



## Avaliação da prestação aeróbia e anaeróbia em corredores de meio-fundo e fundo

Tese apresentada às provas de Doutoramento no ramo das Ciências do Desporto, nos termos do Decreto-Lei n.º 216/92, de 13 de Outubro.

Orientador: Professor Doutor José Augusto Rodrigues dos Santos  
Co-orientador: Professor Doutor Paulo Jorge Miranda Santos

Paulo Jorge Colaço Oliveira  
Porto, 2007

Provas de Doutoramento

Colaço, P. (2007). *Avaliação da prestação aeróbia e anaeróbia em corredores de meio-fundo e fundo*. Porto: P. Colaço. Dissertação de Doutoramento apresentada à Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.

Palavras chave: MEIO FUNDO E FUNDO, AVALIAÇÃO ANAERÓBIA, AVALIAÇÃO AERÓBIA, LIMIAR ANAERÓBIO,  $\dot{V}O_2\text{max}$ .

A todos os treinadores e atletas que ao longo dos últimos anos vivem a angústia diária de não disporem dos mecanismos básicos de avaliação e controlo do treino e que mesmo assim souberam produzir resultados com um nível de projecção internacional que nos enche de orgulho



## Agradecimentos

A realização de um trabalho com estas características é sempre o resultado final de um longo percurso, durante o qual se vão somando importantes contributos de várias pessoas que, naturalmente, acabam por fazer parte de um esforço colectivo. Trata-se de um período de muitas cumplidades e sinergias de interesses entre pessoas que acreditam no nosso esforço e no nosso trabalho. Qualquer referência que seja feita a estas ligações pecará sempre por defeito, mas não podemos deixar de uma forma muito genérica de vincar algumas das muitas colaborações que tivemos ao longo do nosso trabalho.

Em primeiro lugar ao Professor Doutor José Augusto Santos porque, para além de orientador desta Tese, foi um grande amigo que soube estar sempre presente e que nos marcou profundamente, pelas suas qualidades humanas, num percurso muitas vezes difícil. Pelos incentivos e pela dedicação deixará uma marca neste trabalho, que constituirá uma referência futura e um estímulo para novas dinâmicas de trabalho.

Ao Professor Doutor Paulo Santos, pela presença, amizade e apoio que foi prestando ao longo deste trabalho. A objectividade e experiência que transmitiu ao longo deste trabalho foram muito relevantes e constituirão um exemplo futuro. A coincidência de interesses na investigação aplicada ao treino é antiga e esperamos que possa vir a ser reforçada com este trabalho.

A dois grandes amigos e colegas que estiveram sempre presentes com as suas ideias, incentivos e apoio: António Ascensão e Ricardo Fernandes. É muito gratificante e tranquilizante sabermos que temos pessoas do nosso lado, sempre que delas necessitamos. Seremos certamente mais produtivos quando, no seio do nosso ambiente de trabalho, podemos ter amigos tão presentes como o foram neste caso.

Aos colegas de trabalho Professor Doutor Ramiro Rolim e Filipe Conceição pela amizade e pronta colaboração a vários níveis que nos proporcionou o ambiente de trabalho propício à realização desta tese.

Uma palavra de apreço e agradecimento ao Armando Vilas Boas. As novas tecnologias têm estas grandes virtudes de nos colocar os amigos mais perto para nos darem um conselho ou um *feedback* no momento certo.

A investigação aplicada ao treino é uma realidade nem sempre fácil de desenvolver. As barreiras financeiras, de falta de condições, de ausência de formação específica são demasiadas para que o trabalho de avaliação e controlo do treino no meio fundo e fundo possa ser uma realidade em Portugal. Daí o meu agradecimento e a minha homenagem a todos os treinadores e atletas que conosco trabalharam ao longo destes últimos anos. Porque foram excelentes no clima de abertura que criaram, porque foram humildes ao ponto de quererem aprender mais, porque souberam ser inteligentes para perceberem que só a partilha de ideias pode gerar conhecimento. Porque foram muitos os pontos de cruzamento de interesses, este envolvimento de treinadores e atletas deixa-nos a responsabilidade de devolver contributos sérios para o meio fundo e fundo nacional. Esta Tese é já disso um exemplo, mas tudo faremos para que o retorno desse apoio seja cada vez mais elevado.

Aos atletas do nosso grupo de treino, porque é através do seu espírito de trabalho, seriedade e dedicação extrema que todos os dias aprendemos e colocamos em dúvida os nossos conhecimentos. É nesse imenso “laboratório”, que nos surgem as grande questões e motivações para a realização de investigações. É através do nosso trabalho de grupo que testamos as conclusões desses trabalhos e operacionalizamos novos conhecimentos. É assim, graças a este grupo exemplar, que simplificamos os conhecimentos mais complexos e os transferimos em resultados desportivos, que é afinal a essência de todo o nosso trabalho.

Uma palavra de apreço à organização da Meia Maratona de Ovar pela forma como acolheu este projecto ao nível da avaliação dos corredores de ½ maratona. As facilidades concedidas foram sempre feitas de uma forma pronta e sem obstáculos demonstrando que, mais do que organizadores de um evento desportivo ímpar em Portugal, percebem a complexidade da modalidade e a importância na conjugação de esforços para que todos, em cada uma das suas valências, possam dar contributos marcantes para a modalidade. Esta competição transpira valores de amizade e fraternidade cujos motivos se entendem quando lidamos de perto com os organizadores da prova.

Por fim, o nosso agradecimento a todos os que, de uma forma por vezes tão simples, não deixaram de mostrar o afecto e o apoio que qualquer pessoa necessita de ter ao longo de um trabalho com esta complexidade. É notável como por vezes pequenos actos podem ser tão relevantes tornando um trabalho como este tão especial pela carga humana e emocional que, apesar de não ser visível neste documento, nunca deixará de o acompanhar.

# Índice Geral

Índice Geral .....	VII
Índice de Figuras .....	XI
Índice de Quadros .....	XV
Resumo .....	XVII
Abstract .....	XIX
Résumé .....	XXI
Lista de abreviaturas .....	XXIII
<b>1. Introdução .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Revisão Bibliográfica .....</b>	<b>9</b>
2.1. Caracterização das provas de meio fundo e fundo .....	11
2.1.1. A prova de 800m .....	11
2.1.2. A prova de 1500m .....	17
2.1.3. A prova de 5000m .....	19
2.1.4. A prova de ½ maratona .....	20
2.2. Avaliação da prestação aeróbia .....	23
2.2.1. O limiar anaeróbio .....	23
2.2.1.1. Introdução .....	23
2.2.1.2. O Conceito .....	25
2.2.2. Velocidade ao $\dot{V}O_2\text{max}$ e Tempo limite .....	36
2.2.2.1. Introdução .....	36
2.2.2.2. Formas de determinação da $v\dot{V}O_2\text{max}$ .....	39
2.2.2.2.1. Protocolo em tapete rolante .....	39
2.2.2.2.2. Teste de corrida intermitente de 20m.....	40
2.2.2.2.3. Teste de corrida de 5min .....	41

2.2.2.2.4. Teste de terreno da Universidade de Montreal .....	42
2.2.2.3. Tempo limite .....	43
2.3. Avaliação da prestação anaeróbia .....	45
2.3.1. Introdução .....	45
2.3.2. Método do défice acumulado de oxigénio .....	45
2.3.3. Teste de duas velocidades .....	47
<b>3. Objectivos e Hipóteses .....</b>	<b>51</b>
<b>4. Material e Métodos .....</b>	<b>55</b>
4.1. Caracterização da amostra .....	57
4.2. Procedimentos utilizados na determinação do limiar anaeróbio .....	58
4.3. Procedimentos utilizados na determinação da $\dot{V}O_2\text{max}$ .....	59
4.4. Determinação do tempo limite .....	61
4.5. Teste de duas velocidades .....	61
4.6. Competição .....	62
4.7. Procedimentos matemáticos e estatísticos .....	63
<b>5. Resultados .....</b>	<b>65</b>
5.1. Grupo de corredores de 800m .....	67
5.1.1. Resultado competitivo .....	67
5.1.2. Limiar anaeróbio .....	68
5.1.3. Velocidade ao $\dot{V}O_2\text{max}$ .....	69
5.1.4. Tempo limite .....	70
5.1.5. Teste de duas velocidades .....	70
5.2. Grupo de corredores de 1500m .....	74
5.2.1. Resultado competitivo .....	74
5.2.2. Limiar anaeróbio .....	75
5.2.3. Velocidade ao $\dot{V}O_2\text{max}$ .....	76
5.2.4. Tempo limite .....	77
5.2.5. Teste de duas velocidades .....	78

5.3. Grupo de corredores de 5000m .....	81
5.3.1. Resultado competitivo .....	81
5.3.2. Limiar anaeróbio .....	82
5.3.3. Velocidade ao $\dot{V}O_2\text{max}$ .....	83
5.3.4. Tempo limite .....	84
5.3.5. Teste de duas velocidades .....	85
5.4. Grupo de corredores de ½ maratona .....	87
5.4.1. Resultado competitivo .....	87
5.4.2. Limiar anaeróbio .....	88
5.4.3. Velocidade ao $\dot{V}O_2\text{max}$ .....	90
5.4.4. Tempo limite .....	91
5.4.5. Teste de duas velocidades .....	92
<b>6. Discussão</b> .....	95
6.1. Metodologia .....	97
6.2. Relação entre os testes aplicados e a <i>performance</i> .....	103
6.2.1. Grupo de corredores de 800m .....	103
6.2.2. Grupo de corredores de 1500m .....	116
6.2.3. Grupo de corredores de 5000m .....	128
6.2.4. Grupo de corredores de ½ maratona .....	138
<b>7. Conclusões</b> .....	151
<b>8. Bibliografia</b> .....	155



## Índice de Figuras

<b>Figura 1</b> – Valores relativos de contribuição do sistema energético aeróbio, estimados durante diferentes tempos de corrida de intensidade máxima, segundo vários autores.	15
<b>Figura 2</b> – Contribuição relativa dos 3 sistemas energéticos para o fornecimento energético total, durante um esforço máximo de 90s em bicicleta (Adaptado de Gatin, 2001).	16
<b>Figura 3</b> – Contribuição aeróbia e anaeróbia absoluta para o custo total de oxigénio para as provas de 200m, 400m, 800m e 1500m (Spencer e Gatin, 2001).	17
<b>Figura 4</b> – Volumes de treino semanais, durante o período preparatório de Inverno, do atleta Dave Moorcroft ao longo de 17 anos de treino (Adaptado de Poole, 1999).	20
<b>Figura 5</b> – Intensidade de esforço (% $\dot{V}O_2\text{max}$ ) mantida por dois grupos de corredores de elite em diferentes distâncias de prova. De realçar que os corredores de longa distância mantêm uma intensidade de corrida significativamente mais elevada em todas as distâncias a partir dos 10000m (Adaptado de Saltin et al., 1995).	22
<b>Figura 6</b> - Determinação do estado máximo de equilíbrio de lactato e o método de determinação do limiar anaeróbio. Adaptado de Heck et al. (1985) e Mader et al.(1976).	28
<b>Figura 7</b> - Protocolo de exercício que mostra a relação entre o consumo de oxigénio correspondente a cada patamar de esforço. A $v\dot{V}O_2\text{max}$ está representada como a velocidade mínima que solicita o $\dot{V}O_2\text{max}$ (Adaptado de Billat, 2003).	37
<b>Figura 8</b> - Representação gráfica de duas rectas de dois testes de duas velocidades efectuados a uma atleta (Adaptado de Föhrenbach, 1991).	48
<b>Figura 9</b> - Histograma representativo da frequência de distribuição dos atletas por intervalos de velocidade de corrida, na prova de 800m.	67
<b>Figura 10</b> - Correlação entre a velocidade na prova de 800m ( $V_{800}$ ) e a $V_4$ e $V_5$ para a totalidade da amostra.	68
<b>Figura 11</b> - Correlação entre a velocidade na prova de 800m ( $V_{800}$ ) e a $v\dot{V}O_2\text{max}$ .	69
<b>Figura 12</b> - Correlação entre a velocidade na prova de 800m ( $V_{800}$ ) e o $T_{lim}$ .	70
<b>Figura 13</b> - Correlação entre o $T_{lim}$ e a $v\dot{V}O_2\text{max}$ .	70
<b>Figura 14</b> - Correlação entre a velocidade na prova de 800m ( $V_{800}$ ) e a $V_4$ , determinada através do $T_{2v}$ .	71
<b>Figura 15</b> - Correlação entre a velocidade na prova de 800m ( $V_{800}$ ) e as áreas determinadas através do $T_{2v}$ (—). Foram ainda determinados os níveis de correlação para dois subgrupos da amostra (atletas 1 a 8 e 9 a 20), com apresentação das respectivas rectas de regressão (---).	71
<b>Figura 16</b> - Correlação entre a velocidade na prova de 800m ( $V_{800}$ ) e os declives determinados através do $T_{2v}$ (—). Foram ainda determinados os níveis de correlação para dois subgrupos da amostra (atletas 1 a 8 e 9 a 20), cujas rectas da análise de regressão podem ser observadas (---).	72

<b>Figura 17</b> - Correlação entre a velocidade na prova de 800m (V800) e a velocidade de corrida obtida na repetição máxima do T2v (V600).	72
<b>Figura 18</b> - Histograma representativo da frequência de distribuição dos atletas por intervalos de velocidade de corrida na prova de 1500m.	74
<b>Figura 19</b> - Correlação entre a velocidade na prova de 1500m (V1500) e a $V_4$ (esquerda) e $V_5$ (direita), para a totalidade da amostra.	75
<b>Figura 20</b> - Correlação entre a velocidade na prova de 1500m (V1500) e a $v\dot{V}O_{2max}$ .	77
<b>Figura 21</b> - Correlação entre a velocidade na prova de 1500m (V1500) e o Tlim.	77
<b>Figura 22</b> - Correlação entre a velocidade na prova de 1500m (V1500) e a $v\dot{V}O_{2max}$ .	78
<b>Figura 23</b> - Correlação entre a velocidade de corrida na prova de 1500m (V1500) e as áreas determinadas pela extrapolação das rectas de regressão do T2v.	79
<b>Figura 24</b> - Correlação entre a velocidade na prova de 1500m (V1500) e o declive das rectas obtidas a partir do T2v.	79
<b>Figura 25</b> - Correlação entre a velocidade na prova de 1500m (V1500) e a velocidade na repetição máxima de 1200m do T2v (V1200).	80
<b>Figura 26</b> - Histograma representativo da frequência de distribuição dos atletas por intervalos de velocidade de corrida na prova de 5000m.	81
<b>Figura 27</b> - Correlação entre a velocidade na prova de 5000m (V5000) e a $V_4$ , para a totalidade da amostra.	82
<b>Figura 28</b> - Correlação entre a velocidade na prova de 5000m (V5000) e a $V_4$ , expressa em função da $v\dot{V}O_{2max}$ para a totalidade da amostra.	83
<b>Figura 29</b> - Correlação entre a velocidade na prova de 5000m (V5000) e a $v\dot{V}O_{2max}$ .	84
<b>Figura 30</b> - Correlação entre a velocidade na prova de 5000m (V5000) e o Tlim.	84
<b>Figura 31</b> - Correlação entre a velocidade na prova de 5000m (V5000) e a $V_4$ , determinada através do T2v.	85
<b>Figura 32</b> - Histograma representativo da frequência de distribuição dos atletas por intervalos de velocidade de corrida na prova de ½maratona.	87
<b>Figura 33</b> - Relação entre a $V_{\frac{1}{2}maratona}$ e a $V_4$ , para a totalidade da amostra.	89
<b>Figura 34</b> - Correlação entre a $V_{\frac{1}{2}maratona}$ e a $V_4$ , expressa em função da $v\dot{V}O_{2max}$ .	89
<b>Figura 35</b> - Relação entre a $V_{\frac{1}{2}maratona}$ e a $v\dot{V}O_{2max}$ .	90
<b>Figura 36</b> - Correlação entre a $V_{\frac{1}{2}maratona}$ e o Tlim.	91
<b>Figura 37</b> - Correlação entre a $V_{\frac{1}{2}maratona}$ e a $v\dot{V}O_{2max}$ .	91
<b>Figura 38</b> - Correlação entre a $V_{\frac{1}{2}maratona}$ e a $V_4$ .	92

<b>Figura 39</b> - Correlação entre a $V_{1/2}$ maratona e a $V_4$ determinada através do T2v.	92
<b>Figura 40</b> - Correlação entre a $V_{1/2}$ maratona e o declive das rectas determinadas através do T2v.	93
<b>Figura 41</b> - Valores médios da lactatémia (mmol/l) para patamares de carga de trabalho com duração de 3.5, 5.5 e 7.5 min e idênticos períodos de recuperação (Adaptado de Mader et al., 1991).	98
<b>Figura 42</b> - Representação de rectas obtidas através do T2v para diferentes distâncias, e dos valores determinados a partir das rectas de regressão ( $V_4$ , $V_{14}$ e $V_{20}$ ) (Adaptado de Föhrenbach, 1991).	100
<b>Figura 43</b> - Representação de rectas obtidas através do T2v (2x600m) para 13 corredores de 800m (Adaptado de Krüger, 1991).	101
<b>Figura 44</b> - Relação entre a velocidade na prova de 800m ( $V_{800}$ ) e a $V_4$ , para a totalidade da amostra e para 18 atletas.	104
<b>Figura 45</b> - Correlação entre a velocidade na prova de 800m ( $V_{800}$ ) e a $v\dot{V}O_{2max}$ .	107
<b>Figura 46</b> - Exemplo referente à monitorização da prestação aeróbia e anaeróbia de corredores de 800m, com a utilização de teste de determinação do limiar anaeróbio e do T2v respectivamente (Adaptado de Föhrenbach, 1991).	110
<b>Figura 47</b> - Representação gráfica dos resultados dos testes de determinação do limiar anaeróbio e respectiva $V_4$ (esquerda), bem como das rectas de regressão e respectivas áreas obtidas a partir do T2v para os atletas 1 (—), 9 (---) e a média dos restantes atletas (.....) (direita).	111
<b>Figura 48</b> - Organigrama representativo da influência do limiar anaeróbio e do T2v na prestação em 800m dos atletas 3 a 8 da nossa amostra, respectiva $V_4$ , bem como das rectas de regressão e respectivas áreas obtidas a partir do T2v.	113
<b>Figura 49</b> - Representação gráfica das velocidades de corrida determinadas pelo teste de determinação do limiar anaeróbio, resultado da competição ( $V_{1500}$ ), $V_4$ e $v\dot{V}O_{2max}$ . É possível observarmos a representação da média dos valores obtidos para os 20 atletas no teste do limiar anaeróbio (—), e respectivos desvios padrão (---) bem como a recta de regressão correspondente à media dos valores do T2v.	115
<b>Figura 50</b> - Representação dos valores percentuais da $V_4$ , relativamente à velocidade de competição para cada distância de competição.	118
<b>Figura 51</b> - Correlação entre a velocidade na prova de 1500m ( $V_{1500}$ ) e a $v\dot{V}O_{2max}$ .	119
<b>Figura 52</b> - Representação gráfica do T2v de 2 atletas, com o respectivo declive (m), àrea formada pela extrapolação das rectas até ao valor de 20 mmol/l de lactato sanguíneo e 6 m/s de velocidade de corrida (A). É ainda possível observar o valor da $V_4$ , obtida a partir das rectas da regressão.	122
<b>Figura 53</b> - Correlação entre a velocidade na prova de 1500m ( $V_{1500}$ ) e o declive, para a totalidade da amostra (esquerda) e para 19 atletas (direita) depois de retirado o atleta 15.	123
<b>Figura 54</b> - Representação gráfica do limiar anaeróbio e do T2v de 2 atletas, com a área formada pela extrapolação das rectas. É ainda possível visualizar na figura a $V_{1500}$ , bem como a $V_4$ , obtida para cada atleta no teste de determinação do limiar anaeróbio.	124

