidade entre os 80 e 90% da V4. Verifica-se, ao longo do tempo, um acentuado cruzamento nos perfis individuais.

No que diz respeito à PERCTI parece ocorrer, igualmente, uma acentuada heterogeneidade, tanto intra com inter-individual. A PERCTI nunca ocupa mais que 20% do VOLSEM. Alguns atletas não efectuam treino intervalado (TI), principalmente nos primeiros meses de cada época. No entanto, podemos encontrar valores zero em todos os momentos avaliados, o que pode indiciar estruturas de planificação diferenciadas, conforme o treinador em causa. A

utilização ou não de sessões de treino intervalado depende em grande medida dos objectivos de cada treinador e atleta para determinado momento da época desportiva.



**Figura 9.** Gráficos “spargueti plot” dos valores individualizados nos três parâmetros externos (VOLSEM, INTCC e PERCTI) em função do tempo. Os valores iguais a zero na PERCTI reflectem a ausência de treino intervalado.

A descrição e apresentação gráfica dos resultados em função do tempo são apresentados no quadro 35 e figura 9. Como podemos observar, a média do VOLSEM foi de 81 km no primeiro momento (M1), 76km e 60km nos M2 e M3 da primeira época desportiva. Apresentou um valor de 81km, 64km e 69km nos M4, M5 e M6 da segunda época desportiva. Os M1 e M4 (primeiros em cada época) foram os que apresentaram uma média superior. Assim, cada época desportiva parece coincidir com um ciclo de treino (macrociclo), durante o qual o VOLSEM médio tende a decrescer.

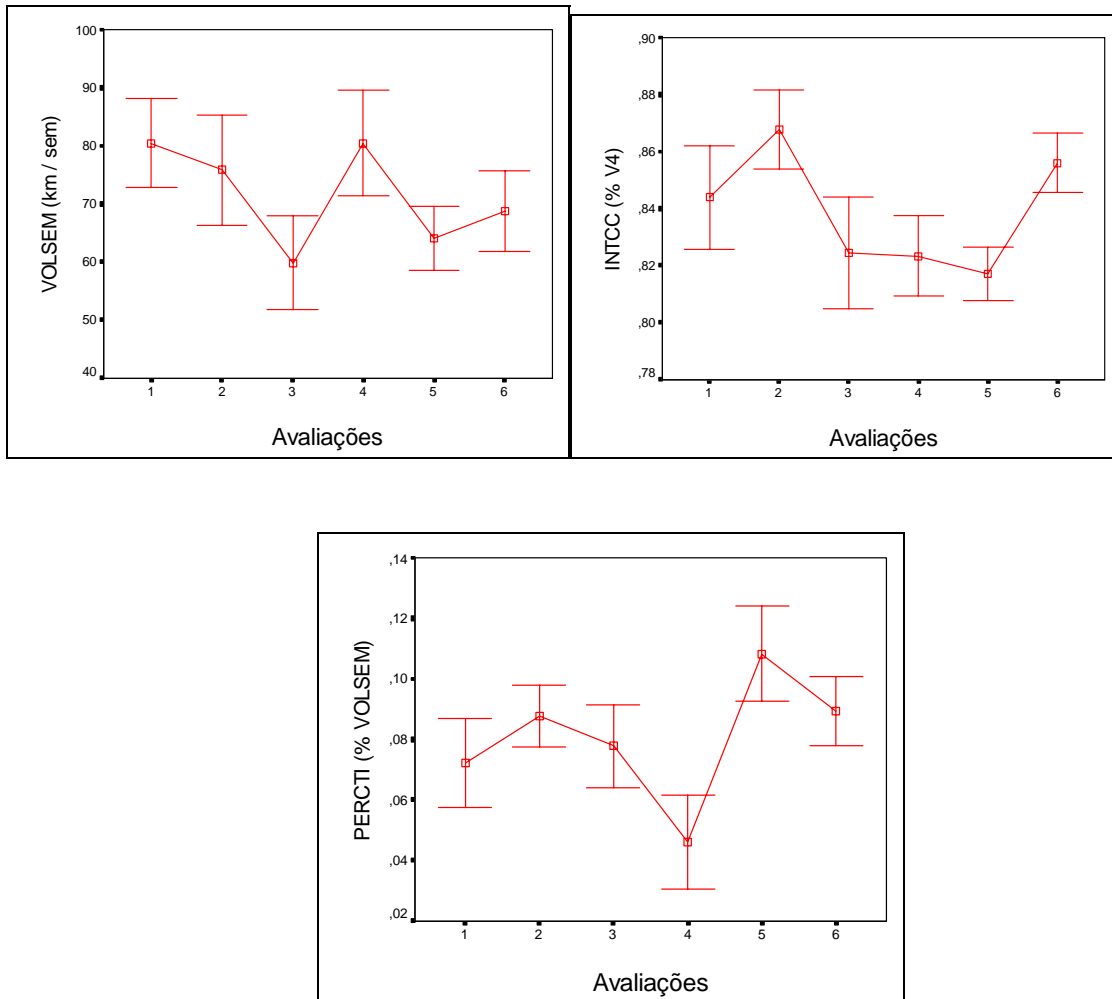
A INTCC, em termos médios, apresentou um valor de 84% no M1, 87% no M2 e 82% no M3 (1ª época); no M4 a INTCC foi de 82%, e 82 e 86% nos M5 e M6, respectivamente, não se vislumbrando qualquer tendência em relação com as diferentes partes da época.

A PERCTI apresentou os valores médios de 7, 8 e 9% nos M1, M2, e M3; e os valores de 5, 11 e 9% nos M4, M5 e M6. Este parâmetro não parece modificar-se de acordo com qualquer padrão. Na primeira época, os valores cresceram consecutivamente no decurso das três avaliações, enquanto que, na segunda, o valor mais elevado ocorreu no M2.

**Quadro 35** - Valores médios, desvio padrão, valor mínimo\* e máximo, do VOLSEM, INTCC e PERCTI, em cada uma das 6 avaliações.

Parâmetro avaliado	Média	dpo	Mínimo	Máximo
VOLSEM1 (km)	81	32	31	137
VOLSEM2 (km)	76	41	25	177
VOLSEM3 (km)	60	34	12	172
VOLSEM4 (km)	81	39	20	162
VOLSEM5 (km)	64	23	28	119
VOLSEM6 (km)	69	29	20	121
INTCC1 (% V4)	84	8	68	103
INTCC2 (% V4)	87	6	79	102
INTCC3 (% V4)	82	8	66	96
INTCC4 (% V4)	82	6	73	95
INTCC5 (% V4)	82	4	75	92
INTCC6 (% V4)	86	4	79	96
PERCTI1 (%)	7	6	0	17
PERCTI2 (%)	9	4	0	16
PERCTI3 (%)	8	6	0	21
PERCTI4 (%)	5	7	0	16
PERCTI5 (%)	11	7	0	21
PERCTI6 (%)	9	5	0	16

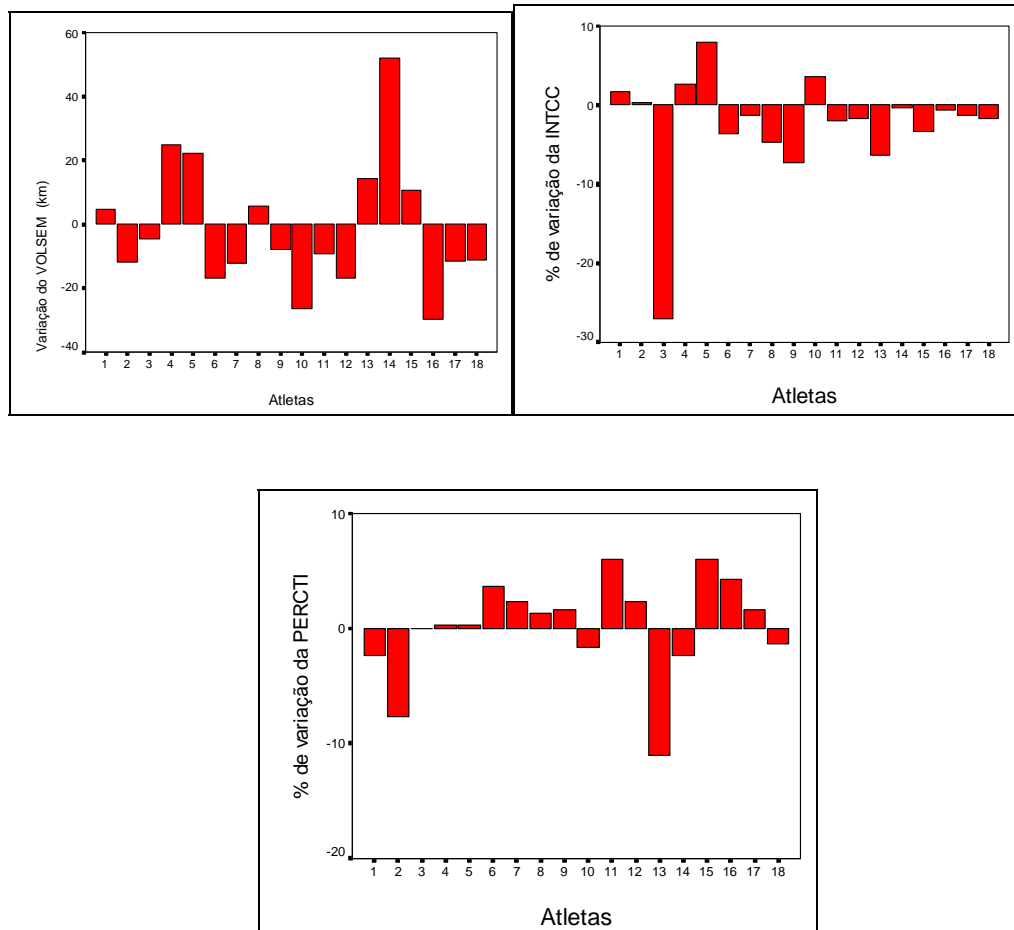
\* O valor mínimo zero, na PERCTI, significa a ausência de treino intervalado no período prévio à avaliação.



**Figura 10.** Valores médios ( $\pm dp$ ) do VOLSEM, INTCC e da PERCTI nos 6 momentos de avaliação.

A figura 10 apresenta, graficamente, a mudança dos valores médios de cada parâmetro externo ao longo de 2 épocas. A sua análise não permite descortinar uma tendência clara na alteração longitudinal dos respectivos valores médios, na medida em que cada parâmetro parece alterar-se de forma independente. No entanto, uma apreciação parcelar por época desportiva permite-nos constatar um VOLSEM superior na 1ª avaliação, reflectindo a tendência para um elevado volume nos primeiros meses de treino. Por seu lado, a PERCTI e a INTCC tendem a apresentar valores ligeiramente mais elevados nas 2ª ou 3ª avaliações. Assim, parece haver alguma complementaridade na modificação, ao longo de cada época, entre o VOLSEM

e aos restantes dois parâmetros (INTCC e PERCTI). No entanto, uma vez que estes valores médios são provenientes de um grupo heterogéneo, aquela associação não é muito clara.



**Figura 11.** Percentagem de variação individual, dos 3 parâmetros da carga externa, da 1ª para a 2ª época. A variação foi calculada subtraindo à média das três avaliações da 2ª época, a média das três avaliações da 1ª época. Os atletas estão ordenados, de forma crescente, em função do rendimento médio individual na prova.

Na figura 11 podemos observar a magnitude da variação individual da primeira época para a época seguinte. Podemos constatar que a maioria de sujeitos diminui a INTCC mas, independentemente da categoria dos sujeitos. No entanto na maioria dos casos a variação é relativamente pequena (menor que 5%).

A PERCTI modifica-se positivamente na maioria dos sujeitos. Também aqui, essa variação não parece associada ao nível de rendimento do corredor.

Embora tratando-se de um grupo muito heterogéneo em termos de rendimento, as alterações de uma época para a seguinte parecem ocorrer de forma semelhante, independentemente do nível dos corredores, pois encontramos alterações positivas e negativas, tanto em atletas de categoria superior como de categoria inferior.

As medidas repetidas do VOLSEM, INTCC e PERCTI foram submetidas a um teste estatístico no sentido de averiguar a eventualidade de alteração ao longo do tempo. Os resultados estão descritos no quadro 36. A apreciação desses resultados revela-nos que as alterações no grupo, em função do tempo, apenas foram estatisticamente significativas na INTCC [ $F(5,13) = 12,7$ ;  $p < 0,001$ ]. No VOLSEM [ $F(5,13) = 2,8$ ;  $p > 0,05$ ] e na PERCTI [ $F(5,13) = 1,2$ ;  $p > 0,05$ ] as alterações não foram significativas.

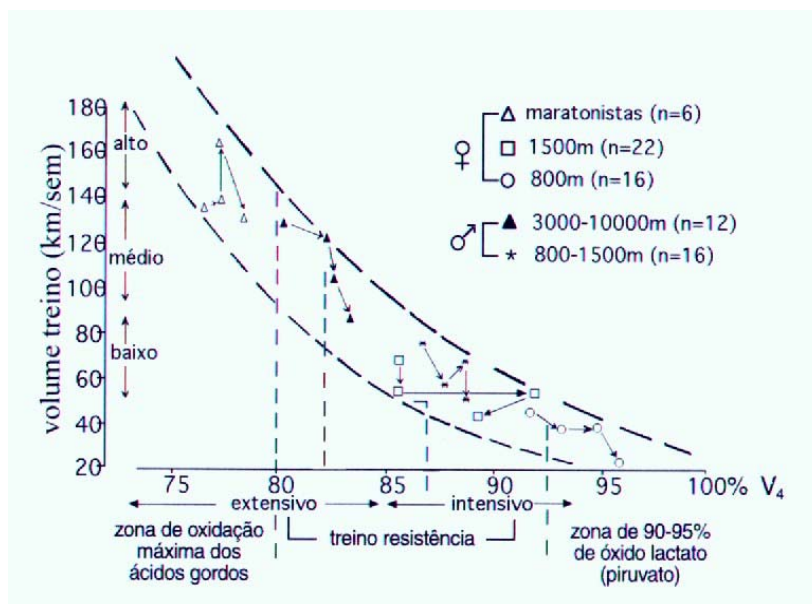
**Quadro 36** - Resultados estatísticos após a submissão dos valores do VOLSEM, da INTCC e da PERCTI dos diferentes momentos a um teste de medidas repetidas.

Variável	Resultado estatístico	Valor de p
VOLSEM	$F(5,13) = 2,8$	0,06
INTCC	$F(5,13) = 12,7$	0,00
PERCTI	$F(5,13) = 1,2$	0,36

## 5.6. DISCUSSÃO

Um dos aspectos mais relevantes deste estudo foi a constatação da ausência de melhoria significativa nos valores médios de cada um dos parâmetros avaliados. Verificamos uma estabilização dos valores do VOLSEM e a PERCTI no decurso das seis avaliações efectuadas durante os dois anos em estudo. A INTCC, por seu turno alterou-se significativamente, mas com tendência para decrescer. A observação da figura 11 permite-nos referir que a maioria dos sujeitos decresceram no valor da INTCC, de uma época desportiva para a seguinte. Treze dos 18 sujeitos diminuíram a INTCC de um ano para o seguinte. Estas alterações podem estar relacionadas com as oscilações

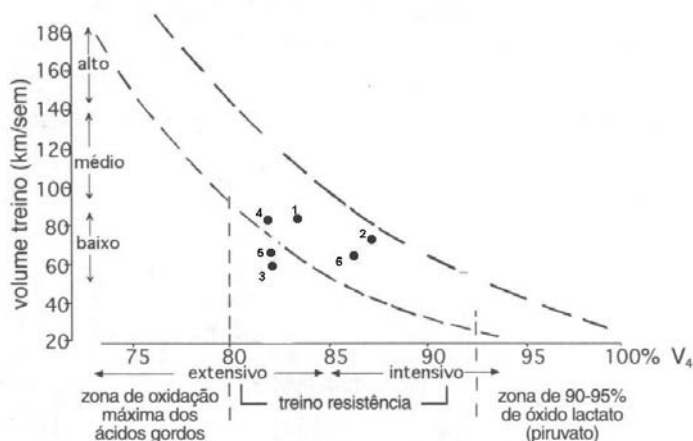
individuais na PERCTI, na medida em que se verificou um aumento do valor deste parâmetro em 11 corredores (figura 11). Um pequeno incremento da PERCTI pode ter que ser compensado com mais sessões de treino regenerativo, efectuadas a intensidades mais baixas. Por outro lado, uma estabilização da INTCC pode ser intencional, por parte do treinador, pois pode haver outras formas de potenciar o efeito da carga de treino para além do aumento da INTCC. Algumas experiências efectuadas neste domínio revelaram que uma diminuição da intensidade da corrida contínua para uma percentagem adequada da V4 (80-90%) pode trazer benefícios muito importantes no rendimento (211, 217). Num destes trabalhos, Santos e col (215) pesquisaram o efeito do treino no rendimento e na evolução da V4, num corredor de MF. A intensidade da corrida contínua (CC) foi diminuída de 90-96%V4 para 78-84%V4, o volume foi aumentado de 4-5h/sem para 7h/sem e o treino intervalado foi ajustado para intensidades que provocassem lactatemias mais baixas que o usual. No período de 18 semanas a V4 melhorou de 4,86m/s para 5,54m/s, para valores próximos dos de atletas de elite. Concluíram que a redução da intensidade e aumento do volume de treino, principalmente da CC, foi eficaz na melhoria do rendimento.



**Figura 12.** Representação gráfica da relação entre o volume e a intensidade da corrida contínua, em atletas de MF e fundo. Adaptado de Mader e Heck (152).

Os valores médios da INTCC, nos diferentes momentos, ficaram compreendidos entre 82 e 86% da V4. Essas intensidades são bastante próximas das observadas noutros grupos de corredores de MF, nomeadamente os referidos por Mader e Heck (152), como mostra a figura 12.

Na maioria dos momentos, os valores médios da INTCC enquadram-se na amplitude de valores aconselhados pelos autores (215), para corredores com aqueles volumes de treino semanal. No entanto, nos momentos 3 e 5 os valores médios situam-se um pouco abaixo da faixa julgada adequada (figura 13). Este facto pode dever-se, em parte, à acentuada heterogeneidade dos sujeitos da nossa amostra, com alguns corredores a apresentarem um VOLSEM bastante baixo.



**Figura 13.** Representação gráfica do modelo desenvolvido por Mader e Heck, que estabelece a dependência entre o volume médio da corrida contínua (expresso em km/sem) e a intensidade (expressa em % da V4), em atletas de MF e fundo, no qual estão projectados os valores dos diferentes momentos, do nosso estudo. Pode observar-se que nos momentos 3 e 5 os valores caem fora da faixa definida pelos autores. Adaptado de Mader e Heck (152).

A apreciação individual dos valores da INTCC revelou que, em alguns casos, ela é escolhida individualmente por cada atleta sem ter em conta qualquer critério objectivo como referência, mas sim tendo em conta uma avaliação subjectiva. As indicações do treinador traduzem-se, geralmente, em informações subjectivas como “corrida rápida”, “corrida moderada” e “corrida lenta”, não associando objectivamente essa terminologia a qualquer velocidade

específica. O conhecimento dessa velocidade surge posteriormente, quando lhe é relatada pelo atleta. O tratamento conjunto dos elementos do grupo não permite descortinar as causas da tendência para a diminuição dos valores médios, de forma objectiva e consistente, eventualmente, porque os sujeitos podiam ter objectivos competitivos diferentes e foram sujeitos a planos de treino diferenciados.

Relativamente ao VOLSEM verificamos uma estabilização dos valores médios ao longo do tempo do estudo, pois não encontramos variação significativa em função do tempo. Os valores médios, neste parâmetro, são relativamente próximos dos indicados noutros estudos que referem corredores de nível semelhante. Svedenhag e Sjodin (238), num estudo com corredores de MF ao longo de uma época desportiva, referem valores médios de VOLSEM compreendidos entre 71 e 88 km. Por seu lado, Allen e col (4) constataram um valor médio de  $66 \pm 24$  km, em corredores de 10km. No entanto, valores bastante superiores podem ser encontrados, dependendo da categoria e finalidades do processo de treino (209). Holt (243) refere como adequado um VOLSEM compreendido entre 45 e 60 km semanais, para corredores de distâncias inferiores a 5 km. Assim, um VOLSEM compreendido entre 60 a 100km semanais, constatado na maioria dos corredores da nossa amostra é, frequentemente, encontrado noutros de nível semelhante. Este facto pode querer indicar que a capacidade de suportar níveis mais elevados de VOLSEM pode estar relacionado com a categoria do atleta, no entanto, o nosso estudo não nos permite confirmar essa possibilidade. Daniels (120) refere o VOLSEM como a melhor forma de quantificação da quantidade de trabalho efectuada pelo corredor, na medida em que a quantidade de energia dispendida na corrida depende, essencialmente, da distância percorrida.

Os valores médios da PERCTI variaram entre os 5 e os 11 %, no decurso dos seis momentos de avaliação. Estes valores parecem normais e são semelhantes aos propostos por Daniels (120). Este autor refere ainda, valores entre 6 a 10 km, como limite máximo da distância percorrida em treino intervalado, independentemente da elevada magnitude do VOLSEM. Esta opção é justificada pelo facto deste tipo de treino ser o mais exigente e, por

consequente, o que implica maior tempo de recuperação. Assim, sessões de treino intervalado muito intenso ou de grande volume podem, eventualmente, afectar o desempenho nas sessões seguintes. Sendo assim, a alteração da PERCTI deveria estar dependente da evolução do VOLSEM, o que não acontece, tendo em conta os valores médios obtidos, no nosso estudo.

A PERCTI variou bastante entre os sujeitos do presente estudo, como pode ser apreciado pelo elevado desvio padrão e pela grande diferença entre o valor máximo e o valor mínimo. Pequenas diminuições ou incrementos são visíveis tanto em corredores de melhor como de mais baixo rendimento. Embora a variação média neste parâmetro não seja significativa ao longo dos dois anos do estudo, pode ser substancial em termos individuais, pois são atletas com bastantes anos de treino, nos quais as variações anuais já não podem ser muito acentuadas. O facto dos processos de treino individuais serem elaborados por diferentes treinadores, cada qual com as suas metodologias, nomeadamente no que diz respeito à utilização do treino intervalado (frequência e distâncias utilizadas), dificulta bastante as comparações inter- individuais. Assim, julgamos que a semelhança nos valores médios, ao longo do tempo, pode não reflectir adequadamente a progressão individual neste parâmetro, pois pudémos observar treinos intervalados, muito diferentes, tanto em intensidade como nas distâncias escolhidas. O facto de alguns corredores não realizarem treino intervalado na primeira parte da época dificulta, também, uma apreciação global e revela metodologias de treino diferentes, conforme o treinador em questão.

A comparação dos nossos resultados com os de outros estudos disponíveis na literatura é difícil de realizar, principalmente porque a contabilização de parâmetros da carga externa raramente é efectuada. Para além disso, alguns parâmetros estudados não são coincidentes (22). Em alguns trabalhos disponíveis, é notória uma alteração acentuada da carga de treino durante a sua realização, embora sem uma comparação rigorosa com o período precedente (209, 244). Num desses estudos (209), registaram-se efeitos significativos do treino em variáveis fisiológicas, no entanto, as alterações do

processo de treino foram de tal forma severas que seriam difíceis de suportar, a não ser por um período de tempo relativamente curto.

A determinação do grau de incremento do volume e da intensidade do treino de um mesociclo, ou macrociclo para os seguintes depende de uma grande diversidade de factores e circunstâncias. Bompa (45) refere que o aumento da carga de treino deve ser governada pela taxa de crescimento do rendimento desportivo e que o incremento da carga de treino deverá ocorrer também no macrociclo (anualmente), caso contrário a estagnação de desempenho pode acontecer (455). A ausência de alterações positivas nos parâmetros estudados no presente estudo, pode estar relacionada com a estagnação do rendimento na prova de 3000m, verificada no mesmo período (ver capítulo 4). O facto de estes sujeitos não se dedicarem exclusivamente ao atletismo e, na maioria dos casos, treinarem apenas uma vez por dia não lhes permite aumentar facilmente o tempo de treino, pelo que um aumento da carga pode não ser possível, principalmente ao nível do VOLSEM. A modificação neste parâmetro em função do tempo de treino é considerada por Bompa (45), como uma das prioridades do treino contemporâneo.