- Figura 55** - Representação gráfica das velocidades de corrida determinadas pelo teste de determinação do limiar anaeróbio, resultado da competição ( $V_{1500}$ ),  $V_4$  e  $v\dot{V}O_{2max}$ . É possível observarmos a representação da média dos valores obtidos para os 20 atletas no teste do limiar anaeróbio (—), e respectivos desvios padrão (---) bem como a recta de regressão correspondente à media dos valores do T2v. 126
- Figura 56** - Correlação entre a velocidade na prova de 5000m ( $V_{5000}$ ) e a  $v\dot{V}O_{2max}$ . 130
- Figura 57** - Representação gráfica comparativa dos resultados do teste de determinação do limiar anaeróbio e da  $v\dot{V}O_{2max}$  de dois atletas da amostra (1º e 11º atletas na  $V_{5000}$ ). 131
- Figura 58** - Representação gráfica das velocidades de corrida obtidas pelo teste de determinação do limiar anaeróbio ( $V_4$ ), resultado da competição ( $V_{5000}$ ),  $V_4$  extrapolada pelo T2v e  $v\dot{V}O_{2max}$ . Os dados apresentados referem-se à média dos valores obtidos para os 20 atletas no teste do limiar anaeróbio (—), bem como os respectivos desvios padrão (---). 135
- Figura 59** - Rectas e equações das regressões obtidas através do T2v, para 3 atletas. De realçar que o atleta 12 tem o pior nível competitivo, apesar do seu limiar anaeróbio ser superior. 136
- Figura 60** - Representação dos resultados da  $V_4$  (m/s) e velocidade de competição (m/s) para todos os atletas da amostra (n=80). As linhas verticais representam a média das velocidades de competição para cada grupo de corredores. 140
- Figura 61** - Representação gráfica comparativa de resultados do teste de determinação do limiar anaeróbio e da  $v\dot{V}O_{2max}$  de dois atletas da amostra. É possível observar que o atleta mais rápido em competição possui o limiar anaeróbio mais elevado e que o facto de ter uma  $v\dot{V}O_{2max}$  inferior ao atleta com pior resultado não o impediu de obter um dos melhores resultados em competição. De realçar a grande proximidade da velocidade à ½ maratona com a velocidade do limiar anaeróbio, especialmente quando comparada com a  $v\dot{V}O_{2max}$ . 143
- Figura 62** - Correlação entre a velocidade à ½ maratona e a  $v\dot{V}O_{2max}$ . 144
- Figura 63** - Rectas e equações da regressão obtidas através do T2v, para 3 atletas. De realçar o melhor nível competitivo do atleta 7 em relação aos outros 2, apesar do seu limiar anaeróbio ser inferior. 147
- Figura 64** - Representação gráfica das velocidades de corrida, determinadas pelo teste de determinação do limiar anaeróbio ( $V_4$ ), resultado da competição (prova),  $V_4$  extrapolada pelo T2v e  $v\dot{V}O_{2max}$ . É possível observarmos a representação da média dos valores obtidos para os 20 atletas no teste do limiar anaeróbio (—), bem como os respectivos desvios padrão (---). 148

## Índice de Quadros

<b>Quadro 1</b> – Valor percentual atribuído à contribuição de cada um dos sistemas energéticos na prova de 800m, segundo diversos autores.	12
<b>Quadro 2</b> – Contribuição energética relativa do sistema aeróbio, estimada em diferentes fases nas provas de 800m e 1500m.	18
<b>Quadro 3</b> – Valor percentual correspondente à contribuição relativa de cada um dos sistemas energéticos na prova de 1500m, segundo vários autores.	18
<b>Quadro 4</b> – Valor percentual atribuído à contribuição de cada um dos sistemas energéticos na prova de 5000m, segundo vários autores.	19
<b>Quadro 5</b> – Valor percentual atribuído à contribuição de cada um dos sistemas energéticos na prova de ½ maratona, segundo vários autores.	21
<b>Quadro 6</b> – Apresentação de diferentes conceitos de limiar anaeróbio utilizando o lactato sanguíneo como parâmetro avaliado segundo vários autores.	30
<b>Quadro 7</b> - Valores de correlação entre o limiar anaeróbio e o resultado obtido em diferentes distâncias competitivas de meio fundo e fundo.	34
<b>Quadro 8</b> - Valores percentuais do limiar anaeróbio expresso em função do $\dot{V}O_{2max}$ , segundo diversos estudos realizados com corredores de meio fundo e fundo.	35
<b>Quadro 9</b> - Valores médios ( $\pm dp$ ) relativos à idade, altura e peso dos atletas constituintes de cada um dos grupos avaliados (n=80).	57
<b>Quadro 10</b> - Tabela de tempos para cada um dos patamares do testes de terreno, para a determinação do limiar aeróbio-anaeróbio.	59
<b>Quadro 11</b> - Tabela de tempos para cada um dos patamares dos testes de terreno, para a determinação do limiar aeróbio-anaeróbio.	60
<b>Quadro 12</b> - Valores médios ( $\pm dp$ ) correspondentes à velocidade (m/s) obtida no teste de terreno para determinação do limiar anaeróbio, para concentrações lácticas de 4 e 5 mmol/l, para os 20 atletas da amostra.	68
<b>Quadro 13</b> - Valores médios ( $\pm dp$ ) e individuais, correspondentes às velocidades (m/s) obtidas no teste de terreno da Universidade de Montreal, para determinação da $v\dot{V}O_{2max}$ .	69
<b>Quadro 14</b> - Resultados das correlações entre os principais resultados obtidos para cada teste.	73
<b>Quadro 15</b> - Valores médios ( $\pm dp$ ) correspondentes às velocidades (m/s) obtidas no teste de terreno para determinação do limiar anaeróbio, para concentrações lácticas de 4 e 5 mmol/l, para os 20 atletas da amostra.	75
<b>Quadro 16</b> - Valores médios ( $\pm dp$ ) e individuais, correspondentes às velocidades (m/s) obtidas no teste de terreno da Universidade de Montreal, na determinação da $v\dot{V}O_{2max}$ .	76
<b>Quadro 17</b> - Resultados das correlações entre os principais resultados obtidos para cada teste.	80

<b>Quadro 18</b> - Valores médios ( $\pm$ dp) correspondentes às velocidades obtidas no teste de terreno, para concentrações lácticas de 4 e 5 mmol/l, para os 20 atletas da amostra.	82
<b>Quadro 19</b> - Valores médios ( $\pm$ dp) e individuais, correspondentes às velocidades (m/s) obtidas no teste de terreno da Universidade de Montreal, para determinação da $v\dot{V}O_2\text{max}$ .	83
<b>Quadro 20</b> - Resultados das correlações entre os principais resultados obtidos para cada teste.	86
<b>Quadro 21</b> - Valores médios ( $\pm$ dp) correspondentes às velocidades obtidas no teste de terreno, para concentrações lácticas de 4 e 5 mmol/l, para os 20 atletas da amostra.	88
<b>Quadro 22</b> - Resultados ( $r$ , $r^2$ e erro padrão de estimativa) referentes à relação entre a velocidade de corrida, determinada no teste de terreno para determinação do limiar anaeróbio para diferentes concentrações lácticas e a velocidade à $\frac{1}{2}$ maratona.	88
<b>Quadro 23</b> - Valores médios ( $\pm$ dp) e individuais, correspondentes às velocidades (m/s) obtidas no teste de terreno da Universidade de Montreal, para determinação da $v\dot{V}O_2\text{max}$ .	90
<b>Quadro 24</b> - Resultados das correlações entre os principais resultados obtidos para cada teste.	93

## Resumo

O rendimento desportivo no meio fundo e fundo (MFF) está condicionado pelo potencial aeróbio e anaeróbio de cada atleta. A avaliação desse potencial poderá explicar diferenças de prestação competitiva, podendo constituir um instrumento orientador decisivo para o treino, em consonância com a distância de competição. O objectivo principal deste estudo consistiu na aplicação de quatro testes de avaliação da prestação aeróbia e anaeróbia e em estabelecer a relação destes indicadores com a prestação em corredores de diferentes disciplinas de meio fundo e fundo (800m, 1500m, 5000m e ½ maratona).

A amostra foi constituída por 80 atletas masculinos ( $26.4 \pm 4.3$  anos de idade), divididos em grupos de 20, de acordo com a sua distância competitiva. Os 4 testes de avaliação foram realizados a uma distância máxima de 7 dias em relação à data da competição de referência. Seleccionámos os seguintes testes de terreno: (i) limiar anaeróbio; (ii) velocidade correspondente ao  $\dot{V}O_2\text{max}$  ( $v\dot{V}O_2\text{max}$ ) determinada através do teste de terreno da Universidade de Montreal (TTUM); (iii) Tempo limite (Tlim) e (iv) teste de duas velocidades (T2v).

Principais resultados: (i) velocidade de competição:  $6.90 \pm 0.32$  m/s (800m),  $6.32 \pm 0.16$  m/s (1500m),  $5.78 \pm 0.12$  m/s (5000m),  $5.17 \pm 0.50$  m/s (½ maratona); (ii) velocidade de corrida às 4 mmol/l de lactato ( $V_4$ ):  $4.82 \pm 0.19$  m/s (800),  $4.91 \pm 0.12$  m/s (1500m),  $5.23 \pm 0.28$  m/s (5000m),  $5.20 \pm 0.20$  m/s (½ maratona); (iii) para a  $v\dot{V}O_2\text{max}$ :  $5.80 \pm 0.22$  m/s (800m),  $5.84 \pm 0.26$  m/s (1500m),  $5.89 \pm 0.20$  m/s (5000m),  $5.86 \pm 0.21$  (½ maratona); (iv) Tlim: 5min 39s  $\pm$  42s (800m), 5min 18s  $\pm$  59s (1500m), 5min 12s  $\pm$  37s (5000m) e 5min 09s  $\pm$  1min 53s (½ maratona); (v)  $V_4$ , determinada através do T2v:  $5.76 \pm 0.24$  m/s (800m);  $5.09 \pm 0.22$  m/s (1500m);  $5.28 \pm 0.21$  m/s (5000m) e  $5.27 \pm 0.26$  m/s (½ maratona). Resultados da correlação entre a competição e: (i)  $V_4$ :  $r=0.87$ ,  $p<0.0001$  (1500m);  $r=0.89$ ,  $p<0.0001$  (5000m);  $r=0.95$ ,  $p<0.0001$  (½ maratona) e não foi encontrado significado estatístico nos 800m ( $p>0.05$ ); (ii)  $v\dot{V}O_2\text{max}$ :  $r=0.52$ ,  $p<0.05$  (800m);  $r=0.71$ ,  $p<0.001$  (1500m);  $r=0.67$ ,  $p<0.001$  (5000m) e  $r=0.79$ ,  $p<0.001$  (½ maratona); (iii) Tlim: apenas se correlacionou significativamente nas distâncias de 5000m ( $r=0.51$ ,  $p>0.05$ ) e ½ maratona ( $r=0.48$ ,  $p<0.05$ ); (iv)  $V_4$  determinada através do T2v: 800m ( $r=0.85$ ,  $p<0.0001$ ), 5000m ( $r=0.92$ ,  $p<0.0001$ ) e ½ maratona ( $r=0.92$ ,  $p<0.0001$ ), não havendo correlação significativa nos 1500m ( $p>0.05$ ).

As principais conclusões do nosso estudo foram: (i) o limiar anaeróbio é um dos indicadores que melhor parece diferenciar a capacidade de rendimento em cada grupo em todas as distâncias avaliadas, especialmente nos 5000m e ½ maratona; (ii) a  $v\dot{V}O_2\text{max}$  contribui para diferenciar níveis de rendimento mas, entre atletas com valor competitivo semelhante, mostra-se insuficiente para explicar diferentes níveis de prestação. Por outro lado, a  $v\dot{V}O_2\text{max}$  não é o parâmetro que melhor explica diferenças de rendimento nos 800m e 1500m; (iii) na prova de 800m os declives das rectas formadas pelo T2v, sugerem uma boa capacidade explicativa de rendimento entre atletas de nível semelhante (iv) a avaliação anaeróbia, efectuada através do T2v, mostra-se particularmente útil na discriminação de rendimento em 800m. Contudo, o T2v parece igualmente útil, no estudo de distâncias superiores, nomeadamente nos 5000m e ½ maratona, na determinação da  $V_4$ , simplificando a avaliação destes corredores; (v) o Tlim, ao contrário do esperado, não fornece contributos de relevo que permitam explicar diferentes níveis de prestação para cada um dos grupos.

PALAVRAS CHAVE: MEIO FUNDO E FUNDO, AVALIAÇÃO ANAERÓBIA, AVALIAÇÃO AERÓBIA, LIMIAR ANAERÓBIO,  $v\dot{V}O_2\text{max}$



## Abstract

High performance in middle and long distance running is conditioned by the levels of aerobic and anaerobic potential of each athlete. The evaluation of this potential may allow one to explain the differences in competitive performance, amounting to a decisive guiding instrument in the training of runners, according to the specific competitive option. The main objective of our study consists in the application of four tests to evaluate the aerobic and anaerobic performance and to establishing the connection of these indicators with the performance in runners of different middle and long distance running events (800m, 1500m, 5000m and half marathon).

The sample was conducted on 80 male athletes ( $26.4 \pm 4.3$  years of age), divided into 20 subject groups according to their specific competitive option. The 4 evaluation tests were performed within a maximum of 7 days in relation to the competition date in mind. We selected the following field tests for evaluation: (i) anaerobic threshold (ii) speed corresponding to  $\dot{V}O_2\text{max}$  ( $v\dot{V}O_2\text{max}$ ) determined by the University of Montreal track test (TTUM); (iii) Time limit (Tlim) and (iv) two speed test (T2v).

The main results: (i) competitive speed  $6.90 \pm 0.32$  m/s (800m),  $6.32 \pm 0.16$  m/s (1500m),  $5.78 \pm 0.12$  m/s (5000m),  $5.17 \pm 0.50$  m/s (half marathon); (ii) running speed at 4 mmol/l of lactate ( $V_4$ ):  $4.82 \pm 0.19$  m/s (800),  $4.91 \pm 0.12$  m/s (1500m),  $5.23 \pm 0.28$  m/s (5000m),  $5.20 \pm 0.20$  m/s (half marathon); (iii) for  $v\dot{V}O_2\text{max}$ :  $5.80 \pm 0.22$  m/s (800m),  $5.84 \pm 0.26$  m/s (1500m),  $5.89 \pm 0.20$  m/s (5000m),  $5.86 \pm 0.21$  (half marathon); (iv) Tlim: 5min 39s  $\pm$  42s (800m), 5min 18s  $\pm$  59s (1500m), 5min 12s  $\pm$  37s (5000m) e 5min 09s  $\pm$  1min 53s (half marathon); (v)  $V_4$  determined by using T2v:  $5.76 \pm 0.24$  m/s (800m),  $5.09 \pm 0.22$  m/s (1500m),  $5.28 \pm 0.21$  m/s (5000m) and  $5.27 \pm 0.26$  m/s (half marathon). Regression results between the competition and: (i)  $V_4$ :  $r=0.87$ ,  $p<0.0001$  (1500m);  $r=0.89$ ,  $p<0.0001$  (5000m);  $r=0.95$ ,  $p<0.0001$  (half marathon) and no statistical significance was found for the 800m; (ii)  $v\dot{V}O_2\text{max}$ :  $r=0.52$ ,  $p<0.05$  (800m);  $r=0.71$ ,  $p<0.001$  (1500m);  $r=0.67$ ,  $p<0.001$  (5000m) e  $r=0.79$ ,  $p<0.001$  (half marathon); (iii) Tlim: only a significant link was evidenced in the 5000m ( $r=0.51$ ,  $p>0.05$ ) and half marathon ( $r=0.48$ ,  $p<0.05$ ); (iv)  $V_4$  determined by the T2v: 800m ( $r=0.85$ ,  $p<0.0001$ ), 5000m ( $r=0.92$ ,  $p<0.0001$ ) and half marathon ( $r=0.92$ ,  $p<0.0001$ ), showed no noteworthy correlation in the 1500m ( $p>0.05$ ).

The main conclusions of our study were: (i) anaerobic threshold is one of the best indicators to differentiate performance capacity in all subject groups and in all competitive distances evaluated, mainly in the 5000m and the half marathon; (ii)  $v\dot{V}O_2\text{max}$  contributed in discerning the different levels of performance however, in athletes with similar competitive values, it proved to be insufficient in distinguishing different levels of performance. On the other hand,  $v\dot{V}O_2\text{max}$  may not to be the most adequate tool in trying to show the differences in performances in both the 800m and 1500m; (iii) in the 800m trial the slopes formed by the T2v, suggested a solid explanation on performance results between athletes with similar levels; (iv) the anaerobic evaluation undergone using the T2v proved itself to be particularly useful in describing performance at 800m. However, it also appeared to be valuable in studying greater distances, namely 5000m and half marathon, in determining the  $V_4$ , simplifying the evaluation of these runners; (v) contrary to expected, the Tlim did not provide any relevant contribution in explanation the different levels of performance for each of the subject groups studied.

KEY WORDS: MIDDLE AND LONG DISTANCE RUNNING, ANAEROBIC PERFORMANCE, AEROBIC PERFORMANCE, ANAEROBIC THRESHOLD,  $v\dot{V}O_2\text{max}$



## Résumé

La performance sportive dans une course de fond et de demi-fond dépend du potentiel aérobie et anaérobie de chaque athlète. L'évaluation de ce potentiel pourra expliquer les différences de la performance compétitive, pouvant être considérée comme un instrument d'orientation décisif pour l'entraînement des coureurs selon la distance spécifique de la compétition.

L'objectif principal de notre étude consiste à appliquer quatre tests d'évaluation de prestation aérobie et anaérobie et à établir la relation de ces données avec la prestation chez les coureurs de différentes modalités de courses de fond et de demi-fond (800m, 1500m, 5000m et le demi-marathon).