A análise da alteração dos resultados do presente estudo não nos permite estabelecer uma relação directa com a evolução do rendimento na prova de 3000m, pois como vimos no capítulo 3, o desempenho médio nessa prova não se modificou significativamente ao longo do mesmo período. No entanto, a ausência de incrementos em ambos os casos, também não significa que essa relação não possa existir.

## 5.7. CONCLUSÕES

Relativamente à hipótese formulada podemos concluir que o VOLSEM e a PERCTI não se alteraram significativamente em função do tempo;

Por seu lado, a INTCC alterou-se de forma significativa, mas no sentido da sua diminuição.

## 6. SÍNTESE

O presente estudo foi, de certo modo relevante pelo facto de pesquisar, simultaneamente, as modificações longitudinais do rendimento na prova de 3000m, de parâmetros fisiológicos e de aspectos do processo de treino numa amostra heterogénea de corredores de MF portugueses. A inexistência de conhecimentos conclusivos nesta temática levou-nos a admitir a possibilidade de, num período de duas épocas desportivas, acontecerem modificações significativas no desempenho desportivo, bem como nos restantes parâmetros avaliados. Esta hipótese acabou por não se confirmar, pois verificou-se uma estabilização dos valores médios na maioria dos parâmetros e no rendimento. Desta forma, parece evidente que o período de dois anos não foi suficiente para se observarem alterações significativas nas variáveis estudadas. Este facto pode significar que a melhoria das marcas e dos valores de parâmetros fisiológicos como o  $VO_{2max}$ , a  $VeIVO_{2max}$ , a EC e o LAn é relativamente lenta, nomeadamente em sujeitos regularmente treinados. Embora não sendo possível estabelecer uma associação entre as diferentes variáveis e o rendimento na prova, pois não ocorreu uma variação significativa, a elevada estabilidade verificada na maioria dos parâmetros e no desempenho não elimina essa possibilidade. Antes pelo contrário, podemos especular que, a ausência de incremento no VOLSEM, na PERCTI e na INTCC, ao não provocar melhorias nos parâmetros fisiológicos determinantes não surtiu efeitos na capacidade de rendimento. Daqui decorre que as razões para a estabilidade do desempenho estariam no processo de treino, que não se modificou o suficiente para produzir modificações significativas nos restantes parâmetros. No entanto, devemos notar que o incremento global da carga de treino apenas pode acontecer dentro de certos limites, de tal forma que o organismo do sujeito tenha capacidade para suportar essa alteração sem entrar em sobre-treino.

De entre os três parâmetros da carga externa estudados, o VOLSEM parece aquele que, porventura, teria de ser ajustado mais adequadamente na passagem de uma época para a seguinte, na medida em que os outros dois

são, geralmente, dependentes daquele. Daniels (120) defende uma organização e planificação do treino tendo por base, principalmente, o VOLSEM do corredor. Deste modo, considera que a PERCTI deve ser sempre determinada em percentagem do VOLSEM. A partir daí, as modificações na carga de treino são efectuadas conforme a evolução no desempenho. Neste contexto, a dinâmica da modificação do VOLSEM parece fundamental e com repercussões na definição e planificação dos restantes aspectos da carga externa. Assim, um dos factores que pode ter estado na origem da estabilização dos valores médios do rendimento pode ter sido a falta de incremento no VOLSEM. A este propósito, Bompa (45) refere que não existem atalhos no que diz respeito ao elevado volume de treino que tem que ser realizado, nomeadamente em competições com solicitação predominante do metabolismo aeróbio.

No caso particular do grupo de corredores do nosso estudo verificamos que, em alguns casos, o controlo do treino poderia ser efectuado de forma mais rigorosa e objectiva. A INTCC frequentemente fica ao critério do corredor, conforme a sua disposição e sensação subjectiva. Realmente, o controlo da INTCC nas diferentes sessões pode ser efectuado, mais objectivamente, tendo por referência uma velocidade relativizada a uma velocidade critério, como por exemplo, a  $V_4$ , a  $VeIVO_{2max}$  ou à velocidade em determinada prova. Dessa forma, o treinador estabelece a intensidade que julgar adequada para as diferentes sessões, de acordo com os objectivos a atingir. Para além disso, Proença (196) avança mais algumas vantagens, decorrentes de uma correcta aplicação de testes: (i) a possibilidade de um conhecimento do estado do treino do atleta nas capacidades avaliadas; (ii) permitem uma apreciação do efeito do treino; (iii) possibilitam uma correcção da planificação; (iv) facultam uma maior objectivação do controlo do treino.

Relativamente à intensidade da corrida nos treinos intervalados, parece existir, também, alguma deficiência na sua determinação e controlo. Em alguns casos, essa intensidade é proposta conforme as possibilidades do atleta nesse determinado momento, sendo solicitado um esforço muito próximo do máximo. Algumas sessões de treino intervalado podem tornar-se tão exigentes como a própria competição. Para além disso, a progressão deste tipo de sessões tem,

geralmente, como referência o nível de capacidade individual. Não é muito frequente a utilização de um critério objectivo, nem um incremento definido antecipadamente, referenciado a um determinado teste. Em muitos sujeitos, a modificação da intensidade da corrida decorre, naturalmente, conforme o estado de forma e disposição do atleta. Algumas destas características metodológicas, baseadas *mais na experiência, intuição e alguma imaginação, do que em critérios ou fundamentos científicos*, já foram referidas, anteriormente, por Proença (197, p:18<sup>1</sup>), como sendo típicas do processo de treino de alguns atletas portugueses.

No entanto, ainda a propósito das elevadas intensidades utilizadas nas sessões de treino intervalado, parece-nos oportuno mencionar o conselho de Daniels (120, p:109): *não aumentes a intensidade do treino sem que antes tenhas melhorado a aptidão física. Se queres correr mais rápido nos treinos prova-o, antes, que és capaz de o fazer na competição*<sup>2</sup>.

Apesar da impossibilidade de associar longitudinalmente o rendimento na prova com as restantes variáveis, na medida em que não ocorreram modificações significativas no desempenho, constatámos uma correlação elevada, em cada momento de avaliação, do rendimento com o LAn e com a  $VeVO_{2max}$  (quadro 17, p:79), o que está em conformidade com os resultados doutros estudos, e que demonstra uma acentuada dependência do rendimento neste tipo de provas relativamente àqueles parâmetros fisiológicos. O estudo do *tracking*, por seu lado, revelou estes dois parâmetros como os mais estáveis, com valores de Kappa semelhantes aos encontrados para o rendimento. Este facto também pode indiciar a possibilidade da existência de alguma associação entre eles, mesmo em termos longitudinais. A elevada estabilidade do LAn e da  $VeVO_{2max}$  pode ajudar a compreender a frequente utilização destes dois parâmetros no controlo do treino, servindo como referência para a determinação da intensidade de corrida nas diferentes sessões. A velocidade

---

<sup>1</sup> “ Une méthodologie ayant pour fondement avantage l’expérience, l’intuition et une certaine imagination que les critères ou des fondements scientifiques” (197, p :18).

<sup>2</sup> “Don’t introduce higher intensities into your workouts unless you are certain you have moved up in your fitness. If you want to train faster, prove you are fit enough by racing faster” (120, p:109).

associada ao LAn (V4) é utilizada, predominantemente, como referência para a determinação da intensidade na corrida contínua, e a  $VeIVO_{2max}$  como referência na definição da intensidade das sessões de treino intervalado.

A fraca correlação verificada entre a EC e o rendimento pode ser devida, em parte, ao facto da corrida a intensidade elevada, como acontece na competição, não ser realizada em equilíbrio energético. Desta forma, o oxigénio consumido não está associado a todo o ATP formado e dispendido durante a realização do exercício, uma vez que uma porção da energia resulta do metabolismo anaeróbio (53). Para além disso, a EC depende de um grande número de factores, nomeadamente mecânicos e fisiológicos, que interagem de forma peculiar em cada sujeito (53), pelo que a melhoria ou alteração de um determinado factor pode ser vantajoso num sujeito e prejudicial noutro. Desta forma parece compreensível a ausência de alteração dos valores médios encontrados nos sujeitos da nossa amostra, bem como a fraca estabilidade intra-individual. Assim, o rendimento desportivo não parece ser decisivamente dependente da EC, pelo menos em termos médios, como parece indicar um estudo recente com fundistas portugueses (187). A importância relativa da EC no nível de rendimento desportivo, pode, no entanto, ser pertinente se apreciado longitudinalmente no mesmo sujeito.

Por outro lado, o valor da EC não parece ter especial importância no controlo do treino, nomeadamente em corredores de MF. Nestes casos, em que o dispêndio energético não é um factor limitador, pois trata-se de corridas de curta ou média duração, uma melhor EC não é fundamental. A importância deste parâmetro pode, no entanto, tornar-se decisivo no rendimento em provas de longa duração, nas quais pode ocorrer um esgotamento das reservas energéticas.

De uma forma global, podemos referir que não ficou completamente esclarecida a associação longitudinal entre parâmetros do treino, parâmetros fisiológicos e o rendimento, neste grupo heterogéneo de corredores de MF. Assim, outros estudos serão necessários para se conseguir definir mais objectivamente essa relação.

Em nosso entender as futuras pesquisas deverão orientar-se no sentido de: (i) Iniciar os estudos com sujeitos mais jovens, em amostras mais amplas e durante períodos de tempo superiores. Assim, poder-se-ão detectar mais facilmente alterações significativas, simultaneamente, nas diferentes variáveis; (ii) Seleccionar amostras que incluam atletas submetidos ao mesmo processo de treino; (iii) Estudar faixas etárias específicas, e em sujeitos que tenham estado submetidos a processos de treino similares; (iv) Realizar trabalhos com as mesmas metodologias para, assim, poder comparar com maior rigor os diferentes resultados.

Em todo o caso, temos consciência que há um grande caminho a percorrer até chegar a um conhecimento consistente dos factores mais determinantes na modificação do rendimento, da sua importância relativa e das suas inter-relações. Para além disso, os imperativos da realidade do desporto de rendimento não facilitam, geralmente, o delineamento e a realização deste tipo de trabalhos.

## 7. BIBLIOGRAFIA

Nº	AUTOR (ES)	Ano	Título	Editor (es)
1	ABE D, YANAGAWA K, YAMANUBE K, TAMURA K	1998	<i>Assessment of middle-distance running performance in sub-elite young runners using energy cost of running.</i>	Eur J Appl Physiol 1998 Mar;77(4):320-5
2	ACEVEDO EO, GOLDFARB AH	1989	<i>Increased training intensity effects on plasma lactate, ventilatory threshold, and endurance.</i>	Med Sci Sports Exerc 1989 Oct;21(5):563-8
3	AHMAIDI S, COLLOMP K, CAILLAUD C, PREFAUT C	1992	<i>Maximal and functional aerobic capacity as assessed by two graduated field methods in comparison to laboratory exercise testing in moderately trained subjects.</i>	Int J Sports Med 1992 Apr;13(3):243-8
4	ALLEN WK, SEALS DR, HURLEY BF, EHSANI AA, HAGBERG JM	1985	<i>Lactate threshold and distance-running performance in young and older endurance athletes.</i>	J Appl Physiol 1985 Apr;58(4):1281-4
5	AMERICAN COLLEGE OF SPORT MEDICINE - ACSM	1999	<i>Manual ACSM para la valoración y prescripción del ejercicio</i>	Paidotribo, 1999
6	ANDERSON T	1996	<i>Biomechanics and running economy.</i>	Sports Med 1996 Aug;22(2):76-89
7	ARIENS GA, VAN MECHELEN W, KEMPER HC, TWISK JW	1997	<i>The longitudinal development of running economy in males and females aged between 13 and 27 years: the Amsterdam Growth and Health Study.</i>	Eur J Appl Physiol 1997;76(3):214-20
8	ARMSTRONG N	1998	<i>Physical Fitness and Physical Activity during childhood and adolescence</i>	in: Sports and Children, 1998, p: 50-75, chap. 4. Chan K-M, Michel LJ editors. Human Kinetics
9	ASTRAND PO, BERGH U, KILBOM A	1997	<i>A 33-yr follow-up of peak oxygen uptake and related variables of former physical education students.</i>	J Appl Physiol 1997 Jun;82(6):1844-52
10	ASTRAND PO, RODAHL K	1986	<i>Textbook of work physiology</i>	McGraw Hill Book Company. 1986. New York
11	BABINEAU C, LEGER L	1997	<i>Physiological response of 5/1 intermittent aerobic exercise and its relationship to 5 km endurance performance.</i>	Int J Sports Med 1997 Jan;18(1):13-9
12	BAILEY SP, MESSIER SP	1991	<i>Variations in stride length and running economy in male novice runners subsequent to a seven-week training program.</i>	Int J Sports Med 1991 Jun;12(3):299-304
13	BAILEY SP, PATE RR	1991	<i>Feasibility of improving running economy</i>	Sports Med 1991, 12: 228- 236
14	BARCLAY CJ	1999	<i>Efficiency of energy conversion by muscles and its relation to efficiency during locomotion</i>	in: Biochemistry of exercise. Human Kinetics. Hargreaves M e Thompson M editors. 1999. Chap 9
15	BASSET FA, BOULAY MR	2000	<i>Specificity of treadmill and cycle ergometer tests in triathletes, runners and cyclists</i>	Eur J Appl Physiol 2000. Vol.81 (3): 214-221

16	BAUMGARTNER TA, JACKSON AS	1991	<i>Measurement for evaluation, in physical education and exercise science (cap. 10: evaluation aerobic fitness (VO2max) of adults)</i>	Wm.C. Brown Publishers 1991
17	BENEKE R., HECK H. E SCHWARZ V.	1994	<i>Maximal lactate steady state as related to age</i>	Med. Sci. Sports Exerc. 26(5):S123, 1994
18	BERGH U, SJODIN B, FORSBERG A E ALL.	1991	<i>The relationship between body mass and oxygen uptake during running in humans.</i>	Med Sci Sports Exerc 1991, 23: 205-11
19	BERNARD O, MADDIO F, OUATTARA S, JIMENEZ C, CHARPENET A, MELIN B, BITTEL J	1998	<i>Influence of the oxygen uptake slow component on the aerobic energy cost of high-intensity submaximal treadmill running in humans.</i>	Eur J Appl Physiol 1998 Nov;78(6):578-85
20	BERTHOIN S, PELAYO P, LENSEL-CORBEIL G, ROBIN H, GERBEAUX M	1996	<i>Comparison of maximal aerobic speed as assessed with laboratory and field measurements in moderately trained subjects.</i>	Int J Sports Med 1996 Oct;17(7):525-9
21	BERTHON P, FELLMANN N, BEDU M, BEAUNE B, DABONNEVILLE M, COUDERT J, CHAMOIX A	1997	<i>5-min running field test as a measurement of maximal aerobic velocity.</i>	Eur J Appl Physiol 1997;75(3):233-8
22	BILLAR V, LEPRETRE P-M, HEUGAS A-M, LAURENCE M-H, SALIM D, KORALSZTEIN J	2003	<i>Training and bioenergetic characteristics in elite male and female Kenyan runners</i>	Med Sci Sports Exerc, vol 35, n°2, p: 297-304, 2003
23	BILLAT V	1998	<i>Physiologie e methodology de l'entrainement - de la théorie à la pratique.</i>	De Boeck Université, 1998
24	BILLAT V, BEILLOT J, JAN J, ROCHCONGAR P, CARRE F	1996	<i>Gender effect on the relationship of time limit at 100% VO2max with other bioenergetic characteristics.</i>	Med Sci Sports Exerc 1996 Aug;28(8):1049-55
25	BILLAT V, BERNARD O, PINOTEAU J, PETIT B, KORALSZTEIN JP	1994	<i>Time to exhaustion at VO2max and lactate steady state velocity in sub elite long-distance runners.</i>	Arch Int Physiol Biochim Biophys 1994 May-Jun;102(3):215-9
26	BILLAT V, BINSSE V, PETIT B, KORALSZTEIN JP	1998	<i>High level runners are able to maintain a VO2 steady-state below VO2max in an all-out run over their critical velocity.</i>	Arch Physiol Biochem 1998 Feb;106(1):38-45
27	BILLAT V, BOUQUET V	1999	<i>Analyse bioénergétique du nouveau record du monde féminin de marathon</i>	Science & Sports 1999; 14:180-82
28	BILLAT V, DALMAY F, ANTONINI MT, CHASSAIN AP	1994	<i>A method for determining the maximal steady state of blood lactate concentration from two levels of submaximal exercise.</i>	Eur J Appl Physiol 1994;69(3):196-202
29	BILLAT V, RENOUX JC, PINOTEAU J, PETIT B, KORALSZTEIN JP	1994	<i>Reproducibility of running time to exhaustion at VO2max in subelite runners</i>	Med Sci Sports Exerc 1994 Feb;26(2):254-7
30	BILLAT V, RENOUX JC, PINOTEAU J, PETIT B, KORALSZTEIN JP	1994	<i>Times to exhaustion at 100% of velocity at VO2max and modelling of the time-limit/velocity relationship in elite long-distance runners.</i>	Eur J Appl Physiol 1994;69(3):271-3
31	BILLAT V, RENOUX JC, PINOTEAU J, PETIT B, KORALSZTEIN JP	1994	<i>Validation d'une épreuve maximale de temps limite à VMA (vitesse maximale aérobie) et à VO2 max</i>	Science & Sports 1994, 9:135-143

32	BILLAT V, RENOUX JC, PINOTEAU J, PETIT B, KORALSZTEIN JP	1995	<i>Times to exhaustion at 90, 100 and 105% of velocity at VO2 max (maximal aerobic speed) and critical speed in elite long-distance runners.</i>	Arch Physiol Biochem 1995 May;103(2):129-35
33	BILLAT V, RENOUX JC, PINOTEAU J, PETIT B, KORALSZTEIN JP	1995	<i>Hypoxemia and exhaustion time to maximal aerobic speed in long-distance runners.</i>	Can J Appl Physiol 1995 Mar;20(1):102-11
34	BILLAT VL	2001	<i>Interval training for performance: a scientific and empirical practice. Special recommendations for middle-and long - distance running. Part I: Aerobic interval training</i>	Sports Med 2001; 31 (1): 13-31
35	BILLAT VL, BLONDEL N, BERTHOIN S	1999	<i>Determination of the velocity associated with the longest time to exhaustion at maximal oxygen uptake.</i>	Eur J Appl Physiol 1999 Jul;80(2):159-61
36	BILLAT VL, BOCQUET V, SLAWINSKI J, LAFFITE L, DEMARLE A, CHASSAING P, KORALSZTEIN JP	2000	<i>Effect of a prior intermittent run at vVO2max on oxygen kinetics during an all-out severe run in humans.</i>	J Sports Med Phys Fitness 2000 Sep;40(3):185-94
37	BILLAT VL, FLECHET B, PETIT B, MURIAUX G, KORALSZTEIN JP	1999	<i>Interval training at VO2max: effects on aerobic performance and overtraining markers.</i>	Med Sci Sports Exerc 1999 Jan;31(1):156-63
38	BILLAT VL, HILL DW, PINOTEAU J, PETIT B, KORALSZTEIN JP	1996	<i>Effect of protocol on determination of velocity at VO2 max and on its time to exhaustion.</i>	Arch Physiol Biochem 1996;104(3):313-21
39	BILLAT VL, KORALSZTEIN JP	1996	<i>Significance of the velocity at VO2max and time to exhaustion at this velocity.</i>	Sports Med 1996 Aug;22(2):90-108
40	BILLAT VL, KORALSZTEIN JP, MORTON RH	1999	<i>Time in human endurance models. From empirical models to physiological models.</i>	Sports Med 1999 Jun;27(6):359-79
41	BILLAT VL, MILLE-HAMARD L, PETIT B, KORALSZTEIN JP	1999	<i>The role of cadence on the VO2 slow component in cycling and running in triathletes.</i>	Int J Sports Med 1999 Oct;20(7):429-37
42	BILLAT VL, MORTON RH, BLONDEL N, BERTHOIN S, BOCQUET V, KORALSZTEIN JP, BARSTOW TJ	2000	<i>Oxygen kinetics and modelling of time to exhaustion whilst running at various velocities at maximal oxygen uptake.</i>	Eur J Appl Physiol 2000 Jun;82(3):178-87
43	BILLAT VL, PETIT B, KORALSZTEIN JP	1996	<i>Calibration de la durée des répétitions d'une séance d'interval training à la vitesse associé à VO2max en référence au temps limits continu: effet sur les réponses physiologiques et la distance parcouru.</i>	Science et motricité 1996, n°28, pp13-20
44	BILLAT VL, SLAWINSKI J, BOCQUET V, DEMARLE A, LAFITTE L, CHASSAING P, KORALSZTEIN JP	2000	<i>Intermittent runs at the velocity associated with maximal oxygen uptake enables subjects to remain at maximal oxygen uptake for a longer time than intense but submaximal runs</i>	Eur J Appl Physiol 2000 Feb;81(3):188-96
45	BOMPA	1994	<i>Theroy and methodology of training</i>	Kendall / Hunt / Publishing Company, Duboque, Iowa, 1994

46	BOUCHARD C, MALINA R, PERUSSE L	1997	<i>Genetics of fitness and physical performance</i>	Human kinetics. Champaign.
47	BOURDIN M, PASTENE J, GERMAIN M, LACOUR JR	1993	<i>Influence of training, sex, age and body mass on the energy cost of running.</i>	Eur J Appl Physiol 1993;66(5):439-44
48	BOURDON P	2000	<i>Blood lactate transition thresholds: concepts and controversies</i>	in: Physiological tests for elite athletes, 2000, Chapter 4. Australian Sports Commission; Gore CJ editor. 2000
49	BRANDON LJ, BOILEAU RA	1992	<i>Influence of metabolic, mechanical and physique variables on middle distance running</i>	J Sports Med Phys Fitness 1992, 32: 1-9
50	BRISWALTER J, LEGROS P	1994	<i>Variability in energy cost of running during one training season in high level runners.</i>	J Sports Med Phys Fitness 1994 Jun;34(2):135-40
51	BRISWALTER J, LEGROS P	1994	<i>Daily stability in energy cost of running, respiratory parameters and stride rate among well-trained middle distance runners.</i>	Int J Sports Med 1994 Jul;15(5):238-41
52	BRISWALTER J, LEGROS P, DUREY A	1995	<i>Variabilité du coût énergétique de la course à pied: effets de la spécificité de la vitesse d'entraînement sur l'évolution des paramètres physiologiques et cinématiques de la course à pied</i>	Science et motricité, 1995, n°25:3-11
53	BROOKS GA, FAHEY TD, WHITE TP, BALDWIN KM	1999	<i>Exercise Physiology - human bioenergetics and its applications</i>	Mayfield Pub. Company 1999 Londo. Toronto
54	CAPELLI C, DUVALLET A, BARRAULT D, JOUSSELIN E, RIEU M, DI PRAMPERO PE	1991	<i>The energy cost of running increases with the distance covered.</i>	Eur J Appl Physiol 1991;62(6):385-9
55	BUCHFUEHRER MJ, HANSEN JE, ROBINSON TE, SUE DY, WASSERMAN K, WHIPP BJ	1983	<i>Optimizing the exercise protocol for cardiopulmonary assessment.</i>	J Appl Physiol 1983 Nov;55(5):1558-64
56	BULBULIAN R, WILCOX AR, DARABOS BL	1986	<i>Anaerobic contribution to distance running performance of trained cross-country athletes.</i>	Med Sci Sports Exerc 1986 Feb;18(1):107-13
57	BUNC V, HELLER J	1989	<i>Energy cost of running in similarly trained men and women.</i>	Eur J Appl Physiol 1989;59(3):178-83
58	BUNC V, HELLER J	1994	<i>Energy cost of running in young and adult female athletes.</i>	Ergonomics 1994 Jan;37(1):167-74
59	BUNC V, HELLER J, NOVAK J, LESO J	1985	<i>Determination of the individual anaerobic threshold</i>	Acta universitatis Carolina Gymnica, 1985; vol. 21 (1): 73-83
60	BUTTS NK, HENRY BA, MCLEAN D	1991	<i>Correlations between VO2max and performance times of recreational triathletes</i>	J Sports Med Phys Fitness 1991; 31: 339-44
61	CABRAL V, SANTOS PJ	1999	<i>Será a capacidade aeróbia um indicador determinante no ténis de alto rendimento</i>	Actas do 1º congresso int. de C. do Desporto. 1999. FCDEF Porto
62	CAMUS G	1992	<i>Relationship between record time and maximal oxygen consumption in middle-distance running.</i>	Eur J Appl Physiol 1992;64(6):534-7