80 athlètes masculins dont la moyenne d'âge est de  $26.4 \pm 4.3$  organisés en groupes de 20, selon la distance compétitive réalisée, ont servi de base à cette étude. Les 4 tests d'évaluation ont été réalisés avec un intervalle maximum de sept jours par rapport à la date de la compétition. Nous avons sélectionné les tests de terrain suivants: (i) du seuil d'anaérobie; (ii) vitesse correspondante au  $v\dot{V}O_2\text{max}$  ( $v\dot{V}O_2\text{max}$ ) déterminée par le teste de terrain de l'Université de Montreal (TTUM); (iii) Temps limite (Tlim) et (iv) test de deux vitesses.

Principaux résultats: (i) vitesse de compétition:  $6.90 \pm 0.32$  m/s (800m),  $6.32 \pm 0.16$  m/s (1500m),  $5.78 \pm 0.12$  m/s (5000m),  $5.17 \pm 0.50$  m/s (demi-marathon); (ii) vitesse de la course au 4 mmol/l de lactate ( $V_4$ ):  $4.82 \pm 0.19$  m/s (800)  $4.91 \pm 0.12$  m/s (1500m),  $5.23 \pm 0.28$  m/s (5000m),  $5.20 \pm 0.21$  m/s (demi-marathon); (iii) pour la  $v\dot{V}O_2\text{max}$ :  $5.80 \pm 0.22$  m/s (800m),  $5.84 \pm 0.26$  m/s (1500m),  $5.89 \pm 0.20$  m/s (5000m),  $5.87 \pm 0.20$  (demi-marathon); (iv) Tlim: 5min 39s  $\pm$  42s (800m), 5min 18s  $\pm$  59s (1500m), 5min 12s  $\pm$  37s (5000m) e 5min 9s  $\pm$  1min 53s (demi-marathon); (v)  $V_4$ , déterminé par le T2v:  $5.76 \pm 0.24$  m/s (800m);  $5.09 \pm 0.22$  m/s (1500m);  $5.28 \pm 0.21$  m/s (5000m) e  $5.27 \pm 0.26$  m/s (demi-marathon). Les résultats de la régression entre la compétition et: (i)  $V_4$ :  $r=0.87$ ,  $p<0.0001$  (1500m);  $r=0.89$ ,  $p<0.0001$  (5000m);  $r=0.95$ ,  $p<0.0001$  (demi-marathon) et nous n'avons pas trouvé de sens statistique avec l'épreuve de 800m ( $p>0.05$ ); (ii)  $v\dot{V}O_2\text{max}$ : 0.52,  $p<0.05$  (800m); 0.71,  $p<0.001$  (1500m); 0.67,  $p<0.001$  (5000m) et 0.79,  $p<0.001$  (demi-marathon); (iii) Tlim: le temps limite s'est uniquement mis en rapport de façon significative dans les distances de 5000m ( $r=0.51$ ,  $p>0.05$ ) et demi-marathon ( $r=0.48$ ,  $p<0.05$ ); (iv) la  $V_4$  déterminée par le T2v: 800 m ( $r=0.85$ ,  $p<0.0001$ ), 5000m ( $r=0.92$ ,  $p<0.0001$ ) et demi-marathon ( $r=0.92$ ,  $p<0.0001$ ), n'ayant pas de rapport significatif dans les 1500 m ( $p>0.05$ ).

Les principales conclusions de notre étude sont: (i) le seuil anaérobie est l'une des données qui différencie le mieux la capacité de la performance dans chaque groupe et dans toutes les distances évaluées spécialement dans les 5000 mètres et le demi-marathon. (ii) la vitesse  $v\dot{V}O_2\text{max}$  contribue à différencier différents niveaux de performance mais entre des athlètes ayant une valeur compétitive identique, elle est insuffisante pour expliquer les différents niveaux de prestation. D'un autre côté la  $v\dot{V}O_2\text{max}$  n'est pas le paramètre qui explique le mieux les différences de performance dans les 800 m et 1500 m ; (iii) dans l'épreuve de 800 m les inclinaisons des lignes droites formées par le T2v montrent une bonne capacité explicative de la performance entre les athlètes ayant un niveau identique, (iv) l'évaluation anaérobie réalisé grâce au T2v est particulièrement utile aux détails de la performance dans les 800 m Néanmoins le T2v semble être aussi utile en ce qui concerne l'étude des distances supérieures, c'est à dire dans les 5000 m et le demi-marathon, ainsi que dans la détermination de la  $V_4$  en simplifiant l'évaluation de ces coureurs; (v) le Tlim contrairement à ce qui était prévu, n'apporte aucune information importante qui nous permet d'expliquer les différents niveaux de prestation pour chacun de ces groupes.

MOTS-CLÉS : DEMI-FOND ET FOND, ÉVALUATION ANAÉROBIE, ÉVALUATION AÉROBIE, SEUIL ANAÉROBIC,  $VO_2\text{max}$ .



## Lista de abreviaturas

C800 – Competição de 800m.

C1500 – Competição de 1500m.

C5000 – Competição de 5000m.

C $\frac{1}{2}$ maratona – Competição de  $\frac{1}{2}$ maratona.

MAOD - Método do déficit acumulado de oxigénio

Maxlass - Estado máximo de equilíbrio de lactato

MFF - Meio fundo e fundo

T2v - Teste de duas velocidades

Tlim - Tempo limite

TTUM - Teste de terreno da Universidade de Montreal

V<sub>4</sub> - Velocidade de corrida correspondente a uma concentração sanguínea de 4 mmol/l de lactato

V<sub>5</sub> - Velocidade de corrida correspondente a uma concentração sanguínea de 5 mmol/l de lactato

V<sub>800</sub> – Velocidade corrida correspondente à prova de 800m.

V<sub>1500</sub> – Velocidade corrida correspondente à prova de 1500m.

V<sub>5000</sub> – Velocidade corrida correspondente à prova de 5000m.

V $\frac{1}{2}$ maratona – Velocidade corrida correspondente à prova de 800m.

v $\dot{V}O_2$ max – Velocidade corrida correspondente ao  $\dot{V}O_2$ max.

$\dot{V}O_2$ max – Consumo máximo de oxigénio.



# 1. INTRODUÇÃO



## 1. Introdução

A característica essencial de um corredor de MFF de elite reside na sua capacidade de realizar esforços mais ou menos prolongados, com uma elevada eficiência mecânica, solicitando elevadas taxas energéticas, sem comprometer equilíbrios necessários à manutenção do seu esforço. A capacidade competitiva desenvolvida pelos corredores de elite de MFF é, por vezes, surpreendente. Por exemplo, Haile Gebrselassie tem das melhores marcas mundiais de sempre em distâncias competitivas tão dispares como os 1500m (3min 31s76), 5000 (12min 39s36), 10000m (26min 22s75), Meia Maratona (58min 55s) e Maratona (2h 06min 20s). Daniel Komen tem sido outro exemplo com marcas verdadeiramente incríveis desde os 1500m (3min 29s46) aos 5000m (12min 39s74). A capacidade de vários atletas correrem tão rápido com um tempo de esforço inferior a 4min e serem capazes de correr a uma percentagem tão elevada da sua velocidade máxima de corrida por 2 ou mais horas é, sem dúvida, um desafio na análise das diferentes variáveis fisiológicas que interferem nestes resultados.

A tarefa de definir modelos de treino capazes de desenvolver adaptações tão diversas e transferíveis para diferentes distâncias, exige por parte do treinador uma avaliação constante do nível de rendimento dos seus atletas, bem como das adaptações que determinados modelos de trabalho provocam em cada corredor. Nesta perspectiva, a realização regular de um conjunto de avaliações que forneçam informações relevantes e de fácil interpretação e aplicação para o processo de treino, poderá ser determinante para uma correcta individualização do treino e adequação à distância competitiva eleita.

A realização de testes laboratoriais, ao nível da corrida, realizados em tapete rolante apresentam diversos problemas que dificultam a sua relação com resultados competitivos (Heck et al., 1985), bem como a sua utilização para a prescrição do treino. Deste modo, quando comparados com testes laboratoriais, os testes de terreno podem ser mais eficazes na determinação de velocidades de corrida a utilizar no treino (Fohrenbach et al., 1987), constituindo um importante auxílio ao treinador e ao atleta.

Vários investigadores têm-se concentrado nesta problemática (Mader, 1991; Santos, 1995; Billat, 1996; Jones, 1998; Billat et al., 2004), procurando encontrar os melhores parâmetros que permitam uma prescrição do treino mais eficazmente controlada. Contudo, nem sempre a utilização de instrumentação mais sofisticada está ao alcance de todos, pelo que a utilização de testes de terreno (Mader, 1991; Santos, 1995) será a solução mais viável e inquestionavelmente mais eficaz para avaliação dos atletas já que fornece dados de grande aplicabilidade prática. Para tal, podemos-nos munir de alguns testes de grande interesse, para avaliar os níveis de prestação aeróbia e anaeróbia de um corredor obtendo dados suficientemente esclarecedores acerca da evolução de ambos os sistemas num corredor. O nível de fiabilidade dos testes de terreno poderá não ser tão elevada, contudo os resultados tornam-se mais validos graças à maior especificidade. Os testes de terreno permitem-nos comparações robustas com os resultados competitivos, permitindo assim evidenciar a forma como a evolução dos diferentes parâmetros se relaciona com a *performance*. Para tal podemos ainda relacionar os resultados dessas avaliações em atletas de diferentes disciplinas, por forma a melhor compreender de que modo esse conjunto de testes de terreno poderão ser maximizados. A este respeito Daniels (1998) é bem explícito ao referir a importância de relacionar os resultados competitivos com testes de terreno, deixando a avaliação laboratorial para momentos pontuais. Deste modo, os testes de terreno poderão colaborar com os testes laboratoriais de modo a enriquecer os resultados de avaliação de atletas e assumir uma mais valia para o treinador no acompanhamento longitudinal dos seus atletas.

A maioria dos estudos que têm sido realizados na avaliação de corredores de meio-fundo e fundo, incidem ou na avaliação da prestação aeróbia (Santos, 1995) ou anaeróbia (Billat et al., 1996), ou por outro lado, focam uma determinada distância competitiva (Bragada, 2003; Jones, 1998), sendo mais escassos os estudos que avaliem os níveis de prestação aeróbia e anaeróbia em corredores de diferentes disciplinas.

A avaliação regular dos níveis de prestação aeróbia e anaeróbia permite-nos explicar diferentes níveis de rendimento desportivo em diferentes distâncias e os respectivos níveis de dependência de cada prova em relação aos dois sistemas energéticos. Este tipo de avaliações permitirão uma redefinição constante

do acto prescritivo do treino e um enquadramento mais eficaz dos atletas nas distâncias competitivas que mais se adequam às suas capacidades num determinado momento da sua carreira desportiva.

O reduzido nível desportivo dos atletas Portugueses em determinadas distâncias competitivas, nomeadamente de meio-fundo curto, reforça a necessidade de levar mais longe o processo de avaliação fisiológica, de forma a poder entender-se o que estará a impedir o aparecimento de resultados no meio-fundo curto, comparativamente com os resultados que temos tido nas distâncias mais longas.

Este trabalho pretende assim, constituir mais um contributo para a implementação de metodologias correctas e tão operacionais quanto possível de avaliação de corredores de meio-fundo e fundo, visando um contributo claro na facilitação do acto prescritivo do treino e de uma individualização crescente do processo de treino.

Assim, o objectivo principal do presente estudo consiste na aplicação de 4 testes de avaliação da prestação aeróbia e anaeróbia ( $V_4$ , TTUM, Tlim e T2v) e em estabelecer a relação destes parâmetros com a prestação em corredores de diferentes disciplinas de MFF (800m, 1500m, 5000m e ½ maratona). Consideramos ainda como objectivos secundários: (i) verificar a sensibilidade dos testes seleccionados para explicar diferentes níveis de prestação em cada uma das disciplinas de MFF escolhidas; (ii) determinar possíveis inter-relações entre os testes seleccionados; (iii) determinar o possível poder preditivo dos diferentes parâmetros quando relacionados entre si para cada disciplina de meio fundo e fundo.

A partir destes objectivos formulámos as seguintes hipóteses: (i) o limiar anaeróbio é o parâmetro que melhor explica diferentes níveis de prestação nas provas de 5000m e ½ Maratona; (ii) a  $v\dot{V}O_2\text{max}$  é o parâmetro que melhor se correlaciona com a capacidade de rendimento nas provas de 800m e 1500m; (iii) na competição de 800m os parâmetros anaeróbios associados ao T2v explicam, em grande parte, as diferenças de resultados nesta distância; (iv) a avaliação anaeróbia tende a perder relação com o resultado competitivo em todas as distâncias competitivas superiores a 800m; (v) o Tlim, parece ser capaz de

distinguir diferentes capacidades de rendimento entre atletas com valores semelhantes de  $\dot{V}O_2\text{max}$  constituindo deste modo um parâmetro relevante para diferenciar níveis de rendimento.

Este trabalho está estruturado em 5 capítulos organizados da seguinte forma:

Capítulo 1 (Introdução) – Apresenta o enquadramento prático e teórico que levou à realização deste trabalho, referindo a pertinência deste estudo, os objectivos e hipóteses do trabalho e ainda a sua estruturação.

Capítulo 2 (Revisão bibliográfica) – Este capítulo, depois de caracterizar o esforço de cada disciplina de MFF, apresenta diferentes testes de avaliação aeróbia e anaeróbia. Na caracterização dos diferentes testes, direccionamos a revisão principalmente para os testes de terreno que terão maior ênfase ao longo do nosso trabalho. A grande heterogeneidade de conceitos e métodos de avaliação levaram a que nos tivéssemos concentrado nos mais referenciados.

Capítulo 3 (Objectivos e Hipóteses) - Apresentamos os objectivos e hipóteses do nosso trabalho.

Capítulo 4 (Material e métodos) – Os atletas da amostra estudada são devidamente caracterizados e são descritas as metodologias dos diferentes testes de avaliação e ainda os procedimentos matemáticos e estatísticos utilizados ao longo do trabalho.

Capítulo 5 (Resultados) – São apresentados os resultados das várias avaliações realizadas durante o estudo e do tratamento estatístico efectuado.

Capítulo 6 (Discussão) – Neste capítulo são discutidos os principais resultados obtidos, tendo em conta o quadro teórico nacional e internacional de referência.

Capítulo 7 (Conclusões) – Apresentam-se as principais conclusões do trabalho, como resultado final da discussão desenvolvida no capítulo anterior.

Capítulo 8 (Bibliografia) – Neste capítulo encontram-se as referências bibliográficas correspondentes à pesquisa efectuada para a realização deste estudo.



## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA



## 2. Revisão bibliográfica

### 2.1. Caracterização das provas de MFF.

#### 2.1.1. A prova de 800m.

A competição de 800m caracteriza-se por um tempo de esforço que pode ir de 1min e 41s (recorde mundial – 1min 41s11) a um tempo superior a 2 min, consoante o nível desportivo dos atletas. Deste modo, um especialista de bom nível competitivo nesta distância terá de ser capaz de produzir taxas elevadas de energia, recorrendo tanto ao sistema aeróbio como anaeróbio. Quando observamos que os corredores de alto nível de 800m são capazes de percorrer os 400m entre 45 a 46s (8.6 a 8.8 m/s) e que percorrem a distância de 800m a 7.86 m/s, facilmente podemos verificar a importância de se ter ambos os sistemas (aeróbio e anaeróbio) fortemente potenciados. Contudo, são notórias as distintas percepções que diferentes autores têm acerca da importância de ambos os sistemas nesta distância (quadro 1). Estes factos levam a que os corredores de 800m se caracterizem por serem atletas que podem obter resultados de relevo tanto na prova de 400m como na de 1500m, havendo mesmo corredores de 400m que progridem para os 800m (Boyle, 1997), como corredores desta distância que passam a ser corredores de 1500m (NSA, 1996). Vários atletas acabam por desistir de treinar e competir na distância de 800m por não conseguirem recrutar rapidamente os sistemas energéticos anaeróbios capazes de lhes fornecer a energia necessária para terminar uma prova já por si percorrida a ritmos tão elevados (Wilson, 1988). Por outro lado a observação de que a intensidade relativa de esforço nas provas de 800m e 1500m (%  $VO_2max$ ) parece estar particularmente próxima, pode ajudar a explicar a facilidade com que alguns corredores de 800m passam a competir nas provas de 1500m (Spencer e Gatin, 2001). Aliás, investigações mais recentes (Spencer e Gatin, 2001), parecem indicar que o sistema aeróbio na distância

de 800m, parece ter uma maior influência no rendimento destes atletas do que anteriormente se pensava.

**Quadro 1** – Valor percentual atribuído à contribuição de cada um dos sistemas energéticos na prova de 800m, segundo diversos autores.

Autores	Anaeróbio	Aeróbio
Heazlewood (1984)	85%	15%
Lacour et al. (1990b)	41%	59%
Faccioni (1991)	65%	35%
Newsholme et al. (1992)	50%	50%
Elrick, (NSA, 1996)	55%	45%
Gamboa et al. (NSA, 1996)	65%	35%
Martin et al. (NSA, 1996)	57% (1 <sup>os</sup> 400m) 65% (2 <sup>os</sup> 400m)	43% (1 <sup>os</sup> 400m) 35% (2 <sup>os</sup> 400m)
Paterson et al. (NSA, 1996)	60%	40%
Piqueras et al. (NSA, 1996)	65%	35%
Schmidt et al. (NSA, 1996)	50%	50%
Spencer et al. (1996)	31%	69%
Vittori et al. (NSA, 1996)	65%	35%
Craig e Morgan (1998)	30-40%	60-70%
Sleivert (1997)	50%	50%
Brook (1998)	65%	35%
Foss e Keteyian (1998)	65%	35%
Hill (1999)	29-44%	56-71%
Spencer e Gustin (2001)	34%	66%
Duffield et al. (2005a)	40%	60%

A disparidade de valores propostos por diferentes autores mostra claramente que não se pode atribuir a predominância de um sistema sobre o outro na prova de 800m. Por outro lado, estes resultados obrigam-nos a repensar a acuidade metodológica e instrumental da investigação, bem como das concepções de base subjacentes aos respectivos cálculos que poderão constituir, em alguns casos, justificações para estas diferenças.

Neste sentido, vários dos métodos utilizados no passado para quantificar a energia anaeróbia utilizada em diferentes tipos de esforços, não seriam tão precisos (Gustin, 2001b), o que terá provocado diferentes valores percentuais, atribuídos por diferentes autores, à contribuição da prestação anaeróbia em actividades desportivas de grande intensidade. Por exemplo, o valor máximo de lactato obtido no final de um esforço intenso de curta duração, foi várias vezes utilizado como sendo capaz de medir a quantidade de energia anaeróbia

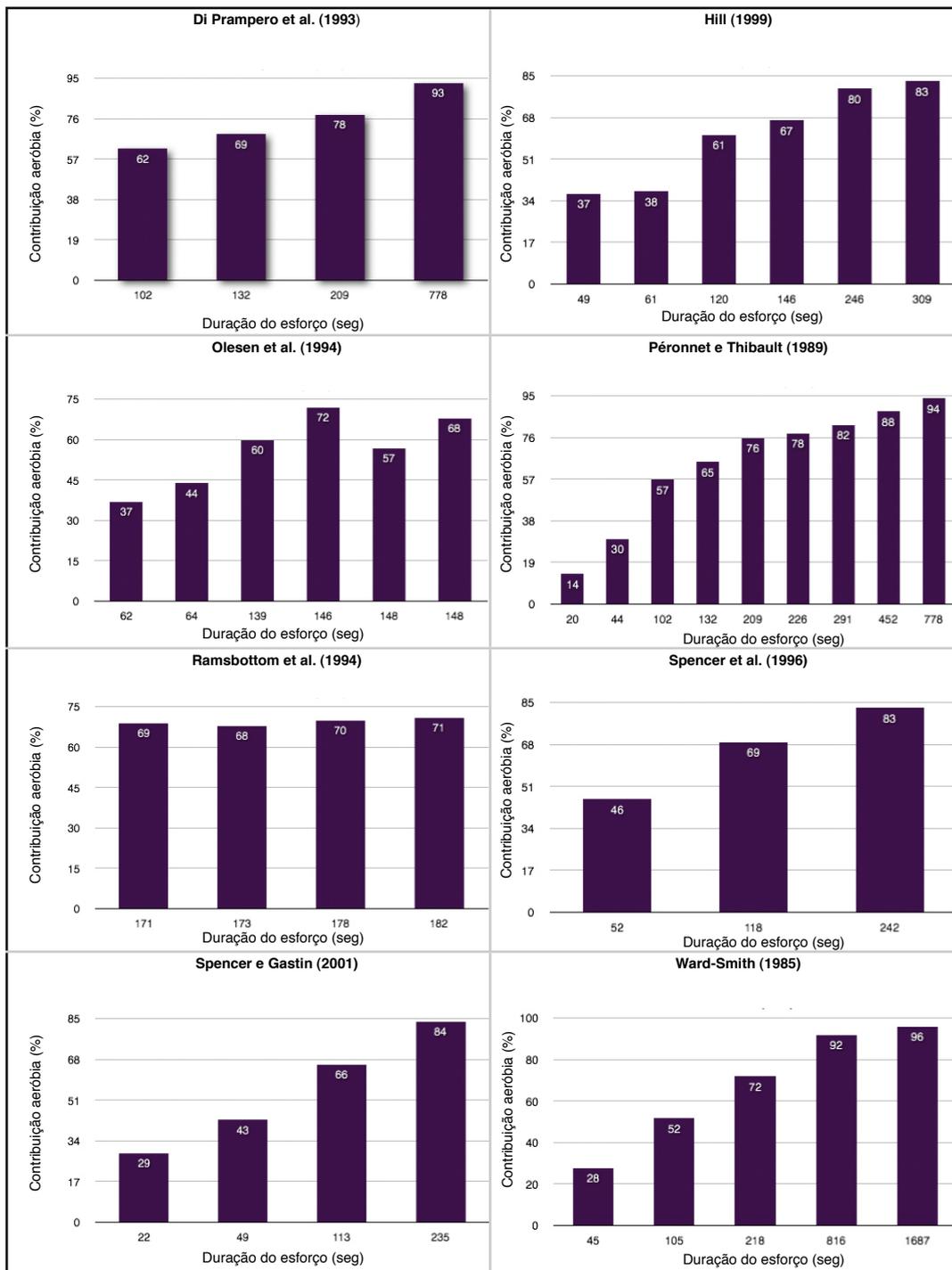
utilizada durante o exercício (Jabobs, 1986). Contudo, e apesar dos resultados e propostas de Di Prampero et al. (1993), a utilização de lactato sanguíneo de modo a poder quantificar a energia anaeróbia utilizada tem de ser feita com algum cuidado, já que, o lactato máximo obtido no final de um esforço com características anaeróbias, não parece ter poder discriminatório de rendimento entre atletas cujos resultados dependam desta fonte energética (Colaço et al., 2002; Duffield et al., 2005a), apesar de alguns estudos anteriores terem mostrado alguma relação entre as concentrações máximas de lactato sanguíneo e o resultado alcançado em provas de 400m (Lacour et al., 1990a; Hill, 1999).

Temos, contudo, de ter em conta que a prova de 800m assume características distintas dos primeiros para os segundos 400m, o que pode naturalmente fazer variar a contribuição energética nestas duas voltas (NSA, 1996). Com efeito, os segundos 400m serão provavelmente mais anaeróbios, tendo em conta que o atleta os inicia com maior acidose láctica que vai ter de tolerar durante toda a segunda parte da competição. Este poderá, eventualmente, ser um factor importante para justificar as diferenças encontradas pelos diversos autores relativamente à contribuição aeróbia e anaeróbia em provas de 800m.

Por outro lado, a tipologia do treino anterior do atleta poderá igualmente promover algumas diferenças quanto às solicitações energéticas para o mesmo esforço. Este dado é-nos sugerido pelos resultados de um estudo de Medbø & Sejersted (1985), no qual corredores treinados aerobicamente evidenciam uma solicitação aeróbia superior (50%), quando comparados com velocistas (44%), para um tempo de esforço muito semelhante (55 e 57s respectivamente). Resultados semelhantes foram encontrados por Nummela e Rusko (1995), em que corredores de meio fundo e velocistas num esforço de 50s apresentam um contributo aeróbio respectivamente de 46 e 37%. Deste modo, um corredor de 800m que tenha progredido dos 400m, aparentemente, poderá assegurar o seu rendimento nesta distância, em grande parte, pelo metabolismo anaeróbio, ao contrário de outros corredores que desenvolveram a sua formação nas disciplinas de meio fundo e que por isso poderão fazer depender mais o seu rendimento do metabolismo aeróbio.

Contudo, não podemos deixar de ter em conta que a maior parte dos estudos realizados com vista a determinar a contribuição do metabolismo aeróbio para diferentes tempos de esforço máximo de corrida, sugerem uma influência muito elevada deste metabolismo, mesmo para durações de esforço normalmente mais associados ao metabolismo anaeróbio (figura 1). Num estudo recente (Duffield et al., 2005a) realizado com corredores de 400m e 800m, a relação da contribuição dos sistemas aeróbio/anaeróbio não podia ser mais relevante (41/59% nos 400m e 60/40% nos 800m), evidenciando o facto de, quanto maior a duração de um esforço, maior será o contributo aeróbio.

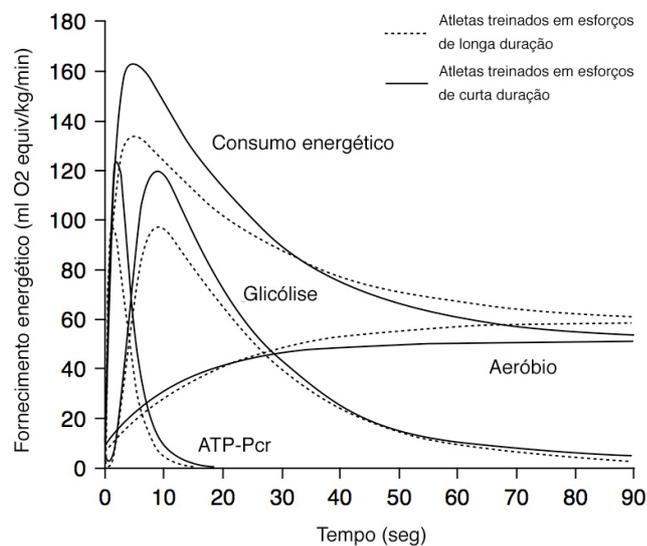
Deste modo, fica bem vincada a necessidade de se desenvolverem ambos os sistemas energéticos e avaliá-los com regularidade, de forma a relacionar a sua evolução ao longo da carreira desportiva de um atleta, e a interferência de um em relação ao outro. Por esta ser uma distância corrida a elevadas velocidades levantam-se mais dúvidas quanto à solicitação energética durante a prova. Contudo, diversos estudos (Lacour et al., 1990b; Di Prampero et al., 1993; Spencer e Gatin, 2001), sugerem a necessidade de se formar os treinadores no sentido de valorizarem, no acto prescritivo do treino, a influência do metabolismo aeróbio nestes corredores, contrariando muitas das crenças actuais dos treinadores (NSA, 1996). Contudo, não podemos deixar de ter em consideração que a relevância do metabolismo anaeróbio no corredor de 800m, poderá ser o factor decisivo na disputa final de uma corrida.



**Figura 1** – Valores relativos de contribuição do sistema energético aeróbio, estimados durante diferentes tempos de corrida de intensidade máxima, segundo vários autores.

A grande diversidade de resultados, algo contraditórios, acerca da solicitação energética para esforços de 1 a 2min, gera dificuldades evidentes numa definição clara de qual será o sistema que maior interferência terá na corrida de

800m e a partir de que momento de esforço se dá a mudança na predominância de um em relação ao outro. Diversos autores sugerem que o ponto de mudança do metabolismo aeróbio/anaeróbio ocorrerá entre os 90 e 120s de esforço (Bouchard et al., 1991; Brooks et al., 2000). Contudo, estudos mais recentes apontam para que esse momento de alteração de predominância dos sistemas energéticos possa ocorrer próximo dos 30s de esforço (figura 2), momento a partir do qual o sistema aeróbio se tornará progressivamente mais predominante (Spencer e Gastin, 2001).



**Figura 2** – Contribuição relativa dos 3 sistemas energéticos para o fornecimento energético total, durante um esforço máximo de 90s em bicicleta (Adaptado de Gastin, 2001a).

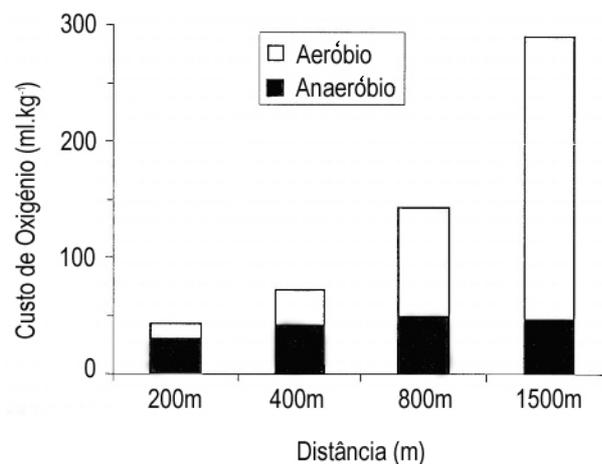
Se tivermos em conta que um esforço máximo de 22s já pode ter uma participação do metabolismo aeróbio de 29% (Spencer e Gastin, 2001), e que em 118s teremos 69% de contribuição aeróbia (Spencer et al., 1996), então qualquer prova de meio fundo obrigará atletas e treinadores a terem uma atenção muito particular no desenvolvimento da prestação aeróbia, procurando adaptar o treino de acordo com a magnitude de influência do metabolismo aeróbio no rendimento de cada disciplina de MFF. Esta disparidade de resultados cria uma controvérsia que deve obrigar-nos a uma atenção particular no processo de treino de corredores de 800m. É verdade que é mais fácil um corredor de 800m realizar provas de maior dependência aeróbia (1500m) do que provas de maior dependência anaeróbia (400m). De facto, a evidência

prática parece mostrar-nos que dificilmente um corredor de 400m consegue simultaneamente ser um bom corredor de 800m, o que já não acontece em relação aos 800/1500m. Este facto, sugere que o corredor de 800m terá uma forte dependência do metabolismo aeróbio que o tornará capaz de obter bons níveis de resultados numa distância de maior predominância aeróbia.

A controvérsia destes resultados e as propostas de diferentes autores, deverão constituir um ponto de reflexão e a consciência de que a variabilidade no recurso a ambos os sistemas poderá ser muito diversificada, de acordo com a tipologia de treino de cada corredor e a forma como este organiza a sua competição de 800m. Não será por isso casual que as disciplinas de meio fundo se iniciem precisamente na distância de 800m.

### 2.1.2. A prova de 1500m.

A prova de 1500m, apesar da elevada intensidade a que é percorrida e de ter quase o dobro da distância relativamente aos 800m, parece não ter uma contribuição energética anaeróbia mais elevada (Spencer e Gatin, 2001). De facto, o que parece marcar a diferença entre estes corredores consistirá mais na melhoria da prestação aeróbia, que terá uma contribuição consideravelmente maior na competição de 1500, quando comparada com a prova de 800m (figura 3).



**Figura 3** – Contribuição aeróbia e anaeróbia absoluta para o custo total de oxigénio para as provas de 200m, 400m, 800m e 1500m (Spencer e Gatin, 2001).

Aliás, se verificarmos a influência que cada um dos sistemas tem ao longo das provas de 800m e 1500m, facilmente podemos verificar que para o mesmo tempo de esforço, a contribuição aeróbia é superior na prova de 1500m, quando comparada com a de 800m (quadro 2).

**Quadro 2** – Contribuição energética relativa do sistema aeróbio, estimada em diferentes fases nas provas de 800m e 1500m.

<b>Autores</b>	<b>Prova</b>	<b>0-30s</b>	<b>30-60s</b>	<b>60-90s</b>	<b>90-120s</b>	<b>120-150s</b>	<b>150-180s</b>
Spencer e Gatin (2001)	800m	41%	73%	76%	76%		
	1500m	57%	84%	87%	88%	89%	89%

De facto, parece evidente que a prestação anaeróbia não parece relacionar-se com o sucesso alcançado em provas de 1500m (Almarwaey et al., 2003), o que justifica um maior investimento de tempo no desenvolvimento da prestação aeróbia no corredor de 1500m, quando comparado com o especialista de 800m (quadro 3). Como pudemos constatar anteriormente, a quantidade de energia anaeróbia utilizada nas provas de 400m, 800m e 1500m é muito similar, variando fundamentalmente na taxa a que é recrutada, que é menor na prova de 1500m, na qual se dá um grande aumento na utilização de energia aeróbia (Gatin, 2001a).

**Quadro 3** – Valor percentual correspondente à contribuição relativa de cada um dos sistemas energéticos na prova de 1500m, segundo vários autores.

<b>Autores</b>	<b>Anaeróbio</b>	<b>Aeróbio</b>
Newsholme et al. (1992)	25%	75%
Hill (1999)	14-24%	76-86%
Spencer e Gatin (2001)	16%	84%
Duffield et al. (2005b)	23%	77%

Não podemos, contudo, esquecer que o nível de prestação anaeróbia poderá ser relevante na competição de 1500m, em fases da corrida em que se torne taticamente importante para o atleta assumir velocidades de corrida mais elevadas, nomeadamente no final da competição.

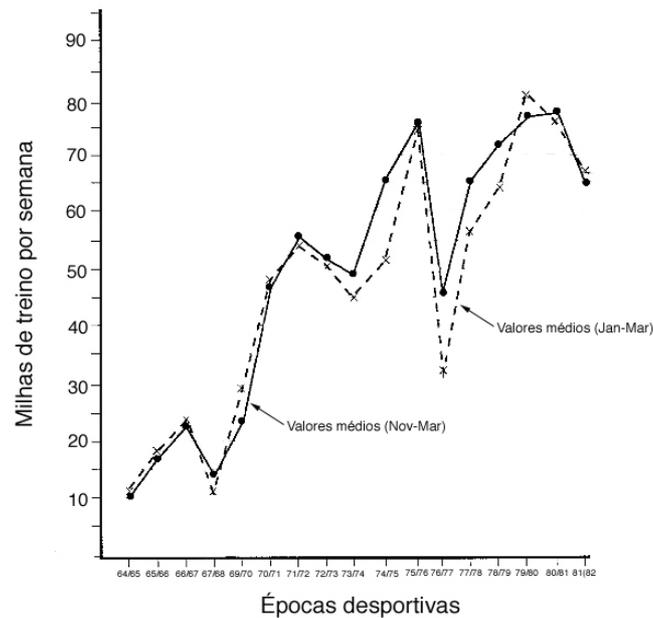
### 2.1.3. A prova de 5000m.

Se, no caso dos corredores de 1500m, podemos verificar que o sistema aeróbio é o principal sistema que assegura a produção de energia, no caso dos corredores de 5000m este facto é ainda mais evidente (quadro 4). Aliás, se observarmos os recordes mundiais das diferentes disciplinas podemos verificar excelentes relações entre elas (Noakes, 2000), que evidenciam que o sistema anaeróbio é recrutado nas competições de 1500m até aos 10000m de uma forma constante e independente da distância competitiva, sendo o sistema aeróbio (nas suas várias expressões específicas) que irá determinar as diferenças existentes entre corredores de diferentes distâncias de meio fundo (Ward-Smith, 1999).

**Quadro 4** – Valor percentual atribuído à contribuição de cada um dos sistemas energéticos na prova de 5000m, segundo vários autores.

<b>Autores</b>	<b>Anaeróbio</b>	<b>Aeróbio</b>
Newsholme et al. (1992)	12.5%	87.5%
Marajo et al. (1994)	20%	80%
Brook (1998)	20%	80%

Não será, por isso, estranho verificar que corredores de elite, foram capazes, ao longo da sua carreira, de se tornarem nos melhores corredores mundiais de 5000, estimulando progressivamente o sistema aeróbio através de um aumento de volumes globais de corrida (figura 4).



**Figura 4** – Volumes de treino semanais, durante o período preparatório de Inverno, do atleta Dave Moorcroft ao longo de 17 anos de treino (Adaptado de Poole, 1999).

Os volumes, já relativamente elevados, de treino de corrida, são comuns à maior parte dos atletas de elite mundial de 5000m (Tjelta e Enoksen, 2000) e parecem ser capazes de lhes desenvolver as adaptações necessárias para a obtenção de bons resultados num esforço, com uma solicitação aeróbia já muito relevante (Brook, 1998).

#### 2.1.4. A prova de 1/2 maratona.

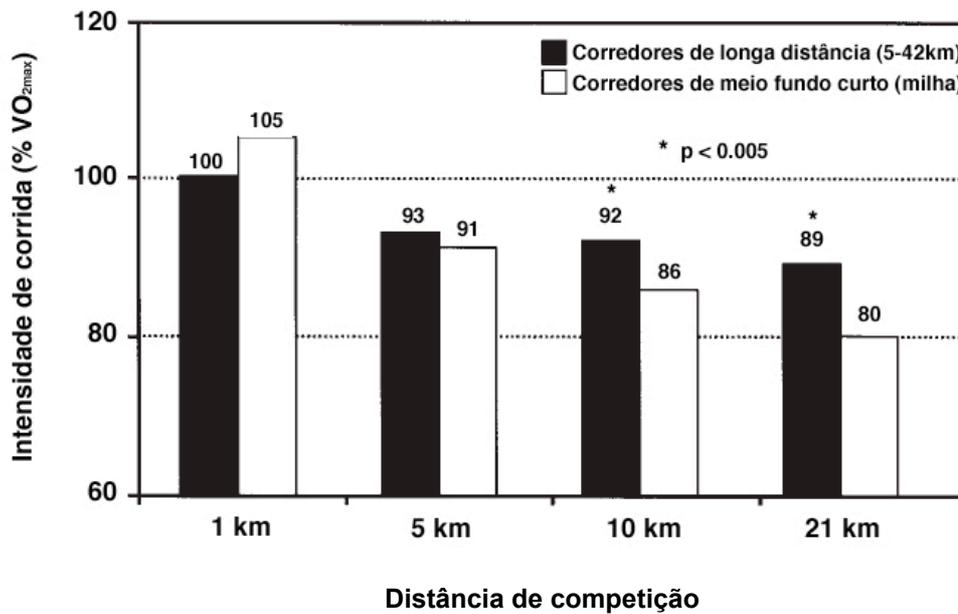
Nesta distância competitiva, os níveis de prestação aeróbia dos corredores ganham ainda maior relevo, constituindo o sistema energético claramente predominantes nesta distância (quadro 5).