63	CANAU R, BELLI A, MILLET GY, GEORGES D, BARBIER B, ROUILLON JD	1998	<i>Energy cost and running mechanics during a treadmill run to voluntary exhaustion in humans.</i>	Eur J Appl Physiol 1998 May;77(6):479-85
64	CASABURI R, STORER TW, BEN-DOV I, WASSERMAN K	1987	<i>Effect of endurance training on possible determinants of VO<sub>2</sub> during heavy exercise.</i>	J Appl Physiol 1987 Jan;62(1):199-207
65	CAVANAGH PR, KRAN R	1985	<i>Mechanical and muscular factors affecting the efficiency of human movement</i>	Medicine & Science in Sports & Exercise 1985; 17(3) pp. 326-31
66	COEN B, SCHWARZ L, URHAUSEN A, KINDERMANN W	1991	<i>Control of training in middle- and long-distance running by means of the individual anaerobic threshold.</i>	Int J Sports Med 1991 Dec;12(6):519-24
67	COLAÇO P	2002	<i>Relação entre o limiar aeróbio-anaeróbio e a performance em competições de corta-mato</i>	in: Investigação aplicada em Atletismo. Editores: Santos P, e Rodrigues dos Santos J. Publicação da FCDEF-UP. 2002, p: 119-125
68	COLLINS MH, PEARSALL DJ, ZAVORSKY, BATENI H, TURCOTTE RA, MONTGOMERY DL	2000	<i>Acute effects of intense interval training on running mechanics</i>	J Sport Sci, 2000, 18:83-90
69	CRAIB MW, MITCHELL VA, FIELDS KB, COOPER TR, HOPEWELL R, MORGAN DW	1996	<i>The association between flexibility and running economy in sub-elite male distance runners.</i>	Med Sci Sports Exerc 1996 Jun;28(6):737-43
70	CREWS DJ	1992	<i>Psychological state and running economy.</i>	Med Sci Sports Exerc 1992 Apr;24(4):475-82
71	CUNNINGHAM LN	1989	<i>Physiologic characteristics and team performance of female high school runners</i>	Pediatric Exercise Science, Human Kinetics 1989, 73-79
72	CUNNINGHAM LN	1990	<i>Relationship of running economy, ventilatory threshold, and maximal oxygen consumption to running performance in high school females.</i>	Res Q Exerc Sport 1990 Dec;61(4):369-74
73	DANIELS J, DANIELS N	1992	<i>Running economy of elite male and elite female runners.</i>	Med Sci Sports Exerc 1992 Apr;24(4):483-9
74	DANIELS JT	1974	<i>Running with Jim Ryun: A five -year study</i>	The Physician and Sportsmedicine. Vol.2 , Sept 1974, McGraw-Hill, Inc.
75	DANIELS JT	1985	<i>A physiologist's view of running economy.</i>	Med Sci Sports Exerc 1985 Jun;17(3):332-8
76	DAVIES CT	1980	<i>Effects of wind assistance and resistance on the forward motion of a runner.</i>	J Appl Physiol 1980 Apr;48(4):702-9
77	DAVIES MJ, MAHAR MT, CUNNINGHAM LN	1997	<i>Running economy: comparison of body mass adjustment methods.</i>	Res Q Exerc Sport 1997 Jun;68(2):177-81
78	DEMARLE AP, SLAWINSKI JJ, LAFFITE LP, BOCOQUET VG, KORALSZTEIN JP, BILLAT VL	2001	<i>Decrease of O<sub>2</sub> deficit is a potential factor in increased time to exhaustion after specific endurance training.</i>	J Appl Physiol 2001 Mar;90(3):947-953

79	DENIS C, DORMOIS D, LACOUR JR	1984	<i>Endurance training, VO2max, and OBLA: a longitudinal study of two different age groups</i>	Int J Sports Med 1984, 5(4):167-73
80	DI PRAMPERO	1985	<i>Metabolic and circulatory limitations to VO2max at the whole animal level</i>	J exp. Biol. 1985, 115: 319-31
81	DI PRAMPERO PE, ATCHOU G, BRUCKNER JC, MOIA C	1986	<i>The energetics of endurance running.</i>	Eur J Appl Physiol 1986;55(3):259-66
82	DOTAN R, ROTSTEIN A, GRODJINOVSKY A	1989	<i>Effect of training load on OBLA determination.</i>	Int J Sports Med 1989 Oct;10(5):346-51
83	DUNCAN GE, HOWLEY ET, JOHNSON BN	1997	<i>Applicability of VO2 max criteria: discontinuous versus continuous protocols</i>	Med Sci Sports Exerc 1997 ;29(2):273-8
84	FARRELL PA, WILMORE JH, COYLE EF, BILLING JE, COSTILL DL	1979	<i>Plasma lactate accumulation and distance running performance</i>	Med Sci Sports Exerc 1979, 11 (4): 338-44 .
85	MAFFULLI N, TESTA V, LANCIA A, CAPASSO G, LOMBARDI S	1991	<i>Indices of sustained aerobic power in young middle distance runners.</i>	Med Sci Sports Exerc 1991 Sep;23(9):1090-6
86	FOHRENBACH R, MADER A, HOLLMANN W	1981	<i>Umfang und Intensität im Dauerlauftraining von Mittelstreckenläuferinnen des DLV und Maßnahmen zur individuellen</i>	Trainings- und Wettkampfoptimierung. Leistungssport 6:467, 1981
87	FOHRENBACH R, MADER A, HOLLMANN W	1987	<i>Determination of endurance capacity and prediction of exercise intensities for training and competition in marathon runners.</i>	Int J Sports Med 1987 Feb;8(1):11-8
88	FOSTER C, COHEN J, DONOVAN K, GASTRAU P, KILLIAM PJ, SCHRAGER M, SNYDER AC	1993	<i>Fixed time versus fixed distance protocols for the blood lactate profile in athletes</i>	Int J Sports Med 1993;14(5): 264-8
89	FOXDAL P, SJODIN B, SJODIN A	1994	<i>Comparasion of blood lactate concentrations obtained during incremental and constant intensity exercise</i>	Int J Sports Med 1994 Feb;17: 360-365
90	FOXDAL P, SJODIN B, SJODIN A, OSTMAN B	1994	<i>The validity and accuracy of blood lactate measurements for prediction of maximal endurance running capacity. Dependency of analyzed blood media in combination with different designs of the exercise test.</i>	Int J Sports Med 1994 Feb;15(2):89-95
91	FRANCH J, MADSEN K, DJURHUUS MS, PEDERSEN PK	1998	<i>Improved running economy following intensified training correlates with reduced ventilatory demands.</i>	Med Sci Sports Exerc 1998 Aug;30(8):1250-6
92	GRANT S, CRAIG I, WILSON J, AITCHISON T	1997	<i>The relationship between 3 km running performance and selected physiological variables.</i>	J Sports Sci 1997 Aug;15(4):403-10
93	GREEN HJ, PATLA AE	1992	<i>Maximal aerobic power: neuromuscular and metabolic considerations.</i>	Med Sci Sports Exerc 1992 Jan;24(1):38-46
94	GUEZENNEC C, VALLIER JN, BIGARD AX, DUREY A	1996	<i>Increase in energy cost of running at the end of a triathlon</i>	Eur J Appl Physiol 1996; 73(3):440-5

95	HAGERMAN FC, FIELDING RA, FIATARONE MA, GAULT JA, KIRKENDALL DT, RAGG KE, EVANS WJ.	1996	<i>A 20-yr longitudinal study of Olympic oarsmen.</i>	Med Sci Sports Exerc 1996 Sep;28(9):1150-6
96	HAUSSWIRTH C, BIGARD AX, BERTHELOT M, THOMAIDIS M, GUEZENNEC CY	1996	<i>Variability in energy cost of running at the end of a triathlon and a marathon.</i>	Int J Sports Med 1996 Nov;17(8):572-9
97	HAUSSWIRTH C, BIGARD AX, GUEZENNEC CY	1997	<i>Relationships between running mechanics and energy cost of running at the end of a triathlon and a marathon.</i>	Int J Sports Med 1997 Jul;18(5):330-9
98	HAVERTY M, KENNEY WL, HODGSON JL	1988	<i>Lactate and gas exchange responses to incremental and steady state running.</i>	Br J Sports Med 1988 Jun;22(2): 51-4
99	HAWKINS, S. A., T. J. MARCELL, S. V. JAQUE, AND R. A. WISWELL	2001	<i>A longitudinal assessment of change in <math>\dot{V}O_2\text{max}</math> and maximal heart rate in master athletes.</i>	Med. Sci. Sports Exerc., Vol. 33, No. 10, 2001, pp. 1744–1750.
100	HECK H	1990	<i>Energiestoffwechsel und medizinische Leistungsdiagnostik</i>	Köln: Schorndorf: Hofmann, 1990
101	HECK H	1990	<i>Laktat in der Leistungsdiagnostik</i>	Schorndorf: Hofmann, 1990
102	HECK H, BECKERS K, LAMMERSCHMIDT W, PRUIN E, HESS G, HOLLMANN W	1989	<i>Identification, objectivity and validity of Conconi threshold by cycle stress test.</i>	Dtsch. Ztschr. Sportmed. 40(1):388-402, 1989
103	HECK H, HESS G, MADER A	1985	<i>Vergleichende Untersuchung zu verschiedenen Laktat-Schwellenkonzepten.</i>	Dtsch. Z. Sportmed. 36(1):19-25, (2):40-52, 1985
104	HECK H, MADER A, MUCKE S, MULLER R, HOLLMANN W	1985	<i>Justification of the 4-mmol / l lactate threshold</i>	Int J Sports Med 1985 Feb;6: 117-30
105	HEISE GD, MARTIN PE	1998	<i>"Leg spring" characteristics and the aerobic demand of running.</i>	Med Sci Sports Exerc 1998 May;30(5):750-4
106	HEITKAMP HC, HOLDT M, SCHEIB K	1991	<i>The reproducibility of the 4 mmol/L lactate threshold in trained and untrained women</i>	Int J Sport Med 1991, 12 (4): 363-8.
107	HELGERUD J	1994	<i>Maximal oxygen uptake, anaerobic threshold and running economy in women and men with similar performances level in marathons.</i>	Eur J Appl Physiol 1994;68(2):155-61
108	HELGERUD, J., L. C. ENGEN, U. WISLOFF, AND J. HOFF.	2001	<i>Aerobic endurance training improves soccer performance.</i>	Med Sci Sports Exerc 2001 Nov;33(11):1925-31
109	HEYWARD VH	1998	<i>Assessing cardiorespiratory fitness</i>	in: Advanced fitness assessment exercise prescription 1998 (3 <sup>ed</sup> ). Chap 4 Human Kinetics
110	HILL DW, ROWELL AL	1996	<i>Running velocity at <math>VO_2\text{max}</math>.</i>	Med Sci Sports Exerc 1996 Jan;28(1):114-9
111	HILL DW, ROWELL AL	1997	<i>Responses to exercise at the velocity associated with <math>VO_2\text{max}</math>.</i>	Med Sci Sports Exerc 1997 Jan;29(1):113-6
112	HILL DW, WILLIAMS CS, BURT SE	1997	<i>Responses to exercise at 92% and 100% of the velocity associated with <math>VO_2\text{max}</math>.</i>	Int J Sports Med 1997 Jul;18(5):325-9