**Quadro 5** – Valor percentual atribuído à contribuição de cada um dos sistemas energéticos na prova de meia maratona, segundo vários autores.

<b>Autores</b>	<b>Anaeróbio</b>	<b>Aeróbio</b>
Newsholme et al. (1992)	0-3%	97-100%
Brook (1998)	5-10%	90-95%
Péronnet et Thibault (1989)	5-10%	90-95%

Contudo, os resultados obtidos por alguns dos melhores atletas mundiais da actualidade (Haile Gebrselassie, Daniel Komen, Kenenisa Bekele, entre outros) têm vindo a mostrar uma nova realidade nas disciplinas de meio fundo. Com muita frequência assistimos a atletas que obtêm dos melhores resultados de sempre em distâncias que vão dos 800m ao 10000m, havendo mesmo cada vez mais casos de atletas que passam para as competições de ½ maratona e maratona com resultados surpreendentes. Assistimos, deste modo, a uma nova classe de corredores de meio fundo e fundo, capazes de correr ao melhor nível em corridas com uma duração entre 90s (800m) a 4min (1500m e milha) e de conseguirem igualmente correr a uma elevada velocidade durante duas horas ou mais.

Quando verificamos as diferenças de rendimento em diferentes distâncias de meio fundo e fundo realizadas por corredores de meio fundo curto comparativamente com corredores de distâncias superiores a 5000m, verificamos que, à medida que a distância de prova aumenta, os atletas de longa distância são substancialmente mais rápidos a partir dos 5000m, apesar de possuírem valores de  $\dot{V}O_2\text{max}$  idênticos aos corredores de meio fundo curto (figura 5).



**Figura 5** – Intensidade de esforço (%VO<sub>2max</sub>) mantida por dois grupos de corredores de elite em diferentes distâncias de prova. De realçar que os corredores de longa distância mantêm uma intensidade de corrida significativamente mais elevada em todas as distâncias a partir dos 10000m (Adaptado de Saltin et al., 1995).

De facto, os corredores nas distâncias mais longas parecem distinguir-se mais pela sua capacidade de manterem uma elevada intensidade de corrida por mais tempo, conseguindo correr a taxas elevadas do seu  $\dot{V}O_{2max}$ , em exercício prolongado. Este parece ser o factor que mais distingue a capacidade de rendimento de corredores nas distâncias mais longas (Noakes, 2000; Berg, 2003).

Aliás, quando comparamos atletas africanos de alto nível, que dominam as competições de MFF a nível mundial, com atletas não africanos, podemos verificar que a maior resistência à fadiga em esforços de longa duração, entre outros factores, está igualmente associada a uma maior capacidade de manter um elevado valor percentual do seu  $\dot{V}O_{2max}$ , sem que se encontrem diferenças ao nível do  $\dot{V}O_{2max}$  que justifiquem maior capacidade competitiva (Coetzer et al., 1993).

Estes dados sugerem-nos que o treino de corredores de distâncias a partir dos 5000m e particularmente dos 10000m à maratona, deve orientar-se no

sentido não de procurar melhorias ao nível do  $\dot{V}O_2\text{max}$ , mas sim de os tornar capazes de correr a percentagens de velocidade cada vez mais elevadas relativamente ao  $\dot{V}O_2\text{max}$ , e procurar mantê-las por períodos de tempo mais longos.

## 2.2. – Avaliação da prestação aeróbia

### 2.2.1. - O limiar anaeróbio

#### 2.2.1.1. - Introdução

O correcto estabelecimento do volume e intensidade das cargas de treino assume uma importância fundamental no sucesso em provas de MFF. A intensidade do esforço pode ser quantificada e medida recorrendo a vários parâmetros e indicadores como o consumo de  $O_2$  (Wasserman e McIlroy, 1964; Davis et al., 1976; James et al., 1985), frequência cardíaca (Conconi et al., 1982), relação lactato/ $VO_2$  (Berg et al., 1980) e lactato sanguíneo (Mader et al., 1976), entre outros. Contudo, em relação ao consumo de  $O_2$ , a taxa de absorção de  $O_2$  não é constante durante o exercício, especialmente acima do limiar anaeróbio, não sendo capaz de explicar, por si só, a utilização energética acima destas condições de esforço (Svedahl e MacIntosh, 2003), tão importante no treino de corredores de MFF. A determinação do limiar ventilatório<sup>1</sup>, coloca igualmente problemas pela dificuldade que, por vezes, se encontra em definir um ponto claro de rotura nos resultados ventilatórios e pelo facto da interpretação dos dados não ser completamente objectiva (Yeh et al., 1983; Powers et al., 1984). Quando a intensidade do exercício se aproxima do  $\dot{V}O_2\text{max}$ , o consumo de  $O_2$  aumenta mesmo quando são mantidas as condições

---

<sup>1</sup> - O limiar ventilatório corresponde à intensidade de exercício à qual o aumento na ventilação se torna desproporcional ao aumento da potência ou velocidade de locomoção, durante um teste incremental.

de esforço (Gaesser e Poole, 1996)<sup>2</sup>. Por outro lado, apesar de durante muitos anos, o  $\dot{V}O_2\text{max}$  ter sido considerado o melhor meio para avaliar a prestação aeróbia (Heck et al., 1985), a verdade é que, especialmente para cargas iguais ou superiores a 10min, o  $\dot{V}O_2\text{max}$  tem-se mostrado um critério insuficiente para a avaliação aeróbia (Heck et al., 1985; Grant et al., 1997). Frequentemente, encontramos estudos (Hardman e Williams, 1983; Acevedo e Goldfarb, 1989) em que a melhoria dos níveis aeróbios dos atletas, nem sempre é acompanhada de incremento nos valores de  $\dot{V}O_2\text{max}$ . Aliás, as respostas longitudinais ao treino, por parte do  $\dot{V}O_2\text{max}$ , não são muito evidentes (Demarle et al., 2003), sendo por vezes necessários anos de treino para que ocorram alterações e frequentemente, os valores determinados apresentam correlações muito fracas com o resultado desportivo (Conley e Krahenbuhl, 1980; Sjödín e Svedenhag, 1985). Por fim, existem estudos (Conley e Krahenbuhl, 1980; Murase et al., 1981<sup>3</sup>; Hagberg e Coyle, 1983; Saltin et al., 1991) que mostram que atletas com níveis de rendimento muito distintos, podem ter valores de  $\dot{V}O_2\text{max}$  muito semelhantes.

No que diz respeito à frequência cardíaca, frequentemente utilizada por treinadores para controlo do treino, parece igualmente não ser o meio mais apropriado ou preciso para expressar intensidades de esforço, já que ocorrem diversas alterações no ritmo cardíaco mesmo abaixo do limiar anaeróbio (Lajoie et al., 2000), para além da grande variabilidade diária e inter-individual que podemos obter na frequência cardíaca para uma determinada intensidade de esforço (MacIntosh et al., 2002). Além disso, é frequente obtermos, com aumentos significativos de intensidade de esforço, um aumento reduzido de batimentos cardíacos por minuto, que dificultam a discriminação de diferentes intensidades através deste indicador (Jones, 1998). Por fim, a influência de vários factores (temperatura, nível de hidratação, factores emocionais, entre outros), leva-nos a considerar a frequência cardíaca apenas como um meio complementar de controlo do treino de reduzida validade para determinar o

---

<sup>2</sup> Este aumento é designado por componente lenta do  $O_2$  e pode ocorrer igualmente quando a intensidade é superior ao limiar anaeróbio (Jones et al., 1999b).

<sup>3</sup> - Neste estudo foram comparados atletas juniores com atletas seniores de elite que, apesar de terem idades e resultados desportivos muito distintos, apresentavam valores similares de  $\dot{V}O_2\text{max}$ .

conceito de limiar anaeróbio (Jones e Doust, 1996; Bosquet et al., 2002).

Tendo em conta as limitações dos indicadores atrás referidos, a formação e o aparecimento de lactato na corrente sanguínea e a sua relação com a intensidade e duração de esforço, têm assumido uma enorme importância na avaliação e controlo do treino, especialmente através do conceito de limiar anaeróbio. A este respeito, tem sido considerada mais vantajosa a sua avaliação com o recurso a indicadores metabólicos em detrimento de determinações indirectas (Grant et al., 1997). Neste sentido, o limiar anaeróbio pode reflectir o ponto em que a remoção de lactato no organismo está saturada (Palmer, 1997). A partir deste momento, em que não é possível aumentar mais a taxa de remoção do lactato do organismo, qualquer aumento de intensidade do esforço provocará um subsequente aumento da lactatémia. A intensidade do esforço imediatamente anterior a este aumento é normalmente interpretada como o limiar anaeróbio (Mader, 1991).

#### 2.2.1.2. - O Conceito

Em termos históricos, o conceito de limiar anaeróbio ganhou relevância quando se verificou que o indicador habitualmente mais utilizado como preditor de sucesso em esforços de longa duração ( $\dot{V}O_2\text{max}$ ), evidenciava uma forte relação com a prestação competitiva (Farrel et al., 1979; Kumagai et al., 1982), especialmente quando se comparavam atletas com valores de  $\dot{V}O_2\text{max}$  relativamente semelhantes (Costill et al., 1973; Hagberg e Coyle, 1983). Por outro lado, os atletas que competem a uma maior fracção do seu  $\dot{V}O_2\text{max}$  eram os que obtinham melhores prestações em esforços de longa duração mesmo entre atletas de elevado nível (Costil et al., 1973; Sjodin e Svedenhag, 1985). De facto, a comparação de atletas bem treinados com maratonistas de elite é esclarecedora em relação a esta questão, já que os segundos conseguem ter o seu limiar anaeróbio relativamente ao seu  $\dot{V}O_2\text{max}$  cerca de 5% mais elevado (Costill e Fox, 1969). Nesta perspectiva, vários estudos têm demonstrado que

o limiar anaeróbio<sup>4</sup> fornece-nos uma boa estimativa da fracção do  $\dot{V}O_2\text{max}$  que pode ser mantido durante esforços prolongados (Coyle et al. 1988; Basset e Howley, 2000), e que a melhoria, promovida neste âmbito, é mais efectiva no aumento da capacidade de prestação do que o aumento do  $\dot{V}O_2\text{max}$  propriamente dito (Mader 1991; Jones, 1998). É igualmente conhecido o efeito que o treino de duração provoca no aumento do valor percentual a que ocorre o limiar, relativamente ao  $\dot{V}O_2\text{max}$  (Hurley et al. 1984; Jones, 1998). Deste modo, o exercício pode ser realizado a uma certa intensidade crítica com reduzidos valores de acumulação de lactato no sangue (Davis et al., 1976; Heck et al., 1985)

O termo limiar anaeróbio surgiu porque a acumulação de lactato foi inicialmente associada à hipóxia tecidual que ocorria a partir de uma dada intensidade de exercício, provocando um recurso mais acentuado da glicólise (Connet et al., 1984). No entanto, apesar de vários estudos terem vindo a contrariar este facto, demonstrando que a produção láctica ocorre mesmo sem ser atingida a  $PO_2$  crítica mitocondrial (Green et al., 1979; Connet et al., 1984; Brooks et al., 2000), o termo limiar anaeróbio continua a ser frequentemente utilizado pela grande maioria dos treinadores e fisiologistas. De facto, é importante ter em conta que o ácido láctico pode ser formado no músculo mesmo quando existem quantidades adequadas de  $O_2$  (Richardson et al., 1998). Hogan (2001) mostrou que não é obrigatoriamente uma falta de  $O_2$  que estimula a glicólise e origina a formação de lactato, pelo que não podemos considerar que a formação de ácido láctico ocorra necessariamente na ausência de  $O_2$ . Porém quando se atinge uma  $PO_2$  mitocondrial crítica, ocorrerá a formação de ácido láctico (Brooks, 2000).

Assim, o uso mais comum deste termo, surge para descrever a carga de esforço mais elevada que gera um valor constante de lactato no sangue (Heck et al., 1985). Acima desse nível, qualquer incremento da intensidade do exercício poderá determinar a diminuição de rendimento.

Por isto, actualmente, o limiar anaeróbio é considerado um instrumento fundamental e indispensável na avaliação e controlo do treino em MFF, sendo

---

<sup>4</sup> - Neste caso referimo-nos ao limiar láctico - intensidade do exercício a partir da qual está associado um aumento substancial no lactato sanguíneo, durante um teste incremental.

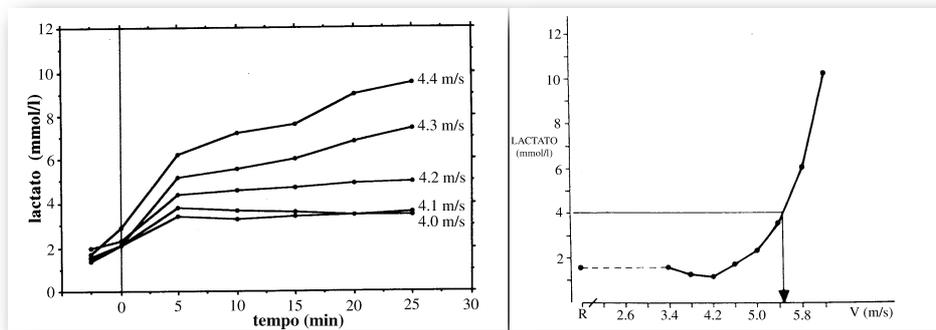
particularmente útil para a prescrição de intensidades de treino e avaliação dos seus efeitos (Davis et al., 1979; Heck et al., 1985; Sjodin e Svedenhag, 1985; Föhrenbach et al., 1987; Yoshida et al., 1987; Monte, 1988; Mader, 1991; Santos, 1995; Colaço, 1999). Deste modo, o lactato sanguíneo, durante e após o exercício, surge como um sinal da contribuição glicolítica para o fornecimento energético da musculatura activa (Mader, 1991), podendo assim ser utilizado para a determinação do nível aeróbio de um atleta (Monte, 1988), independentemente do seu nível de treino inicial (Demarle et al., 2003). É comum verificar em estudos longitudinais a evolução que o limiar anaeróbio sofre com o treino (Davis et al., 1979; Hurley et al., 1984; Santos, 1995; Jones, 1998; Bergman et al., 1999; Bragada, 2003), revelando-se um indicador particularmente sensível (quando comparado com outros) aos efeitos provocados pelas cargas de treino (Sjodin et al., 1982; Tanaka et al., 1984; Jones, 1998; Bragada, 2003). A este respeito, Davis et al. (1979), mostraram após 9 semanas de treino aeróbio em indivíduos saudáveis de meia idade que, enquanto o  $\dot{V}O_2\text{max}$  aumentou 25%, o limiar anaeróbio melhorou 44%. Se nos referirmos a atletas de elite, as alterações no  $\dot{V}O_2\text{max}$  podem mesmo não ocorrer<sup>5</sup> (Sjodin et al., 1982), restringindo-se a alterações no limiar.

Contudo, existem diferentes conceitos de limiar anaeróbio que importa ter em consideração. Wasserman e MacIlroy (1964) definiram inicialmente limiar anaeróbio como o  $\dot{V}O_2$  a partir do qual as concentrações de lactato no sangue começam a aumentar sistematicamente (ponto de inflexão do lactato), durante um protocolo de incremento progressivo da carga funcional. Mader et al. (1976), definiram limiar anaeróbio como a carga correspondente a uma concentração sanguínea de 4 mmol/l e que pode ser determinado por interpolação linear da curva de acumulação de lactato no sangue (figura 2). Posteriormente, Heck et al. (1985) denominaram por limiar aeróbio-anaeróbio, vulgarmente conhecido por limiar das 4 mmol/l, a transição traduzida pelo equilíbrio entre a produção e remoção do lactato que ocorria na maior parte dos casos em torno das 4 mmol/l. Chegaram a esta conclusão recorrendo ao

---

<sup>5</sup> - Andrew Jones, num estudo realizado ao longo de 5 anos, com uma das melhores atletas do mundo de meio fundo e fundo, pôde concluir que o  $\dot{V}O_2\text{max}$  não melhorou durante este período de tempo, registando-se melhorias apenas no limiar anaeróbio e na velocidade ao  $\dot{V}O_2\text{max}$  (Jones, 1998).

conceito de estado máximo de equilíbrio de lactato (Maxlass) (figura 6).



**Figura 6** - Determinação do estado máximo de equilíbrio de lactato e o método de determinação do limiar anaeróbio. Adaptado de Heck et al. (1985) e Mader et al.(1976).

A determinação do Maxlass (Heck et al., 1985) é obtida através da intensidade mais elevada em que se verifica uma variação da lactatemia inferior a 1 mmol/l nos últimos 20min num patamar de carga constante de 30min. Este método de determinação do Maxlass é corroborado por vários investigadores (Snyder et al, 1994; Beneke e Duvillard, 1996; Jones e Doust, 1998; Carter et al., 1999; Swensen et al., 1999). Deste modo, Maxlass, será a maior intensidade de esforço à qual a concentração de lactato sanguíneo não aumenta significativamente para além do valor inicial durante uma carga de esforço constante (Tegbur et al., 1993). Assim, o Maxlass demarca a intensidade de exercício acima da qual o metabolismo quase totalmente oxidativo passa a ter uma contribuição anaeróbia superior.

Contudo, o único método válido para avaliar o Maxlass, envolve recolhas sanguíneas obtidas ao longo de múltiplas sessões com cargas de intensidade constante. Estes testes de intensidade constante deverão durar pelo menos 20 min (Aunola e Rusko, 1992), mas os testes com um duração mínima de 30 min são mais utilizados (Beneke, 1995; Beneke e Duvillard, 1996; Jones e Doust, 1998; Swensen et al., 1999) e mostram-se mais válidos (Beneke, 2003). O incremento na intensidade do exercício necessário para nos fornecer valores mais precisos que reflectam o Maxlass não está muito bem definido, contudo, os incrementos entre dois exercícios de intensidade constante deverão ser muito pequenos (normalmente de 4 a 5%), de modo a que se possa estimar a

velocidade correspondente ao Maxlass de um modo preciso (Svedahl e MacIntosh, 2003).