113	HIRAKOBA K, MARUYAMA A, INAKI M, MISAKA K	1992	<i>Effect of endurance training on excessive CO2 expiration due to lactate production in exercise.</i>	Eur J Appl Physiol 1992;64(1):73-7
114	HOLLY RG	1993	<i>Fundamentals of cardiorespiratory exercise testing</i>	In Resource manual for guidelines for exercise testing and prescription. 1993 2 <sup>a</sup> edition. Am. C. of Sport Medicine. Chap.20
115	HOROWITZ JF, SIDOSSIS LS, COYLE EF	1994	<i>High Efficiency of type I muscle fibers improves performance</i>	Int J Sports Med 1994; 15(3):152-7
116	HOUARD JA, CRAIB MW, O'BRIEN KF, SMITH LL, ISRAEL RG, WHEELER WS	1991	<i>Peak running velocity, submaximal energy expenditure, VO2max, and 8 km distance running performance.</i>	J Sports Med Phys Fitness 1991 Sep;31(3):345-50
117	HUNT BE, BYRNES WC, FACSM, KEARNEY JT	1995	<i>Daily variations on economy endurance runners</i>	Med Sci Sports Exerc 1995; 27(5) Suppl abstract 44
118	HURLEY BF, HAGBERG JM, ALLEN WK, SEALS DR, YOUNG JC, CUDDIHEE RW, HOLLOSZY JO	1984	<i>Effect of training on blood lactate levels during submaximal exercise.</i>	J Appl Physiol 1984 May;56(5):1260-4
119	J. TUIMIL 1 , F. RODRÍGUEZ 2	2001	<i>Effects of two types of interval training on maximal aerobic speed on time to exhaustion</i>	6 th Annual Congress of the ECSS – 15 th Congress of the GERMAN SOCIETY OF SPORT SCIENCE Cologne, 24–28 July 2001, p:660 (Book of abstracts) Champaign : Human Kinetics, 1998, 287 p.: il.; 23 cm
120	JACK DANIELS	1998	<i>Daniels' running formula</i>	Human Kinetics, 1998, 287 p.: il.; 23 cm
121	JACKSON AS, WIER LT, AYERS GW, BEARD EF, STUTEVILLE JE, BLAIR SN.	1996	<i>Changes in aerobic power of women, ages 20-64 yr.</i>	Med Sci Sports Exerc 1996 Jul;28(7):884-91
122	JENSEN K, FRANCH J, KARKKAINEN O, MADSEN K	1994	<i>Fiedl mesurements of oxygen uptake in elite orienteers during cross-country running using telemetry</i>	Scand J Med Sci Sports 1994; 4: 234-8
123	JENSEN K, JOHANSEN L, KARKKAINEN OP	1999	<i>Economy in track runners and orienteers during path and terrain running.</i>	J Sports Sci 1999 Dec;17(12):945-50
124	JOHNSTON RE, QUINN TJ, FACSM, KERTZER R, VROMAN NB, FACSM	1995	<i>Strength training in female distance runners: impact on running economy</i>	Med Sci Sports Exerc 1995; 27(5) Suppl abstract 47
125	JONES AM	1998	<i>A five year physiological case study of an Olympic runner.</i>	Br J Sports Med 1998 Mar;32(1):39-43
126	JONES AM, CARTER H	2000	<i>The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness</i>	Sports Med 2000 Jun; 29(6):373-86
127	JONES AM, DOUST JH	1996	<i>A 1% treadmill grade most accurately reflects the energetic cost of outdoor running.</i>	J Sports Sci 1996 Aug;14(4):321-7
128	JONES AM, DOUST JH	1998	<i>The validity of the lactate minimum test for determination of the maximal lactate steady state.</i>	Med Sci Sports Exerc 1998 Aug;30(8):1304-13

129	JUNGBLUTH S, FREEDSON PS	1997	<i>The heart rate / oxygen consumption response curves during in-line and running</i>	Med Sci Sports Exerc, 1997, 29(5), Supplement abstract 1161
130	KANG J, CHALOUKPA EC, MASTRANGELO MA, BIREN GB, ROBERTSON RJ.	2001	<i>Physiological comparisons among three maximal treadmill exercise protocols in trained and untrained individuals.</i>	Eur J Appl Physiol 2001 Apr;84(4):291-5
131	KASCH FW, BOYER JL, VAN CAMP S, NETTL F, VERITY LS, WALLACE JP	1995	<i>Cardiovascular changes with age and exercise</i>	Scand J Med Sci Sports 1995, 5: 147-51
132	KEITH SP, JACOBS I, MCLELLAN TM	1992	<i>Adaptation to training at individual anaerobic threshold</i>	Eur j Appl Physiol 1992, 65: 316-323.
133	KEMPER HC, VERSCHUUR R, ESSEN LS, AALST R	1986	<i>Longitudinal study of maximal aerobic power in boys and girls from 12 to 23 years of age</i>	in: Children and exercise XII, 1986. Volume 17, p: 203-11
134	KEMPER HC, VERSCHUUR R, RITMEESTER W	1986	<i>Maximal aerobic power in early and late maturing teenagers</i>	in: Children and exercise XII, 1986. Volume 17, p: 213-25
135	KENNEY WL, HODGSON JL	1985	<i>Variables predictive of performance in elite middle-distance runners.</i>	Br J Sports Med 1985 Dec;19(4):207-9
136	KEUL J, SIMON G, BERG A, DICKHUTH H.-H, GOERTTLER I, KÜBEL R	1979	<i>Bestimmung der individuellen anaeroben Schwelle zur Leistungsbewertung und Trainingsgestaltung</i>	Dtsch. Z. Sportmed. 30(7):212-218, 1979
137	KOLBE T, DENNIS SC, SELLEY E, NOAKES TD, LAMBERT MI	1995	<i>The relationship between critical power and running performance.</i>	J Sports Sci 1995 Jun;13(3):265-9
138	KRAHENBUHL GS, MORGAN DW, PANGRAZI RP	1989	<i>Longitudinal changes in distance-running performance of young males.</i>	Int J Sports Med 1989 Apr;10(2):92-6
139	KRAHENBUHL GS, WILLIAMS TJ	1992	<i>Running economy: changes with age during childhood and adolescence.</i>	Med Sci Sports Exerc 1992 Apr;24(4):462-6
140	KYROLAINEN H, PULLINEN T, CANDAU R, AVELA J, HUTTUNEN P, KOMI PV	2000	<i>Effects of marathon running on running economy and kinematics.</i>	Eur J Appl Physiol 2000 Jul;82(4):297-304
141	LACOUR JR, PADILLA-MAGUNACELAYA S, BARTHELEMY JC, DORMOIS D.	1990	<i>The energetics of middle -distance running.</i>	Eur. J. Appl. Physiol. 1990. 60: 38-43.
142	LACOUR JR, PADILLA-MAGUNACELAYA S, CHATARD JC, ARSAC L, BARTHELEMY JC	1991	<i>Assessment of running velocity at maximal oxygen uptake.</i>	Eur J Appl Physiol 1991;62(2):77-82
143	LAKE M, CAVANAGH PR	1996	<i>Six weeks of training does not change mechanics or improve running economy</i>	Med Sci Sports Exerc 1996, Jul. vol.28,n <sup>o</sup> 7,pp.860-869
144	LAURENDET P	1999	<i>Physiology and blood lactate response in middle distance running</i>	Modern Athlete and Coach, 1999, 37(1):3-7
145	LEHMANN M, BAUMGARTL P, WIESENACK C, SEIDEL A, BAUMANN H, FISCHER S, SPORI U, GENDRISCH G, KAMINSKI R, KEUL J	1992	<i>Training-overtraining: influence of a defined increase in training volume vs training intensity on performance, catecholamines and some metabolic parameters in experienced middle- and long-distance runners.</i>	Eur J Appl Physiol 1992;64(2):169-77
146	LEVINE BD, STRAY-GUNDERSEN J	1997	<i>"Living high-training low": effect of moderate-altitude acclimatization with low-altitude training on performance.</i>	J Appl Physiol 1997 Jul;83(1):102-12
147	LONDEREE, B. R.	1997	<i>Effect of training on lactate/ventilatory</i>	Med Sci Sports Exerc,

			<i>thresholds: A meta-analysis.</i>	1997, 29, 837-843
148	LONDEREE BR	1986	<i>The use of laboratory test results with long distance runners.</i>	Sports Med 1986 May-Jun;3(3):201-13
149	LUHTANEN P, RAHKILA P, RUSKO H, VIIASALO JT	1990	<i>Mechanical work and efficiency in treadmill running at aerobic and anaerobic thresholds.</i>	Acta Physiol Scand 1990 May;139(1):153-9
150	LUKASK HC, BOLONCHUK WW, KLEVAY LM	1989	<i>Comparasion of metabolic reponses and oxigen cost during maximal exercise usin three treadmill protocols</i>	J Sports Med Phys Fitness 1989, 29(3):223-9
151	MADER A	1991	<i>Evaluation of the endurance performance of marathon runners and theoretical analysis of test results</i>	J Sports Med Phys Fitness , 1991, 31(1):1-19
152	MADER A. E HECK H.	1991	<i>Möglichkeiten und Aufgaben in der Forschung und Praxis der Humanleistungsphysiologie</i>	In: Spectrum der Sportwissenschaften, Zeitschrift der Österreichischen Sportwissenschaftlichen Gesellschaft (ÖSG), Jahrgang 3, Heft 2, Österreichischer Bundesverlag (ÖBV), Wien 1991
153	MADER A., LIESEN H., HECK H., PHILIPPI H., ROST R., SCHÜRCH P. E HOLLMANN W.	1976	<i>Zur Beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit im Labor</i>	Sportarzt. Sportmed. 24(4), 80(5), 26(5):109, 1976
154	MAIA J, LOPES VP, PINA DE MORAIS F	2001	<i>Actividade física e aptidão física associada à saúde. Um estudo de epidemiologia genética em gémeos e suas famílias realizado no arquipélago dos Açores.</i>	FCDEF - UP e Direcção Regional de Educação Física e Desporto da Região Autónoma dos Açores, 2001
155	MAIA, JA, LOPES VP, SILVA RG, SEABRA A	2002	<i>A importância dp tracking (estabilidade e previsão) em delineamentos longitudinais: um estudo aplicado à epidemiologia da actividade física e à performance desportivo-motora</i>	Rev. Port. de C. Desporto, (2002) nº4, Jan-Jul. FCDEF-UP
156	MALINA RM, BOUCHARD	1991	<i>Aerobic power and capacity during growth</i>	in: Growth, maturation, and physical activity, 1991. Chap. 13 p: 205-16. C editors. Human Kinetics
157	MANNO R	1990	<i>Fundamentos de entrenamiento deportivo</i>	Paidotribo, 1990
158	MARTIN PE, HEISE GD, MORGAN DW	1993	<i>Interrelationships between mechanical power, energy transfers, and walking and running economy.</i>	Med Sci Sports Exerc 1993 Apr;25(4):508-15
159	MARTIN PE, MORGAN DW	1992	<i>Biomechanical considerations for economical walking and running.</i>	Med Sci Sports Exerc 1992 Apr;24(4):467-74
160	MATVEIV L.P.	1986	<i>Fundamentos do treino desportivo.</i>	Livros Horizonte, 1986
161	MAUD PJ, FOSTER C	1995	<i>Physiological assessment of human fitness</i>	Human Kinetics. Champaign, 1st, IL. 1995
162	MAYES R, HARDMAN AE, WILLIAMS C	1987	<i>The influence of training on endurance and blood lactate concentration during submaximal exercise.</i>	Br J Sports Med 1987 Sep;21(3):119-24