No entanto, a determinação deste parâmetro foi considerada demasiado morosa e incómoda para os atletas que, assim, se viam obrigados a realizar vários testes em dias consecutivos até ser possível a sua determinação. Para que este tipo de avaliação tivesse maior aplicabilidade prática, Heck et al. (1985) desenvolveram um método simples e eficaz de determinação do Maxlass que com uma margem de erro extremamente reduzida, permite determinar aquilo que designamos por limiar anaeróbio. Com efeito, as investigações referentes à relação entre o Maxlass e o limiar anaeróbio evidenciaram valores de correlação muito elevados (Heck, 1990; Jones e Doust, 1998). Torna-se, contudo, fundamental controlar diversas variáveis capazes de constituir potenciais factores de variação nos valores de limiar obtidos: (i) duração de cada patamar (Yoshida, 1984; Foxdal et al., 1996); (ii) incrementos de intensidade entre cada patamar (Hughson e Green, 1982; Yoshida, 1984), (iii) erros de mensuração (Aunola e Rusko, 1992), (iv) forma de colheita da amostra sanguínea (Robergs et al., 1990).

Adicionalmente, a realização de testes de terreno, coloca o problema do rigor e controlo de determinadas variáveis, nomeadamente ambientais. De facto, e apesar dos testes de terreno poderem ser menos fiáveis que testes realizados em condições laboratoriais<sup>6</sup>, acabam por ser mais transferíveis e válidos já que avaliam o atleta em situações muito próximas do treino e competição e como tal, apresentam maior especificidade. A determinação no terreno permite ainda a utilização de procedimentos relativamente simples, que não envolve custos elevados e que não exige muitos doseamentos por avaliação. De qualquer modo, entre testes de terreno e laboratoriais, a opções para determinação do limiar anaeróbio são diversas (quadro 6).

---

<sup>6</sup> - Para minimizar os problemas de fiabilidade destes testes é exigido um grande controlo de determinadas variáveis como o vento, humidade e temperatura.

**Quadro 6** – Apresentação de diferentes conceitos de limiar anaeróbio utilizando o lactato sanguíneo como parâmetro avaliado segundo vários autores.

<b>Autor</b>	<b>Critério de determinação</b>	<b>Designação</b>
Mader et al. (1976)	Valor fixo de 4 mmol/l determinado por interpolação linear	Limiar aeróbio-anaeróbio
Kindermann et al. (1978)	Carga a 2 e 4 mmol/l	Limiar aeróbio, limiar anaeróbio
Farrel et al. (1979)	Aumento das concentrações acima dos valores de repouso	OPLA
Keul et al. (1979)	Velocidade na $\tan=1.26 (51^{\circ}34')$	Limiar anaeróbio individual
Sjödin et al. (1979)	Interpolação Linear	Início da acumulação do lactato sanguíneo (OBLA)
Pessenhofer et al. (1981)	Ponto de ruptura do quociente diferencial lactato/tempo	Transição aeróbia-anaeróbia individual
Stegmann e Kindermann (1981)	Tangente à curva de performance do lactato	Limiar anaeróbio individual
Simon et al. (1981)	Idêntico ao método de Keul, mas com $\tan=1$	Limiar anaeróbio individual
Bunc et al. (1982)	Bissetriz ao ponto de intercepção de 2 tangentes à curva de lactato	Limiar anaeróbio individual
Tegtbur et al. (1993)	Ajustamento da curva de lactato obtida com 2 esforços intensos de alta intensidade, seguidos de várias cargas de trabalho de intensidade progressiva	Velocidade ao lactato mínimo
Billat et al. (1994b)	Comparação da relação entre as concentrações lácticas e a intensidade do exercício em 2 momentos de avaliação	Estado máximo de equilíbrio de lactato

Apesar de vários estudos mostrarem que o maxlact poderá ocorrer a diferentes concentrações de lactato sanguíneo (Santos e Ascensão, 1999; MacIntosh et al., 2002), o valor de 4 mmol/l de lactato sanguíneo proposto por vários autores (Mader et al., 1976; Jacobs e Kaiser, 1982), surge como o valor de referência para o limiar anaeróbio, até porque, a esta concentração, os valores de lactato sanguíneo e muscular parecem estar mais relacionados (Jacobs e Kaiser, 1982). Das várias possibilidades de determinação deste valor, o protocolo de determinação do limiar aeróbio-anaeróbio de Mader et al. (1976), foi-se revelando como um dos protocolos mais precisos na procura de estimar o maxlact (Tokmakidis et al., 1998), sendo amplamente utilizado em

vários estudos, particularmente com atletas de elevado nível de rendimento desportivo (Heck et al., 1985; Föhrenback et al., 1987; Santos, 1995; Colaço, 1999; Bragada, 2003; Pedro, 2006). Deste modo e apesar de em alguns casos se poder perder sensibilidade para determinar diferenças fisiológicas individuais, a verdade é que com este valor torna-se possível obter um indicador objectivo como resultado da avaliação do limiar anaeróbio que pode ser utilizado em situações concretas de treino.

Contudo, temos de ter em conta que a determinação do limiar anaeróbio implica um entendimento sobre a forma como se geram estados de equilíbrio entre a produção e a remoção de lactato, já que estes se podem ficar a dever tanto a uma diminuição da produção deste metabolito (Favier et al., 1986; MacRae et al., 1992) como ao aumento da sua remoção (Svedahl e MacIntosh, 2003). Nesta perspectiva, quando a concentração de lactato sanguíneo não está a aumentar, é porque a sua remoção é igual ou excede a quantidade de lactato produzido que entra na corrente sanguínea. É ainda claro que a oxidação do lactato pode ser efectuada na fibra muscular na qual foi produzido (Brooks et al., 1999; Brooks, 2000), em fibras ou músculos (activos ou inactivos) adjacentes (Donovan e Pagliassotti, 1989), no sangue e alguns órgãos, como o coração, rins e fígado, sendo clara a predominância da remoção no músculo activo (Åstrand et al., 1986). A massa muscular activa durante o exercício (Bergman et al., 1999), a composição das fibras musculares (Ivy et al., 1980) e a intensidade de activação muscular serão igualmente factores influenciadores da remoção de lactato (Stainsby e Brooks, 1990). Devemos ainda ter em conta que a taxa de remoção de lactato melhora com as adaptações induzidas pelo treino aeróbio para determinadas intensidades de esforço (MacRae et al., 1992). Deste modo, os valores de lactato obtidos no final de uma actividade física serão sempre subestimados em relação à produção muscular, devido aos inúmeros processos de remoção que ocorrem. Não podemos, por isso, estranhar que uma das adaptações mais relevantes que ocorrem com o treino aeróbio, refere-se precisamente ao aumento da capacidade remoção de lactato<sup>7</sup> (Donovan e Pagliassotti, 1989; Oyono-Enguelle et al., 1990; Dennis e Noakes, 1998), havendo mesmo estudos que referem que os efeitos do treino aeróbio

---

<sup>7</sup> - Estudo realizado com ratos durante 8 semanas de treino a 75% VO<sub>2max</sub> durante uma hora por dia. Para uma determinada produção de lactato os animais aumentaram a eliminação de lactato através de gluconeogénese e oxidação de lactato.

fazem-se sentir mais no aumento da remoção do lactato do que na diminuição da sua produção (Donovan e Brooks, 1983). Este facto não deve, contudo, desviar-nos da ideia de que o treino deve ser conduzido de modo a permitir que diversas adaptações sistémicas possam, no seu todo, contribuir para a melhoria do rendimento desportivo.

Os dados obtidos a partir dos testes incrementais para determinação do limiar anaeróbio (Heck et al., 1985), têm sido referidos como factores preditivos importantes da *performance* na corrida de longa duração (Farrel et al., 1979; Santos, 1996; Bragada, 2003). No entanto, convém referir que a utilização do valor fixo de 4 mmol/l de lactato como correspondendo ao limiar anaeróbio, deve ser encarada com algumas reservas (Billat, 1996; Hoogeveen et al., 1997; Billat et al., 2003a), uma vez que o valor real desse limiar pode variar, entre outros factores, de acordo com a idade (Santos e Ascensão, 1999; Almarwaey et al., 2004), anos de treino (Williams, 1997), volume (Dennis et al., 1993) e tipo de treino realizado (Dennis e Noakes, 1992; Esteve-Lanao et al., 2005). Alguns estudos mostram ainda um valor médio para o limiar em torno das 4 mmol/l, mas com uma grande variação inter-individual (Borch et al., 1993; Coyle, 1995; Billat, 1996; Hoogeveen et al., 1997; MacIntosh et al., 2002). Outros estudos sugerem mesmo que o maior volume sanguíneo global de indivíduos treinados (Green et al., 1991), ou estados de alguma desidratação (England et al., 1984; Svedahl e MacIntosh, 2003), podem fazer aumentar ou diminuir o grau de diluição do lactato no sangue e deste modo interferir na capacidade de um indivíduo desenvolver esforços prolongados em equilíbrio, nas 4 mmol/l de lactato (Foxdal et al., 1996). Ainda assim e apesar da influência que tem o protocolo utilizado para a determinação do limiar anaeróbio são (como constatámos anteriormente) vários os autores que referiram correlações entre o limiar das 4 mmol/l e o Maxlass (Beneke, 1995; Jones e Doust, 1998). Por outro lado, a determinação deste valor é de extrema importância para a prescrição do treino (Billat et al., 2003b), por nos permitir determinar a intensidade de esforço que marca a transição de um exercício de treino aeróbio de baixa intensidade, para outro de intensidade superior e crescente contributo anaeróbio. Este valor representará, assim, a maior carga constante de trabalho que pode ser suportada pelo metabolismo oxidativo (Mader, 1991). Aliás, as intensidades de treino compreendidas até ao limiar anaeróbio, parecem ser as mais utilizadas por corredores de bom nível no seu

processo de treino (Esteve-Lanao et al., 2005), o que realça ainda mais a necessidade da sua determinação .

Contudo, e apesar da importância que este parâmetro tem ao nível da prescrição do treino (Svedahl e MacIntosh, 2003), alguns resultados sugerem que uma concentração de lactato sanguíneo em torno das 4mmol/l pode não corresponder à concentração láctica máxima sustentada durante um esforço que simule condições competitivas (Stegmann e Kindermann, 1982; Myburgh et al., 2001), havendo outros factores envolvidos na escolha de ritmos de competição (Zamparo et al., 2001). De facto, apesar de alguns estudos sugerirem que a velocidade ao Maxlass poderá ser mantida por 60 min de esforço contínuo (Billat, 1996; Lajoie et al., 2000), é possível verificar que existem atletas capazes de manter esforços contínuos de 1h com concentrações lácticas superiores a 7 mmol/l (Coyle, 1995; Myburgh et al., 2001; Zamparo et al., 2001). Se nos reportarmos à maratona (esforço com duração superior a duas horas), podemos igualmente verificar ser possível obter concentrações lácticas no final da prova de 6/7 mmol/l<sup>8</sup> (Billat, 2003a), apesar de alguns estudos (O'Brien et al., 1993) registarem valores perto dos basais e outros terem registado marcadas diferenças (de 2.46 até 5.29mmol/l) inter-individuais (Föhrenbach et al., 1987). Estas disparidades de valores estarão certamente associadas ao valor desportivo dos atletas estudados cujo nível de rendimento assenta num conjunto de adaptações fisiológicas distintas (MacRae et al., 1992). Se considerarmos distâncias mais curtas que a ½ maratona, facilmente podemos constatar que podem ser realizadas a intensidades acima do limiar anaeróbio, havendo mesmo resultados que nos mostram que mesmo para esforços com duração de 30min a 60min a intensidade do esforço pode ser mantida acima das 4mmol/l (Stegmann e Kindermann, 1982). Saltin et al. (1991), ainda verificaram que atletas Quenianos de elite apresentavam uma menor concentração láctica para intensidades de esforço superiores comparativamente a atletas de elite Suecos. Estes resultados, sem retirarem a elevada importância do limiar anaeróbio, devem fazer-nos reflectir sobre outros factores capazes de influenciar o rendimento em esforços de média e longa duração, e de propiciarem equilíbrios sistémicos que permitam aos atletas

---

<sup>8</sup> - Estes resultados foram obtidos no final da Maratona de Paris realizada em 2000, e referente a atletas que não efectuaram aceleração no final da competição. Estes atletas efectuaram marcas inferiores a 2 horas e 30 min.

manterem esforços intensos com lactatémias, por vezes superiores às esperadas.

Este parâmetro tem demonstrado elevadas correlações com o rendimento, em diferentes provas de meio fundo e fundo (quadro 7).

**Quadro 7** - Valores de correlação entre o limiar anaeróbio e o resultado obtido em diferentes distâncias competitivas de meio fundo e fundo.

Nível de Correlação	Distância	Amostra	Referência
r=0.89	800m	12 corredores juniores	Colaço (1999)
r=0.95	5.000m	17 corredores	Kumagai et al. (1982)
r=0.90	5.000m	28 corredores	Pompeu et al. (1997)
r=0.90	5.000m	14 corredores	Novo e Santos (2002)
r=0.93	8.000m	11 corredores masculinos	Jones e Doust (1998)
r=0.84	10.000m	17 corredores	Kumagai et al. (1982)
r=0.75	10.000m	19 corredores	Nicholson e Sleivert (2001)
r=0.90	10.000m	14 corredores	Novo e Santos (2002)
r=0.89	½maratona	18 corredores	Santos e Maia (2002)
r=0.98	Maratona	Maratonistas	Farrel et al. (1979)
r=0.98	Maratona	24 Maratonistas	Föhrenbach et al. (1987)
r=0.78	Maratona	12 Maratonistas	Kumagai et al. (1987)

Por outro lado, o valor do limiar quando expresso em função do  $\dot{V}O_2\text{max}$  tem-se mostrado igualmente como um indicador relativamente sensível ao rendimento no meio fundo e fundo (Jones, 1998; Billat et al., 1999), tendo-se comprovado como um indicador capaz de se alterar significativamente com o decorrer das adaptações induzidas pelo treino (Tanaka et al., 1984; Tanaka et al., 1986). Neste sentido, Allen et al. (1985), mostraram que atletas veteranos conseguiam obter níveis de rendimento semelhantes a atletas jovens graças ao facto de possuírem o seu limiar anaeróbio a uma percentagem mais elevada do  $\dot{V}O_2\text{max}$ . Nesta perspectiva, torna-se relevante determinar o valor percentual

do  $\dot{V}O_2\text{max}$  relativamente ao limiar anaeróbio (quadro 8) e acompanhar a sua evolução ao longo da carreira desportiva dos atletas (Jones, 1998).

**Quadro 8** - Valores percentuais do limiar anaeróbio expresso em função do  $\dot{V}O_2\text{max}$ , segundo diversos estudos realizados com corredores de meio fundo e fundo.

Valor de limiar expresso em função do $\dot{V}O_2\text{max}$ (%)	Amostra	Referência
75	maratonistas de elite	Costill e Fox (1969)
70	corredores experientes	Costill et al. (1973)
69.9±5.4	18 corredores experientes	Farrel et al. (1979)
54.2±8.3	30 homens voluntários	Ivy et al., (1980)
85.6±1.3	10 corredores de elite de meio fundo e fundo no período de Inverno	Svedenhag e Sjodin (1985)
82.8±1.1	10 corredores de elite de meio fundo e fundo no período de Verão	Svedenhag e Sjodin (1985)
85±5	8 corredores veteranos (56±5 anos)	Allen et al. (1985)
79±3	8 jovens corredores*	Allen et al. (1985)
83±5	8 jovens corredores de bom nível	Allen et al. (1985)
65.4±2.6	9 sedentários masculinos saudáveis depois de 9 semanas de treino	Bergman et al., (1999)
77.1±6.8	38 corredores masculinos de elite	Billat et al. (1994b)
80.3±0.9	11 corredores masculinos	Jones e Doust (1998)
84.9±0.6	8 triatletas masculinos bem treinados	Billat et al. (1999)
80 a 88	evolução de uma atleta de elite em 5 anos	Jones (1998)

\* - Estes jovens atletas foram seleccionados tendo por base a obtenção de uma marca em 10.000m, semelhante aos corredores veteranos utilizados no mesmo estudo.

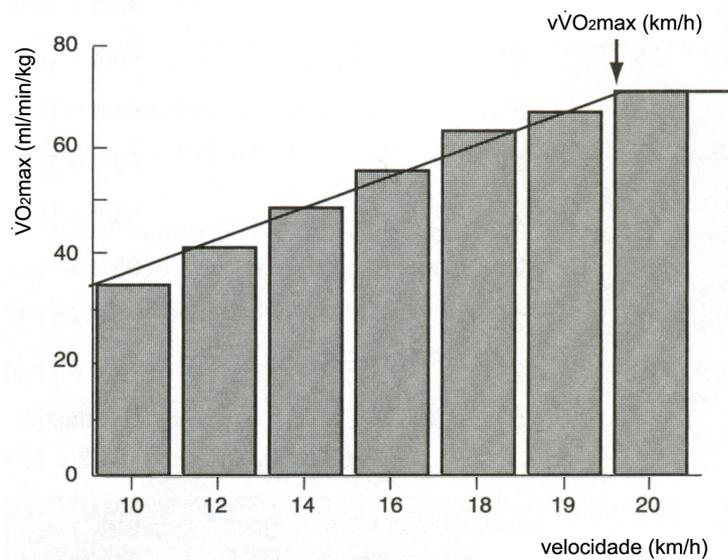
Podemos, por fim, concluir que a utilização dos valores de lactato sanguíneo após esforço podem constituir um equilíbrio entre diversos factores de grande importância para o exercício aeróbio, o que permite que a prestação aeróbia possa ser predita por testes que envolvam o estudo da sua relação com a intensidade de esforço. Deste modo, mesmo que se questionem quais os factores predominantes que levam à ocorrência de determinados estados de equilíbrio, parece neste momento inquestionável a sua aplicabilidade e importância prática ao nível da prescrição do treino.

Torna-se, assim, possível ao treinador utilizar instrumentos válidos de análise que lhe permitam saber se, num determinado momento da época desportiva, a prescrição do treino previamente realizada está a ter o efeito pretendido ou se necessita de reajustamentos, só possíveis de dimensionar depois de realizados os respectivos testes de controlo do treino.

## 2.2.2. Velocidade ao $\dot{V}O_2\text{max}$ e Tempo limite

### 2.2.2.1. Introdução

O  $\dot{V}O_2\text{max}$  esteve, durante muitos anos, associado à performance em diferentes actividades desportivas. Contudo, é possível obter melhorias significativas na prestação desportiva sem que ocorram alterações concomitantes ao nível do  $\dot{V}O_2\text{max}$  (Bragada, 2003) ou mesmo que o  $\dot{V}O_2\text{max}$  diminua, apesar do nível de *performance* ser progressivamente superior (Jones, 1998). Tem ainda sido sugerido que o  $\dot{V}O_2\text{max}$  pode não ser suficientemente sensível para distinguir níveis diferenciados de prestação entre atletas com resultados competitivos semelhantes (Sjödín e Svedenhag, 1985; Morgan et al., 1989; Rodrigues dos Santos, 1995; Billat e Koralsztein, 1996; Craig e Morgan, 1998; Almarwaey et al., 2003). Perante a dificuldade de se discriminarem diferenças de rendimento recorrendo ao  $\dot{V}O_2\text{max}$ , surgiu então o conceito de  $v\dot{V}O_2\text{max}$  que tem sido amplamente utilizado por vários autores (Morgan et al., 1989; Lacour et al., 1991; Padilla et al., 1992; Billat et al., 1994e; Jones, 1998). A  $v\dot{V}O_2\text{max}$  corresponde assim à velocidade mínima à qual ocorre o  $\dot{V}O_2\text{max}$  (Lacour et al., 1991; Billat et al., 1994e; Daniels, 1998) (figura 7).