163	MCARDLE W, KATCH F, KATCH V	1994	<i>Energy expenditure during walking, running, and swimming</i>	in: <i>Essentials of Exercise physiology</i> , part 4., Lea and Febiger (Eds). Philadelphia, 1994
164	MCCONNELL TR, CLARK BA	1988	<i>Treadmill protocols for determination of maximum oxygen uptake in runners.</i>	Br J Sports Med 1988 Mar;22(1):3-5
165	MIKESSELL KA, DUDLEY GA	1984	<i>Influence of intense endurance training on aerobic power of competitive distance runners.</i>	Med Sci Sports Exerc 1984 Aug;16(4):371-5
166	MILLET GP, MILLET GY, HOFMANN MD, CANDAU RB	2000	<i>Alterations in running economy and mechanics after maximal cycling in triathletes: influence of performance level.</i>	Int J Sports Med 2000 Feb;21(2):127-32
167	MOGNONI P, SIRTORI M D, LORENZELLI F, CERRETELLI P	1990	<i>Physiological responses during prolonged exercise at the power output corresponding to the blood lactate threshold</i>	Eur. J. Appl. Physiol. 60:239-243, 1990
168	MORGAN D	2000	<i>Economy of locomotion</i>	in: <i>Paediatric exercise science and medicine</i> . Chap. 2.9, 2000. Armstrong N, Mechelen W, Editors. Oxford University Press
169	MORGAN D, DANIELS J, CARLSON P, FILARSKI K, LANDLE K	1991	<i>Use of recovery VO<sub>2</sub> to predict running economy.</i>	Eur J Appl Physiol 1991;62(6):420-3
170	MORGAN DW, BALDINI FD, MARTIN PE, KOHRT WM	1989	<i>Ten kilometer performance and predicted velocity at VO<sub>2</sub>max among well-trained male runners.</i>	Med Sci Sports Exerc 1989 Dec;21: 78-83
171	MORGAN DW, BRANSFORD DR, COSTILL DL, DANIELS JT, HOWLEY ET, KRAHENBUHL GS	1995	<i>Variation in the aerobic demand of running among trained and untrained subjects.</i>	Med Sci Sports Exerc 1995 Mar;27(3):404-9
172	MORGAN DW, CRAIB M	1992	<i>Physiological aspects of running economy.</i>	Med Sci Sports Exerc 1992 Apr;24(4):456-61
173	MORGAN DW, DANIELS JT	1994	<i>Relationship between VO<sub>2</sub>max and the aerobic demand of running in elite distance runners.</i>	Int J Sports Med 1994 Oct;15(7):426-9
174	MORGAN DW, MARTIN PE, BALDINI FD, KRAHENBUHL GS	1990	<i>Effects of a prolonged maximal run on running economy and running mechanics.</i>	Med Sci Sports Exerc 1990 Dec;22(6):834-40
175	MORGAN DW, MARTIN PE, KRAHENBUHL GS	1989	<i>Factors affecting running economy.</i>	Sports Med 1989 May;7(5):310-30
176	MORGAN DW, MARTIN PE, KRAHENBUHL GS, BALDINI FD	1991	<i>Variability in running economy and mechanics among trained male runners.</i>	Med Sci Sports Exerc 1991 Mar;23(3):378-83
177	MORGAN DW, STROHMEYER HS, DANIELS JT, BEAUDOIN CC, CRAIB MW, BORDEN RA, GREER PJ, BURLESON CL	1996	<i>Short-term changes in 10-km race pace aerobic demand and gait mechanics following a bout of high-intensity distance running.</i>	Eur J Appl Physiol 1996;73(3-4):267-72
178	MORTON RH, BILLAT V	2000	<i>Maximal endurance time at VO<sub>2</sub>max.</i>	Med Sci Sports Exerc 2000 Aug;32(8):1496-504
179	MURASE Y, KOBAYASHI K, KAMEI S, MATSUI H	1981	<i>Longitudinal study of aerobic power in superior junior athletes.</i>	Med Sci Sports Exerc 1981;13(3):180-4

180	NICOL C, KOMI PV, MARCONNET	1991	<i>Effects of marathon fatigue on running kinematics and economy</i>	Scand J Med Sci Sports 1991; 1: 195-204
181	NOAKES T	1991	<i>Lore of running</i>	Leisure Press, Champaign, Illinois, 1991
182	NOAKES TD	1988	<i>Implications of exercise testing for prediction of athletic performance: a contemporary perspective.</i>	Med Sci Sports Exerc 1988 Dec;20: 319-30
183	NOVO L, SANTOS P	2002	<i>Predição da performance competitiva nos 5000m/10000 com base no limiar aeróbio-anaeróbio</i>	in: Investigação aplicada em Atletismo. Editores: Santos P, e Rodrigues dos Santos J. Publicação da FCDEF-UP. 2002, p: 191-4
184	SVEDENHAG J	1995	<i>Maximal and submaximal oxygen uptake during running: how should body mass be accounted for?</i>	Scand J Med Sci Sports Tese 1995 Aug;5(4):175-80
185	PAAVOLAINEN L, HAKKINEN K, HAMALAINEN I, NUMMELA A, RUSKO H	1999	<i>Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power.</i>	J Appl Physiol 1999 May;86(5):1527-33
186	PADILLA S, BOURDIN M, BARTHELEMY JC, LACOUR JR	1992	<i>Physiological correlates of middle-distance running performance. A comparative study between men and women.</i>	Eur J Appl Physiol 1992;65(6):561-6
187	PAIVA M	2003	<i>Relação entre a performance na maratona e parâmetros internos e externos da carga</i>	Tese de doutoramento. FCDEF 2003
188	PAIVA M, SANTOS PJ	1999	<i>Estudo comparativo da intensidade de corrida na maratona a partir da relação lactato-velocidade obtida num teste de terreno</i>	Actas do 1º congresso int. de C. do Desporto. 1999. FCDEF Porto
189	PALMER AS, POTTEIGER JA, NAU KL, TONG RJ	1999	<i>A 1-day maximal lactate steady-state assessment protocol for trained runners.</i>	Med Sci Sports Exerc 1999 Sep;31(9):1336-41
190	PATE RR, MACERA CA, BAILEY SP, BARTOLI WP, POWELL KE	1992	<i>Physiological, anthropometric, and training correlates of running economy.</i>	Med Sci Sports Exerc 1992 Oct;24(10):1128-33
191	PEREIRA MA, FREEDSON PS	1997	<i>Intraindividual variation of running economy in highly trained and moderately trained males.</i>	Int J Sports Med 1997 Feb;18(2):118-24
192	PFITZINGER P, FREEDSON P	1997	<i>Blood lactate responses to exercise in children: part 2. Lactate threshold</i>	in: Pediatric Exercise Science, 1997, Human Kinetics 9:299-307. Human Kinetics Publ.
193	PIERCE EF, WELTMAN A, SEIP RL, SNEAD D	1990	<i>Effects of training specificity on the lactate threshold and VO2 peak.</i>	Int J Sports Med 1990 Aug;11(4):267-72
194	PLATONOV VN	1987	<i>El entrenamiento deportivo - teoria y metodologia</i>	Paidotribo
195	POLLOCK ML, MENGELKOCH LJ, GRAVES JE, LOWENTHAL DT, LIMACHER MC, FOSTER C, WILMORE JH	1997	<i>Twenty-year follow-up of aerobic power and body composition of older track athletes.</i>	J Appl Physiol 1997 May;82(5):1508-16
196	PROENÇA, J	1985	<i>Controlo do treino: necessidade ou emergência?</i>	Horizonte: revista de Educação Física e Desporto. Lisboa. Livros Horizonte. Vol. 2, nº 8 (1985), p: 52-4

197	PROENÇA, J	1989	<i>Athlétisme: méthodologie de l'entraînement aux course de demi-fond et fond</i>	In: Education Physique et sport – EPS. Paris : Editions Revue EPS. Nº 219 (1989), p : 16-8
198	PROENÇA, J	1989	<i>Que validade dos testes médico-desportivos na avaliação das capacidades do atleta?</i>	Horizonte: revista de Educação Física e Desporto. Lisboa. Livros Horizonte. Vol. 6, nº 31 (1989), p: 3-7
199	PROENÇA, J	1990	<i>Potencial informativo da concentração plasmática de lactato na condução do processo de treino.</i>	Prova complementar com vista à obtenção do grau de Doutor em Motricidade Humana. FMH Lisboa
200	MAIA JA	2001	<i>A modelação da performance desportivo-motora - uma necessidade do treinador, uma obrigação dos investigadores</i>	Rev. Treino Desportivo, 2001, Dez, nº 16, p: 10-8
201	ROBERGS RA, ROBERTS SO	1997	<i>Ergometry an calorimetry</i>	in Exercise Physiology, exercise, performance and clinical applications. 1997 by Mosby-Year Book, Inc.: Chap 6
202	ROBERGS RA, ROBERTS SO	1997	<i>Measuring endurance, anaerobic capacity, and strenght</i>	in Exercise Physiology, exercise, performance and clinical applications. 1997 by Mosby-Year Book, Inc. Chap 19
203	ROBERGS RA, ROBERTS SO	1997	<i>Pediatric exercise science</i>	in Exercise Physiology, exercise, performance and clinical applications. 1997 by Mosby-Year Book, Inc. Chap 25
204	ROCKER K, STRIEGEL H, FREUND T, DICKHUTH HH	1994	<i>Relative functional buffering capacity in 400-meter runners, long-distance runners and untrained individuals.</i>	Eur J Appl Physiol 1994;68(5):430-4
205	RODAS G, CALVO M, ESTRUCH A, GARRIDO E, ERCILLA G, ARCAS A, SEGURA R, VENTURA JL	1998	<i>Heritability of running economy: a study made on twin brothers.</i>	Eur J Appl Physiol 1998 May;77(6):511-6
206	ROWLAND TW	1996	<i>The plasticity of aerobic fitness</i>	in: Development exercise physiology,1996, chapt. 7. Human Kinetics
207	ROWLAND TW	1996	<i>Submaximal energy expenditure</i>	in: Development exercise physiology,1996, chapt. 11. Human Kinetics
208	SANTOS JAR	2002	<i>Estudo comparativo, fisiológico, antropométrico e motor entre meio-fundistas e fundistas portugueses</i>	in: Investigação aplicada ao atletismo, 2002, p: 79-97. Santos PJM e Santos JAR editores. FCDEF-Porto
209	SANTOS JAR	2002	<i>Efeitos de um programa de treino de endurance em vários parâmetros biológicos, fisiológicos, antropométricos e motores: um estudo de caso.</i>	in: Investigação aplicada ao atletismo, 2002, p: 149-160. Santos PJM e Santos JAR editores. FCDEF-Porto
210	SANTOS P	1994	<i>O controlo do treino em alta competição</i>	Seminário técnico. Forum da Maia, 15 jul 1994

211	SANTOS P	1995	<i>Controlo do treino em corredores de meio fundo e fundo</i>	Tese de doutoramento. FCDEF - UP, 1995
212	SANTOS P	1996	<i>A utilização de testes de terreno no controlo do treino de meio-fundo e fundo</i>	Rev. Atletismo, 1996, 171: 28f-31f.
213	SANTOS P	1996	<i>Relação entre a capacidade aeróbia e intensidade e o volume de corrida contínua em meio-fundo e fundo</i>	Rev. Atletismo, 1996, 31f-33f
214	SANTOS P	1998	<i>Estudo comparativo da capacidade aeróbia entre andebolistas de diferente nível competitivo</i>	VI congresso de Educação física e C. D dos Países de L. Portuguesa. INEF GALIZA, Corunha, 1998
215	SANTOS P, KRUGER J	2002	<i>Controlo do treino em meio-fundo e fundo com base no limiar anaeróbio determinado em testes de terreno.</i>	in: Investigação aplicada ao atletismo, 2002, p: 137-47. Santos PJM e Santos JAR editores. FCDEF-Porto
216	SANTOS P, KRUGER J	2002	<i>Relação entre o limiar anaeróbio e o volume e a intensidade da corrida contínua em meio fundo</i>	in: Investigação aplicada ao atletismo, 2002, p: 57-66. Santos PJM e Santos JAR editores. FCDEF-Porto
217	SANTOS P, SEIXO P, PAIVA M, ROLIN R, COSTA A	1994	<i>The use of the 4mmol/l lactate threshold in portuguese elite middle and long distance runners: a singular case study</i>	in: proceedings of International Congress on Applied Research in Sports. Ago, 1994; Helsinki
218	SANTOS PJ, ASCENSÃO A	1999	<i>Serão as 4mmol/l um bom indicador de capacidade aeróbia em jovens atletas</i>	Actas do 1º congresso int. de C. do Desporto. 1999. FCDEF Porto
219	SANTOS PJ, MAIA JR	2002	<i>Estudo preditivo da intensidade da corrida na meia maratona com base na relação lactato-velocidade obtida num teste de terreno.</i>	in: Investigação aplicada em Atletismo - Editores: Santos P, e Rodrigues dos Santos J. Publicação da FCDEF-UP. 2002, p: 99-105
220	SANTOS PJ, NOVO L	1999	<i>Predição da performance competitiva nos 5000 e nos 10000 m com base no limiar aeróbio-anaeróbio</i>	Actas do 1º congresso int. de C. do Desporto. 1999. FCDEF Porto
221	SCHNEIDERMAN ED, KOWALSKI CJ	1993	<i>Longitudinal data analysis, release notes</i>	2002, Version 3.2 Dallas
222	SCRIMGEOUR AG, NOAKES TD, ADAMS B, MYBURGH K	1986	<i>The influence of weekly training distance on fractional utilization of maximum aerobic capacity in marathon and ultramarathon runners.</i>	Eur J Appl Physiol 1986;55(2):202-9
223	SHEEHAN JM, ROWLAND TW, BURKE EJ	1987	<i>A comparison of four treadmill protocols for determination of maximum oxygen uptake in 10- to 12-year-old boys.</i>	Int J Sports Med 1987 Feb;8(1):31-4
224	SHEPHARD RJ	2000	<i>Consumo máximo de oxígeno</i>	in La resistência en el deporte, 2000. cap 19. Paidotribo. dirigida por Shephard RJ & Astrand P-O. Paidotribo, 2ª ed.
225	SILVA JG	1997	<i>Construção de um modelo de dimensão táctica do jogo de futebol. Uma abordagem centrada na perspectiva sistémica</i>	Dissertação de doutoramento, 1997. FCDEF-UP