**Figura 7** - Protocolo de exercício que mostra a relação entre o consumo de oxigénio correspondente a cada patamar de esforço. A  $v\dot{V}O_2\text{max}$  está representada como a velocidade mínima que solicita o  $\dot{V}O_2\text{max}$  (Adaptado de Billat, 2003).

A  $v\dot{V}O_2\text{max}$  tem assim sido apontada com uma variável que poderá ser uma boa preditora de prestação em provas de meio fundo (Lacour et al., 1991; Padilla et al., 1992) e de grande utilidade na avaliação de corredores (Morgan et al., 1989). Daniels (1998), refere-se à  $v\dot{V}O_2\text{max}$  como uma variável que é capaz de combinar o  $\dot{V}O_2\text{max}$  com o conceito de economia, constituindo assim um parâmetro de importante caracterização para o corredor de meio fundo.

O cálculo da  $v\dot{V}O_2\text{max}$  pode ser feito de diversas formas, e através de distintos protocolos (Billat e Koralsztein, 1996), mas em todas as possibilidades o princípio é sempre que a velocidade determinada corresponda à que está associada ao aparecimento do  $\dot{V}O_2\text{max}$  (Daniels, 1998). A escolha de uma determinada metodologia na determinação da  $v\dot{V}O_2\text{max}$ , deverá ser efectuada tendo por base o propósito específico de cada estudo (Billat e Koralsztein, 1996).

Num estudo de Morgan et al. (1989), ficou demonstrado que uma grande parte da variação do rendimento na prova de 10000m, podia ser explicada pela  $v\dot{V}O_2\text{max}$ . A  $v\dot{V}O_2\text{max}$  parece estar relacionada com o custo energético da

corrida e foi definida por Di Prampero et al. (1986) precisamente como a razão entre o  $\dot{V}O_2\text{max}$  e o custo energético. Morgan et al. (1989), estimaram a  $v\dot{V}O_2\text{max}$  através da extrapolação da relação entre o  $\dot{V}O_2\text{max}$  e da velocidade a que este ocorre.

Contudo, alguns resultados obtidos através dos testes de determinação do  $\dot{V}O_2\text{max}$  parecem apresentar uma boa relação com o rendimento desportivo, de onde se destaca a  $v\dot{V}O_2\text{max}$ , que se tem mostrado uma boa preditora de rendimento entre corredores (Berthoin et al., 1996b; Billat e Koralsztein 1996; Jones e Carter, 2000). A  $v\dot{V}O_2\text{max}$ , tem sido assim considerada como uma “expressão funcional” do  $\dot{V}O_2\text{max}$ , com maior relação com o rendimento competitivo (Almarwaey et al., 2003) e deste modo parece constituir um parâmetro mais prático e de maior interesse para atletas e treinadores (Berthoin et al., 1996b). Jones (1998), baseado num estudo longitudinal realizado ao longo de 5 anos, sugere mesmo que a  $v\dot{V}O_2\text{max}$  será um dos parâmetros que mais evoluirão ao longo da carreira desportiva de um atleta, o que reforçará a sua relevância para o processo de treino.

Relativamente à relação da  $v\dot{V}O_2\text{max}$  com diferentes distâncias de corrida, parecem haver algumas diferenças entre autores. Billat (1996), referiu que a  $v\dot{V}O_2\text{max}$  está muito relacionada com a prestação competitiva entre corredores de 800m, o que não foi suportado pelos estudos de Maffuli et al. (1991). Lacour et al. (1990b), encontraram uma grande relação entre a  $v\dot{V}O_2\text{max}$  e as provas de 1500m até 5000m, enquanto que Grant et al. (1997) encontraram uma forte correlação entre a  $v\dot{V}O_2\text{max}$  e a distância de 3000m e Lacour et al. (1991) entre a  $v\dot{V}O_2\text{max}$  e a prova de 1500m. As relações entre a  $v\dot{V}O_2\text{max}$  e a maratona e  $\frac{1}{2}$ maratona são menos comuns, apesar de Di Prampero et al. (1986), terem obtido correlações significativas com estas distâncias competitivas.

De uma forma geral, os resultados de vários estudos parecem convergir para a ideia que, apesar da  $v\dot{V}O_2\text{max}$  ser uma variável não invasiva que apresenta

uma importante relação com o rendimento, a força desta associação parece ser moderada e por isso deve ser interpretada com algumas reservas.

### 2.2.2.2. Formas de determinação da $v\dot{V}O_2\text{max}$

#### 2.2.2.2.1. Protocolo em tapete rolante

A  $v\dot{V}O_2\text{max}$  pode ser obtida a partir de testes de terreno (Lacour et al., 1991; Dabonneville et al., 2003) ou laboratoriais (Billat et al., 1994c; Daniels, 1998) mas é frequentemente determinada através de testes de  $\dot{V}O_2\text{max}$  efectuados em diferentes ergómetros (Billat et al., 1994e).

Esta velocidade de corrida, associada à ocorrência do  $\dot{V}O_2\text{max}$  é por vezes designada por velocidade máxima aeróbia (Billat et al., 1994e; Berthon et al., 1997) outras por velocidade ao  $\dot{V}O_2\text{max}$  (Billat e Koralsztein, 1996; Daniels, 1998). A nossa opção recaiu pela última designação dada a maior diversidade de artigos e autores de referência que a utilizam (Billat e Koralsztein, 1996; Daniels, 1998; Demarie et al., 2000; Blondel et al., 2001). Esta velocidade poderá assim ser determinada através de um protocolo contínuo de intensidade progressiva, efectuado em tapete rolante.

A escolha do protocolo utilizado é de grande importância e deve ser feita de acordo com a finalidade da avaliação, apesar de os valores não parecerem diferirem muito quando determinado através de diferentes protocolos (Billat e Koralsztein, 1996).

A  $v\dot{V}O_2\text{max}$ , pode ainda ser estimada a partir de testes de terreno (Lacour et al., 1991; Ahmaidi et al., 1992; Dabonneville et al., 2003). Esta opção poderá garantir algumas vantagens em termos de fiabilidade e transferência dos resultados para a prescrição do treino. A influência das diferenças mecânicas existentes entre a corrida em tapete e no solo (Heck, 1985), deverá ser considerada de acordo com os objectivos do estudo que se pretenda realizar.

Aliás, até a utilização de diferentes tapetes rolantes poderá constituir um factor perturbador da técnica de corrida (Nigg et al., 1995) e por isso ser alvo de cuidados.

Por outro lado, a determinação da  $\dot{V}O_2\text{max}$  através dos testes de  $\dot{V}O_2\text{max}$  em tapete rolante, é relativamente mais sofisticada, implica mais meios e dispêndio de tempo, factores que nem sempre possibilitam uma avaliação regular deste parâmetro em corredores.

Estes factores justificam que se tenha em consideração a realização de testes de terreno para corredores com a finalidade de se estimar a  $\dot{V}O_2\text{max}$ , cujas alternativas iremos abordar de seguida.

#### **2.2.2.2.2. Teste de corrida intermitente de 20m**

Este teste é composto por percursos de corrida efectuados entre duas linhas colocadas a 20m, cuja intensidade é definida por sinais previamente definidos (Léger e Lambert, 1982; Léger et al., 1988). Os atletas deverão correr em grupos de modo a recriar-se uma situação competitiva entre eles, para assim estimular a realização de esforços máximos. Os incrementos de 0.5 km/h deverão ser realizados a cada minuto. Os atletas são informados sobre a concretização de cada 30s do teste, de modo a que possam decidir quando parar, procurando que o façam no final de um desses períodos de tempo. O teste é interrompido quando o atleta não é capaz de o manter, devendo cada atleta procurar concretizar o maior número possível de patamares.

O valor de  $\dot{V}O_2\text{max}$  pode ser indirectamente determinado utilizando a equação proposta por Léger et al. (1988) e a  $v\dot{V}O_2\text{max}$ , corresponderá à velocidade do último patamar, ajustada pela equação de Kuipers et al. (1985). Contudo, este teste, tem levantado algumas dúvidas e questões quanto à sua validade (Ahmaidi et al., 1992), reforçadas pela elevada sub-estimação da  $\dot{V}O_2\text{max}$  quando comparada com a determinada em tapete rolante (Ahmaidi et al., 1992). Este facto pode ficar a dever-se a alterações nos parâmetros

biomecânicos da corrida, provocados pelas constantes travagens, redução de velocidade, reinício da corrida e mudanças de direcção que este teste exige. Aliás, nos patamares de esforço mais elevados, a determinação da velocidade máxima, poderá ser influenciada pela incapacidade do atleta provocar uma aceleração que o faça chegar a essa velocidade. Esta influência mecânica, poderá provocar um aumento das concentrações de lactato sanguíneo (Ahmaidi et al., 1992) sugerindo um maior recurso ao sistema energético anaeróbio, para dar resposta às alterações provocadas na corrida.

De qualquer modo e apesar dos constrangimentos associados a este teste para corredores de meio fundo e fundo, diversos estudos mostram ser possível, por seu intermédio, a determinação indirecta do  $\dot{V}O_2\text{max}$  e da  $v\dot{V}O_2\text{max}$ .

#### 2.2.2.2.3. Teste de corrida de 5min

Este teste consiste na realização de um esforço máximo de 5min, realizado numa pista de atletismo, depois de um curto período de aquecimento de 5 a 10min.

Neste teste, os atletas procuram percorrer a máxima distância possível ao longo dos 5min de teste, procurando manter uma velocidade constante. É dado aos atletas um sinal acústico a cada minuto de teste e todos os tempos intermédios são escritos de 100 em 100m.

A  $v\dot{V}O_2\text{max}$  (em km/h) é calculada pela multiplicação da distância de corrida por 12 ( $1h = 5\text{min} \times 12$ ). O nível de correlação entre a  $v\dot{V}O_2\text{max}$ , determinada em tapete rolante e a  $v\dot{V}O_2\text{max}$ , determinada a partir do teste de corrida de 5min, é elevada ( $r=0.94$ ,  $p<0.001$  Berthon et al., 1997) e os resultados apresentam uma boa reprodutabilidade (Dabonneville et al., 2003). Contudo, os resultados obtidos a partir deste teste não parecem ser suficiente precisos para distinguir diferenças de rendimento entre corredores com níveis de prestação mais próximos (Berthon et al., 1997).

A realização deste teste é muito simples, o que facilita a sua aplicação no terreno, contudo não será fácil para todos os atletas saberem aferir a velocidade de corrida que num determinado dia da sua avaliação estão capazes de correr, para que esta seja constante ao longo do teste (Dabonneville et al., 2003).

Este teste revela uma elevada correlação com as provas de 1500m e 3000m (Berthon et al., 1997), contudo a realização de um teste máximo de 5min, faz com que se esteja a submeter o atleta a um tipo de esforço muito próximo do que fará em competição, parecendo uma simulação da mesma, o que justifica as elevadas correlações com estas distâncias.

#### 2.2.2.2.4. Teste de Terreno da Universidade de Montreal

A grande vantagem na realização deste teste, comparativamente com os testes de  $\dot{V}O_2\text{max}$  em tapete rolante, refere-se ao facto de poder ser realizado em situação de terreno e de ser mais facilmente integrado nas planificações de treino com a regularidade desejada.

O TTUM está baseado no pressuposto que os atletas atingem o seu  $\dot{V}O_2\text{max}$  durante o último patamar do teste (Lacour et al., 1991). Este teste é realizado numa pista de 400m, previamente marcada de 50 em 50m. O ritmo de corrida dos atletas avaliados é controlado por sinais enviados com um intervalo pré-determinado. De 2 em 2 minutos será aumentada a velocidade de corrida dos atletas em 1 km/h, devendo cada atleta procurar terminar o teste no patamar mais elevado que lhe seja possível. Quando o atleta se mostra incapaz de manter a velocidade de corrida o teste termina, sendo a velocidade correspondente ao último patamar a velocidade correspondente à  $v\dot{V}O_2\text{max}$  (Berthoin et al., 1996a).

O TTUM é um teste válido para avaliar a  $v\dot{V}O_2\text{max}$  (Ahmaidi et al., 1992) e parece ser mais eficaz na determinação indirecta da  $v\dot{V}O_2\text{max}$  do que o teste de corrida intermitente de 20m, já que as correlações apresentam-se superiores quando efectuadas entre a  $v\dot{V}O_2\text{max}$ , determinada através do TTUM, com a

$v\dot{V}O_2\text{max}$ , obtida em tapete rolante (Lacour et al., 1991; Ahmaidi et al., 1992). Berthoin et al. (1994) compararam os resultados obtidos no teste realizado na pista de atletismo com o normalmente efectuado em tapete rolante. Os resultados de  $v\dot{V}O_2\text{max}$  obtidos foram respectivamente de  $15.8 \pm 1.9 \text{ km/h}$  e de  $15.9 \pm 2.6 \text{ km/h}$  e não tiveram diferenças significativas (Berthoin et al., 1994). Estes resultados são bem exemplificativos de como o teste de terreno pode fornecer dados tão próximos de um teste efectuado em tapete rolante.

Apesar da  $v\dot{V}O_2\text{max}$ , determinada através deste teste, poder apresentar uma sobrevalorização relativamente aos valores determinados em tapete rolante (Lacour et al., 1989; Colaço et al., 2004), tal facto justifica-se, provavelmente, pela elevada economia de corrida evidenciada por atletas de nível desportivo elevado, conforme ocorreu em ambas as amostras destes estudos.

Lacour et al. (1991), demonstrou que os resultados obtidos através do TTUM são tão fiáveis quanto os determinados em tapete rolante, tanto para corredores de nível regional como internacional. A este respeito apenas a estimação indirecta dos valores de  $\dot{V}O_2\text{max}$  apresenta problemas, já que os valores obtidos poderão ser sobre-estimados, quando comparados com avaliações directas de  $\dot{V}O_2\text{max}$  em tapete rolante.

### 2.2.2.3. Tempo limite

O Tlim é determinado, colocando os atletas a correr à sua  $v\dot{V}O_2\text{max}$ , procurando que realizem esse esforço durante a maior quantidade de tempo possível. Os resultados deste teste variam normalmente entre os 2min 30s até os 10min e 30s (Billat et al., 1993), sendo que o valor médio normalmente encontra-se em torno dos 6min de esforço. Este teste poderá ser feito com ou sem a avaliação de gases expirados e poderá ser realizado tanto em tapete rolante como no terreno (Billat, 2003b).

Apesar dos dados que podemos obter acerca do metabolismo aeróbio em corredores, o Tlim apresenta-se como um indicador de grande variabilidade

individual e que poderá estar muitas vezes associado ao momento da decisão do atleta em parar o teste, momento em que os factores motivacionais podem ter uma grande influência (Billat et al., 1994e). Simultaneamente a influência anaeróbia que este teste parece ter (Billat et al., 1994e), poderá influenciar decididamente os resultados obtidos entre diferentes atletas. Estes factores poderão assim prejudicar os resultados do teste que fará com que atletas com valores de  $\dot{V}O_2\text{max}$  semelhantes acabem por obter valores de Tlim tão diferenciados (Billat e Koralsztein, 1996).

Outro problema refere-se à reprodutabilidade deste teste, já que se encontram dificuldades em justificar as diferenças ocorridas num mesmo atleta em dois testes realizados próximos um do outro (Billat et al., 1994d). Neste aspecto Billat et al. (1994d) encontraram uma diferença mínima (2s) entre as médias de testes aplicados numa amostra com 1 semana de intervalo. Contudo e apesar de terem obtido um nível de correlação de  $r=0.86$ , uma observação atenta dos dados permite-nos perceber que existem diferenças muito substanciais entre vários atletas que chegam a exceder em 60s o resultado do Tlim de um teste relativamente ao outro. Estes resultados sugerem que, para avaliação de corredores, o Tlim poderá não ser suficientemente sensível para que a prescrição do treino, num determinado sujeito, possa ser alterada.

O Tlim parece estar muito próximo da duração da prova de 3000m (Padilla et al., 1992). Contudo, a elevada variabilidade nos valores encontrados sugere que o Tlim poderá não estar próximo, para todos os atletas, da duração dos 3000m. Para além deste facto, parece não existir correlação entre a velocidade em 3000m e o Tlim (Padilla et al., 1992).

O Tlim poderá, assim, ser uma variável suplementar na avaliação do nível de prestação aeróbia de corredores (Billat et al., 1994e), mas que deverá ser interpretada com cuidado especialmente quando se estudam amostra, com níveis de rendimento semelhantes (Billat e Koralsztein, 1996).

## 2.3. Avaliação da prestação anaeróbia

### 2.3.1. Introdução

A utilização de testes para avaliação da prestação anaeróbia tem sido uma preocupação de vários investigadores (Housh et al., 1992; Numella et al., 1996), na procura de parâmetros avaliadores deste tipo de esforço. A impulsão vertical, força, resistência muscular e lactato sanguíneo são algumas variáveis frequentemente utilizadas para avaliar a prestação anaeróbia. Deste modo, várias técnicas têm sido utilizadas para quantificar os níveis de prestação anaeróbia, incluindo medições de metabolitos da actividade muscular, débito de oxigénio e o défice acumulado de oxigénio (Medbø e Burgers, 1990). Na avaliação anaeróbia podem assim ser utilizados métodos invasivos ou não invasivos. As medições invasivas permitem-nos obter informações acerca do trabalho anaeróbio, nomeadamente através de mensurações dos níveis de ATP, PCr e lactato, enquanto outros métodos indirectos nos fornecem valores estimados possivelmente com menor fiabilidade.

Nesta perspectiva, apresentamos dois dos testes mais comuns para avaliação anaeróbia e passíveis de serem utilizados por corredores sem o recurso a ergómetros que provoquem constrangimentos no trabalho muscular habitual destes atletas.

### 2.3.2. Método do défice acumulado de oxigénio (MAOD)

Este teste surge da ideia que o défice de O<sub>2</sub> acumulado durante um exercício máximo poderá ser utilizado como um indicador da capacidade anaeróbia láctica (Medbø et al., 1988) e poderá ser efectuado em tapete rolante (com 5-10% de inclinação<sup>9</sup>). É assim definido como o défice máximo de O<sub>2</sub> obtido

---

<sup>9</sup> - A selecção da inclinação do tapete rolante é de grande importância neste teste, já que os valores do MAOD são superiores para maiores inclinações (Olesen et al., 1994; Craig e Morgan, 1998).

durante um exercício de alta intensidade até à exaustão, num esforço com uma duração superior a 2min (Medbø et al., 1988). Neste teste os corredores correm a velocidades que excedem as velocidades de corrida correspondentes ao  $\dot{V}O_2$ max. O  $O_2$  necessário é primeiro estimado de acordo com várias corridas em steady-state (Medbø e Burgers, 1990). Os indivíduos testados realizam um esforço até à exaustão a uma carga fixa de trabalho com avaliações contínuas de  $\dot{V}O_2$ . O défice acumulado de  $O_2$  é calculado subtraindo o volume de  $O_2$  consumido, do  $O_2$  necessário para um determinado tempo de esforço. Para tal é necessário que o atleta atinja a exaustão a uma determinada carga de trabalho enquanto são obtidos valores de  $VO_2$ . O valor máximo correspondente ao MAOD é normalmente observado a cargas de trabalho que causam a exaustão em 2-5min de esforço (Medbø et al., 1988). Este défice será assim o equivalente à quantidade de  $O_2$  que não foi consumida (ml/kg), normalmente expressa em milimoles por kilograma (mmol/kg). No entanto, estimar o  $VO_2$  necessário para um determinado esforço coloca grandes dificuldades (Medbø et al., 1988), já que, pequenos erros de mensuração do  $VO_2$  submaximal podem levar a grandes erros na determinação do  $VO_2$  necessário para um determinado esforço e consequentemente, no défice de  $O_2$ .