226	SJODIN B	1979	<i>The relationship among running economy, aerobic power, muscle power, and onset of blood lactate accumulation in young boys (11-15 years)</i>	in: Exercise and sport biology. Ed Komi, PV. Human Kinetics, Champaign, 1979
227	SJODIN B, SVEDENHAG J	1992	<i>Oxygen uptake during running is related to body mass in circumpubertal boys: A longitudinal Study.</i>	Eur J Appl Physiol 1992, 65: 150-7
228	SLONIGER MA, CURETON KJ, CARRASCO DI, PRIOR BM, ROWE DA, THOMPSON RW	1996	<i>Effect of the slow-component rise in oxygen uptake on VO2max.</i>	Med Sci Sports Exerc 1996 Jan;28(1):72-8
229	SMITH DA, O'DONNELL TV	1984	<i>The time course during 36 weeks'endurance training of changes in VO2max. and anaerobic threshold as determined with a new computerized method</i>	Clinical Science, 1984, 67:229-36
230	SMITH TP, McNAUGHTON LR, MARSHALL KJ	1999	<i>Effects of 4-wk training using Vmax/Tmax on VO2max and performance in athletes.</i>	Med Sci Sports Exerc 1999 Jun;31(6):892-6
231	SNYDER AC, WOULFE T, WELSH R, FOSTER C	1994	<i>A simplified approach to estimating the maximal lactate steady state.</i>	Int J Sports Med 1994 Jan;15(1):27-31
232	SPARROW WA, HUGHES KM, RUSSELL AP, ROSSIGNOL PF	2000	<i>Movement economy, preferred modes, and pacing</i>	in: Energetics of human activity, 2000. Human Kinetics, chap 4. Sparrow WA editor.
233	SPROULE J	1998	<i>Running economy deteriorates following 60 min of exercise at 80% VO2max.</i>	Eur J Appl Physiol 1998 Mar;77(4):366-71
234	ST CLAIR GIBSON A, LAMBERT MI, HAWLEY JA, BROOMHEAD SA, NOAKES TD	1999	<i>Measurement of maximal oxygen uptake from two different laboratory protocols in runners and squash players.</i>	Med Sci Sports Exerc 1999 Aug;31(8):1226-9
235	STEGMANN H, KINDERMANN W	1981	<i>Modell zur Bestimmung der individuellen anaeroben Schwelle</i>	In: Sportmedizin für Breiten- und Leistungssport. Ed. Kindermann W. e Hort W. (Hrsg.): Demeter: Gräfelting 1981
236	STEGMANN H, KINDERMANN W	1982	<i>Comparison of prolonged exercise tests at the individual anaerobic threshold and the fixed anaerobic threshold of 4 mmol.l(-1) lactate.</i>	Int J Sports Med 1982 May;3(2):105-10
237	SVEDENHAG J, SJODIN B	1984	<i>Maximal and submaximal oxygen uptakes and blood lactate levels in elite male middle- and long-distance runners.</i>	Int J Sports Med 1984 Oct;5(5):255-61
238	SVEDENHAG J, SJODIN B	1985	<i>Physiological characteristics of elite male runners in and off-season.</i>	Can J Appl Sport Sci 1985 Sep;10(3):127-33
239	SVEDENHAG J, SJODIN B	1994	<i>Body-mass-modified running economy and step length in elite male middle- and long-distance runners.</i>	Int J Sports Med 1994 Aug;15(6):305-10
240	TABATA I, NISHIMURA K, KOUZAKI M, HIRAI Y, OGITA F, MIYACHI M, YAMAMOTO K	1996	<i>Effects of moderate -intensity endurance and high-intensity intermittent training on anaerobic capacity and VO2max</i>	Med Sci in Sports and Exerc 1996, 28 (10): 1327-30.
241	TANAKA H, DESOUZA CA, JONES PP, STEVENSON ET, DAVY KP, SEALS DR	1997	<i>Greater rate of decline in maximal aerobic capacity with age in physically active vs. sedentary healthy women.</i>	J Appl Physiol 1997 Dec;83(6):1947-53

242	TANAKA K, MATSURA Y	1984	<i>Marathon performance, anaerobic threshold, and onset of blood lactate accumulation</i>	J Appl Physiol, 1984, 57(3):640-3
243	TANAKA K, MATSUURA Y, MATSUZAKA A, HIRAKOBA K, KUMAGAI S, SUN SO, ASANO K	1984	<i>A longitudinal assessment of anaerobic threshold and distance-running performance.</i>	Med Sci Sports Exerc 1984 Jun;16(3):278-82
244	TANAKA K, WATANABE H, KONISHI Y, MITSUZONO R, SUMIDA S, TANAKA S, FUKUDA T, NAKADOMO F	1986	<i>Longitudinal associations between anaerobic threshold and distance running performance.</i>	Eur J Appl Physiol 1986;55(3):248-52
245	THODEN JS	1991	<i>Testing aerobic power</i>	in: Physiological testing of the high-performance athlete. Published: Can. Ass. of Sport Med. Human Kinetics. 1991. Cap. 4. p: 107-74
246	THORSTENSSON A	1986	<i>Effects of moderate external loading on the aerobic demand of submaximal running in men and 10 year-old boys.</i>	Eur J Appl Physiol 1986;55(6):569-74
247	TOLFREY K, ALMARWEY OA, BRACKEN R, ALFEY C, JONES AM	2001	<i>The relationship between blood lactate reference values and 1500 m running performance in endurance -trained teenage boys and girls</i>	J Sport Sci. 2001, 19 (1) p: 64-5
248	TRAPPE SW, COSTILL DL, VUKOVICH MD, JONES J, MELHAM T	1996	<i>Aging among elite distance runners: a 22-yr longitudinal study.</i>	J Appl Physiol 1996 Jan;80(1):285-90
249	TSINTZAS K, WILLIAMS C	1998	<i>Human muscle glycogen metabolism during exercise - effect of carbohydrate supplementation</i>	Sports Med. 1998, Jan 25 (1): 7-23
250	UNNITHAN VB, TIMMONS JA, PATON JY, ROWLAND TW	1995	<i>Physiologic correlates to running performance in pre-pubertal distance runners.</i>	Int J Sports Med 1995 Nov;16(8):528-33
251	VEHERS P, GEORGE JD, FELLINGHAM GW	1998	<i>Prediction of VO2max before, during, and after 16 weeks of endurance training</i>	Research Q Exerc and Sport 1998, Vol.69, n°3, pp. 297-303
252	VUORIMAA T, VASANKARI T, RUSKO H	2000	<i>Comparison of physiological strain and muscular performance of athletes during two intermittent running exercises at the velocity associated with VO2max.</i>	Int J Sports Med 2000 Feb;21(2):96-101
253	WAGNER PD	1995	<i>Muscle O2 transport and O2 dependent control of metabolism</i>	Med Sci Sports Exerc 1995; 27 (1): 47-53
254	WALKER JL, MURRAY TD, JACKSON AS, MORROW JR JR, MICHAUD TJ	1999	<i>The energy cost of horizontal walking and running in adolescents.</i>	Med Sci Sports Exerc 1999 Feb;31(2):311-22
255	WELTMAN A, SNEAD D, SEIP R, SCHURRER R, LEVINE S, RUTT R, REILLY T, WELTMAN J, ROGOL A	1987	<i>Prediction of lactate threshold and fixed blood lactate concentrations from 3200-m running performance in male runners.</i>	Int J Sports Med 1987 Dec;8(6):401-6
256	WILLIAMS C, NUTE ML	1983	<i>Some physiological demands of a half-marathon race on recreational runners.</i>	Br J Sports Med 1983 Sep;17(3):152-61

257	WILLIAMS KR	1990	<i>Relationship between distance running biomechanics and running economy</i>	in: Biomechanics of distance running, 1990. Eds.: Cavanagh PR. Human Kinetics
258	WILLIAMS KR, CAVANAGH PR	1987	<i>Relationship between distance running mechanics, running economy, and performance.</i>	J Appl Physiol 1987 Sep;63(3):1236-45
259	WILLIAMS TJ, KRAHENBUHL GS, MORGAN DW	1991	<i>Daily variation in running economy of moderately trained male runners.</i>	Med Sci Sports Exerc 1991 Aug;23(8):944-8
260	WILLIAMS TJ, KRAHENBUHL GS, MORGAN DW	1991	<i>Mood state and running economy in moderately trained male runners.</i>	Med Sci Sports Exerc 1991 Jun;23(6):727-31
261	WILMORE JH, COSTILL DL	1994	<i>Cardiorespiratory adaptations to training</i>	in: Physiology of sport and exercise, 1994. Chap 10. Human Kinetics
262	XU F, MONTGOMERY DL	1995	<i>Effect of prolonged exercise at 65 and 80% of VO2max on running economy.</i>	Int J Sports Med 1995 Jul;16(5):309-13
263	YOSHIDA T	1984	<i>Effect of exercise duration during incremental exercise on the determination of anaerobic threshold and the onset of blood lactate accumulation.</i>	Eur J Appl Physiol 1984;53(3):196-9
264	YOSHIDA T, UDO M, CHIDA M, ICHIOKA M, MAKIGUCHI K, YAMAGUCHI T	1990	<i>Specificity of physiological adaptation to endurance training in distance runners and competitive walkers.</i>	Eur J Appl Physiol 1990;61(3-4):197-201
265	YOSHIDA T, UDO M, IWAI K, YAMAGUCHI T	1993	<i>Physiological characteristics related to endurance running performance in female distance runners</i>	J Sports Sci 1993 Feb;11(1):57-62
266	BILLAT V	1991	<i>Course de fond e performance</i>	Editions Chiron, 1991, Paris
267	LEGER L, BOUCHER R	1980	<i>An indirect continuous running multistage field test: the Universite de Montreal track test.</i>	Can J Appl Sport Sci 1980 Jun;5(2):77-84 (abstract)
268	RAMSBOTTOM R, NUTE MG, WILLIAMS C	1987	<i>Determinants of five kilometre running performance in active men and women.</i>	Br J Sports Med 1987 Jun;21(2):9-13
269	RAMSBOTTOM R, WILLIAMS C, FLEMING N, NUTE ML	1989	<i>Training induced physiological and metabolic changes associated with improvements in running performance.</i>	Br J Sports Med 1989 Sep;23(3):171-6
270	READY AE	1984	<i>Physiological characteristics of male and female middle distance runners.</i>	Can J Appl Sport Sci 1984 Jun;9(2):70-7
271	RENOUX JC, PETIT B, BILLAT V, KORALSZTEIN JP	2000	<i>Calculation of times to exhaustion at 100 and 120% maximal aerobic speed.</i>	Ergonomics 2000 Feb;43(2):160-6

## 8. ANEXOS

Anexo 1 - Declaração de Consentimento dos atletas, para participação no estudo.....	i
Anexo 2 - Inquérito aos treinadores sobre as características externas da carga de treino.....	ii
Anexo 3 - Forma de cálculo da EC a 90% da V4.....	vii
Anexo 4 - Análise da modificação de marcas em prova de 3000m, em atletas de diferentes países .....	viii