A determinação dos níveis de prestação anaeróbia, utilizando o MAOD apresenta alguns problemas de validade sendo por isso contestado por vários autores (Vandewalle et al., 1987, Bangsbo, 1996), apesar de alguns estudos admitirem a possibilidade deste teste permitir obter dados fiáveis na medição da energia anaeróbia utilizada durante um determinado exercício (Bangsbo, 1996). De facto, existe uma perda de correlação entre o défice de oxigénio e a produção energética metabólica (Bangsbo, 1996), o que coloca algumas dúvidas quanto à utilização deste meio de avaliação da capacidade anaeróbia. O conceito que o défice de oxigénio poderá equivaler à utilização de altas reservas energéticas de fosfato e à formação de lactato a partir da glicólise, é muito complicado e difícil de provar (Graham, 1996). Adicionalmente, a utilização de cicloergómetro ou corrida em tapete rolante a velocidades superiores ao  $\dot{V}O_2$ max, coloca diversos problemas mecânicos (Medbø, 1996), pelo que a interpretação do débito máximo de  $O_2$  deve ser feita com algumas reservas (Medbø, 1996).

Curiosamente, e em relação à prova de maior componente anaeróbia no meio fundo (800m), os resultados obtidos através do MAOD parecem contraditórios com estudos a apresentarem correlação entre o MAOD a prestação competitiva em 800m (Ramsbottom et al., 1994), ao contrário de outros cuja correlação com o rendimento parece inexistente em relação à distância de 800m (Olesen et al., 1994; Craig e Morgan, 1998; Duffield et al., 2005a). Em relação a esta questão, parece-nos relevante referir que os estudos que apresentam correlação com o AOD, foram realizados com amostras mais heterogéneas, parecendo que para amostras mais homogéneas essas correlações não ocorrem (Craig e Morgan, 1998).

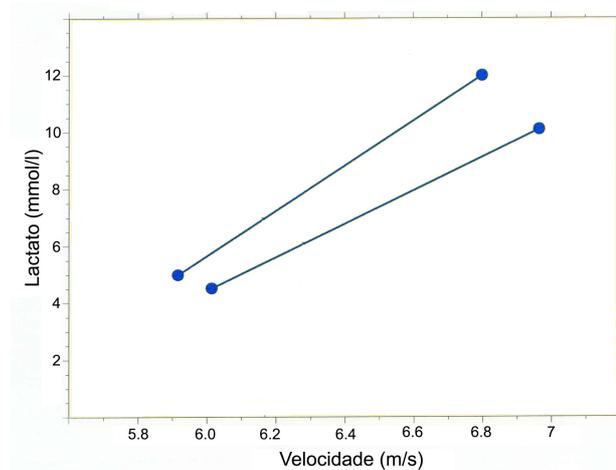
### 2.3.3. Teste de duas velocidades

O teste de duas velocidades (Mader et al., 1980) é efectuado numa pista de 400m, com a realização de duas repetições numa determinada distância, sendo a primeira percorrida a uma intensidade submaximal (80-85%) de modo a se obterem concentrações de lactato entre 4 a 6 mmol/l e a segunda a uma intensidade máxima (> 95%), com concentrações finais de lactato superiores a 10 mmol/l. A duração dos patamares deverá ser de 30s a 6min, de acordo com o protocolo definido. Após cada repetição são obtidas recolhas sanguíneas no 1º, 3º, 5º, 7º, 10º e 12º min após esforço, de modo a se poder encontrar o valor máximo de lactato.

O tempo de recuperação entre as duas repetições deve ser aproximadamente de 25min, de modo a permitir uma recuperação completa do esforço. As distâncias normalmente utilizadas oscilam entre os 300m (para corredores de 800) e 2000m (para maratonistas). No entanto, a escolha de distâncias mais curtas induzirá sobrevalorizações dos resultados obtidos, pelo que se torna necessário que a definição das distâncias para o teste esteja de acordo com a distância de competição e com o tipo de avaliação que se pretende realizar. A adopção de distâncias mais elevadas induz, naturalmente, a um contributo aeróbio mais elevado, podendo por isso utilizar-se este teste também para avaliação dos níveis de prestação aeróbia.

Contudo, parece-nos relevante salientar que, com este teste, poderemos avaliar, nomeadamente em corredores de distâncias mais elevadas, não tanto a sua potência anaeróbia, mas a forma como o metabolismo anaeróbio intervém na sua distância competitiva. Neste sentido, a selecção da distância competitiva estará mais relacionada com a forma como os corredores dessa distância recorrem ao metabolismo anaeróbio, do que efectuar avaliações com distâncias mais curtas e por isso, com maior predominância anaeróbia, mas simultaneamente afastadas da realidade competitiva desses atletas.

Com este teste é possível relacionar a forma como o lactato cresce em relação à velocidade (Föhrenbach, 1991), estabelecer comparações entre as inclinações das rectas (Olbrecht, 2000), comparar resultados de velocidades correspondentes a determinadas concentrações lácticas (Föhrenbach, 1991), e perceber de que forma um determinado atleta poderá estar a evoluir na relação velocidade/lactato (figura 8) e desta forma avaliar os efeitos de treino para concentrações lácticas superiores ao limiar anaeróbio (Olbrecht, 2000).



**Figura 8** - Representação gráfica de duas rectas de dois testes de duas velocidades, efectuados a uma atleta (Adaptado de Föhrenbach, 1991).

É assim possível verificar, em diferentes autores, que este teste é utilizado como forma de obter dados referentes ao crescimento do lactato em relação à intensidade de esforço, para concentrações lácticas que envolvem uma forte solicitação do metabolismo anaeróbio (Föhrenbach, 1991; Krüger, 1991;

Colaço 1999; Olbrecht, 2000). Podemos ainda, através deste teste, obter informações relevantes para uma monitorização do sistema anaeróbio no processo de treino (Olbrecht, 2000), estabelecer comparações entre resultados do teste e a performance (Föhrenbach, 1991; Colaço 1999) e associar uma avaliação anaeróbia específica para diferentes eventos através da uma selecção criteriosa das distâncias de esforço para cada patamar do teste (Föhrenbach, 1991).



### 3. Objectivos e Hipóteses



### 3. Objectivos e Hipóteses

#### (i) Objectivo geral

O objectivo principal do presente estudo consiste na aplicação de 4 testes de avaliação da prestação aeróbia e anaeróbia (V4, TTUM, Tlim e T2v) e em estabelecer a relação destes testes de terreno com a prestação em corredores de diferentes disciplinas de MFF (800m, 1500m, 5000m e ½maratona).

#### (ii) Objectivos específicos

- Verificar a sensibilidade dos testes seleccionados para explicar diferentes níveis de prestação em cada uma das disciplinas de MFF seleccionadas.
- Determinar possíveis inter-relações entre os testes seleccionados.
- Determinar o possível poder preditivo dos diferentes parâmetros quando relacionados entre si para cada disciplina de meio fundo e fundo.

#### (iii) Hipóteses

- O limiar anaeróbio é o parâmetro que melhor explica diferentes níveis de prestação nas provas de 5000m e ½maratona.
- A  $\dot{V}O_{2max}$  é o parâmetro que melhor se correlaciona com a capacidade de rendimento nas provas de 800m e 1500m.
- Na competição de 800m os parâmetros anaeróbios associados ao T2v explicam, em grande parte, as diferenças de resultados nesta distância.
- A avaliação anaeróbia tende a perder relação com o resultado competitivo em todas as distâncias competitivas superiores a 800m.

- O  $T_{lim}$ , parece ser capaz de distinguir diferentes capacidades de rendimento entre atletas com valores semelhantes de  $\dot{V}O_2max$  constituindo deste modo um parâmetro relevante para distinguir diferentes capacidades de rendimento.

## 4. Material e Métodos



## 4. Material e métodos

### 4.1. Caracterização da amostra

Este estudo foi realizado com uma amostra de 80 corredores de meio fundo e fundo, divididos em 4 grupos de 20, de acordo com a distância competitiva (800m, 1500m, 5000m e ½ maratona) e cuja caracterização se apresenta no quadro 9.

**Quadro 9** - Valores médios ( $\pm dp$ ) relativos à idade, altura e peso dos atletas constituintes de cada um dos grupos avaliados (n=80).

	<b>Idade (anos)</b>	<b>Altura (cm)</b>	<b>Peso (kg)</b>
800 (n=20)	22.3 $\pm$ 2.7	173.2 $\pm$ 5.3	64.4 $\pm$ 4.9
1500 (n=20)	25.9 $\pm$ 2.5	174.3 $\pm$ 4.8	65 $\pm$ 4.7
5000 (n=20)	29 $\pm$ 4.5	172.9 $\pm$ 4.5	62.6 $\pm$ 4.3
½ maratona (n=20)	28.6 $\pm$ 3.7	171.5 $\pm$ 4	62.3 $\pm$ 4.1
<b>Total da amostra</b>	<b>26.4<math>\pm</math>4.3</b>	<b>173<math>\pm</math>4.7</b>	<b>63.6<math>\pm</math>4.5</b>

Os atletas seleccionados para a amostra deste estudo, pertenciam ao escalão sénior, com pelo menos 8 anos de treino, de modo a evitar que os factores idade cronológica (Malina e Bouchard, 2004) e de treino (Allen et al., 1985), pudessem interferir nos resultados das avaliações.

Por outro lado, foi ainda controlado, em todos os atletas da amostra, a necessidade de não realizarem qualquer treino intenso nas 24 horas que precederam qualquer um dos testes realizados, e foram instruídos no sentido de não adoptarem qualquer alteração dietética significativa durante os períodos de avaliação.

## 4.2. Procedimentos utilizados na determinação do limiar anaeróbio

A capacidade aeróbia foi avaliada com base na determinação do limiar aeróbio-anaeróbio proposto por Mader et al. (1976), por intermédio de um teste de terreno.

Os testes de terreno foram efectuados numa pista sintética de 400m, tendo os atletas realizado 4 patamares, com incrementos de carga de 0.4 m/s e com velocidades de corrida variando entre 4.2 e 5.8 m/s. Os patamares foram escolhidos de acordo com o nível desportivo de cada atleta e mantidos por um período de tempo superior a 5min, de modo a garantir a existência de uma concentração de lactato sanguíneo que reflecta um estado de equilíbrio com as concentrações musculares (Beneke, 2003). A realização deste teste foi ainda precedida de um período de aquecimento de 6min-8min de corrida a velocidades inferiores a 3.0 m/s, de modo a evitar um possível aumento das concentrações sanguíneas de lactato.

Os intervalos entre os patamares tiveram uma duração máxima de 1min, de modo a garantir-se que o valor do limiar determinado não estaria sobrevalorizado devido a intervalos entre os patamares demasiado longos (Gullstrand et al., 1994; Coen et al., 2000; Beneke et al., 2003).

Garantimos ainda a não realização dos testes com presença de vento e temperaturas muito elevadas de modo a evitar estados de desidratação que pudessem hipoteticamente interferir nos valores de diluição do lactato na corrente sanguínea (Svedhal e MacIntosh, 2003) e, deste modo, interferir na leitura dos valores finais. Por fim, os atletas foram instruídos a não realizarem treinos intensos ou de grande volume, bem como para não ingerirem alimentos<sup>1</sup> ou bebidas (à excepção de água) na hora antecedente à realização dos testes.

---

<sup>1</sup> - Apesar de alguns estudos terem mostrado que a ingestão de alguns nutrientes como carboidratos e gorduras (Quirion et al., 1988) não parece interferir na determinação do limiar anaeróbio, optámos por controlar esta variável de modo a evitar que algum nutriente pudesse provocar alguma interferência nos nossos resultados.

Durante a realização do teste foram dados sinais auditivos coincidentes com os tempos de passagem em cada 200m (quadro 10), de modo a assegurar uma velocidade de corrida uniforme. Foram efectuadas recolhas de sangue capilar do lóbulo da orelha, durante o intervalo entre cada patamar correspondente a um período máximo de 1min para evitar uma sobrevalorização do limiar aeróbio-anaeróbio (Beneke et al., 2003). Para a determinação das concentrações sanguíneas de lactato utilizámos um YSI-1500L Sport.

**Quadro 10** - Tabela de tempos para cada um dos patamares do testes de terreno, para a determinação do limiar aeróbio-anaeróbio.

V (m/s)	V (min/km)	200 m	400 m	600 m	800 m	1000 m	1200 m	1400 m	1600 m	1800 m	2000 m
3.0	5.33.33	1.06.66	2.13.33	3.20.00	4.26.67	5.33.33	6.40.00				
3.4	4.54.12	0.58.82	1.57.65	2.56.47	3.55.29	4.54.12	5.52.94				
3.8	4.23.16	0.52.63	1.45.26	2.37.89	3.30.53	4.23.16	5.15.79	6.08.42	7.01.05		
4.2	3.58.10	0.47.62	1.35.24	2.22.86	3.10.48	3.58.10	4.45.71	5.33.33	6.20.95	7.08.57	7.56.19
4.6	3.37.39	0.43.48	1.26.96	2.10.43	2.53.91	3.37.39	4.20.87	5.04.35	5.47.83	6.31.30	7.14.78
5.0	3.20.00	0.40.00	1.20.00	2.00.00	2.40.00	3.20.00	4.00.00	4.40.00	5.20.00	6.00.00	6.40.00
5.4	3.05.19	0.37.03	1.14.07	1.51.11	2.28.15	3.05.19	3.42.22	4.19.26	4.56.30	5.33.33	6.10.37

A determinação da V4 de cada atleta foi efectuada num intervalo de tempo não superior a uma semana relativamente à realização da competição, de modo a que não ocorressem alterações na prestação aeróbia dos atletas.

#### 4.3 Procedimentos utilizados na determinação da $v\dot{V}O_2\text{max}$ .

Este teste foi realizado tendo por base o TTUM (Lacour et al., 1991). Neste sentido, utilizámos uma pista sintética de 400m que foi previamente marcada de 25 em 25m para permitir o controlo das intensidades de corrida ao longo do teste. Assim, os atletas tinham de fazer coincidir a sua passagem pelos sinalizadores colocados na pista com os respectivos sinais acústicos que lhes eram dados correspondendo a cada 25m de corrida. Cada patamar de esforço tinha a duração de 2min, a partir do qual (com um sinal acústico diferenciado) se dava um incremento de 1 km/h sem qualquer intervalo

(quadro 11). A escolha do patamar inicial foi feita de acordo com o nível de rendimento desportivo de cada atleta.

**Quadro 11** - Tabela de tempos para cada um dos patamares dos testes de terreno, para a determinação do limiar aeróbio-anaeróbio.

	min/ km	25m	50m	75m	100m	125m	150m	175m	200m	225m	250m	275m	300m	350m	375m	400m
8 km/h	7'30"	11"25	22"5	33"75	45"00	56"25	1'07"5	1'18"75	1'30"	1'41"25	1'52"5	2'03"75				
9 km/h	6'40"	10"	20"	30"	40"	50"	60"	1'10"	1'20"	1'30"	1'40"	1'50"	2'00"			
10 km/h	6'00"	9"00	18"00	27"00	36"00	45"00	54"00	63"00	1'12"	1'22"	1'32"	1'42"	1'52"	2'00"		
11 km/h	5'27"3	8"2	16"4	24"6	32"8	41"00	49"2	57"4	1'05"6	1'13"8	1'22"	1'30"2	1'38"4	1'46"6	1'54"8	2'00"3
12 km/h	5'00"	7"5	15"	12"5	30"	37"5	45"	52"5	1'00"	1'07"5	1'15"	1'22"5	1'30"	1'37"5	1'45"	1'52"5
		2'00"														
13 km/h	4'36"9	6"9	13"8	20"7	27"6	34"5	41"4	48"3	55"2	1'02"1	1'09"	1'05"9	1'22"8	1'29"7	1'36"6	1'43"5
		1'50"4	1'57"3	2'04"2												
14 km/h	4'17"1	6"4	12"8	19"2	25"6	32"	38"4	44"8	52"2	57"6	1'04"	1'10"4	1'16"8	1'33"2	1'29"6	1'36"
		1'42"4	1'48"8	1'55"2	2'01"6											
15 km/h	4'00"	6"	12"	18"	24"	30"	36"	42"	48"	54"	1'00"	1'06"	1'12"	1'18"	1'24"	1'30"
		1'36"	1'42"	1'48"	1'54"	2'00"										
16 km/h	3'45"	5"6	11"2	16"8	22"4	28"	33"6	39"2	44"8	50"4	56"	1'01"6	1'07"2	1'12"8	1'18"4	1'24"
		1'29"6	1'35"2	1'40"8	1'46"4	1'52"	1'57"6	2'03"2								
17 km/h	3'31"8	5"3	10"6	15"9	21"2	26"5	31"8	36"1	41"4	46"7	53"	58"3	1'03"6	1'08"9	1'14"2	1'19"5
		1'24"8	1'30"1	1'35"4	1'40"7	1'46"	1'51"3	1'56"6	2.01"9							
18 km/h	3'20"	5"	10"	15"	20"	25"	30"	35"	40"	45"	50"	55"	1'00"	1'05"	1'10"	1'15"
		1'20"	1'25"	1'30"	1'35"	1'40"	1'45"	1'50"	1'55"	2'00"						
19 km/h	3'09"5	4"7	9"4	14"1	18"8	23"5	28"2	32"9	37"6	42"3	47"	51"7	56"4	1'01"1	1'05"5	1'10"5
		1'15"2	1'19"9	1'24"6	1'29"3	1'34"	1'38"7	1'43"4	1'48"1	1'52"8	1'57"5	2'00"2				
20 km/h	3'00"	4"5	9"	13"5	18"	22"5	27"	31"5	36"	40"5	45"	49"5	54"	58"5	1'03"0	1'07"5
		1'12"	1'16"5	1'21"	1'25"5	1'30"	1'34"5	1'40"	1'44"5	1'49"	1'53"5	1'58"	2'02"5			
21 km/h	2'51"4	4"3	8"6	12"9	17"2	21"5	25"8	29"1	33"4	37"7	42"	46"3	50"6	54"9	59"2	1'03"5
		1'07"8	1'12"1	1'16"4	1'20"7	1'25"	1'29"3	1'33"6	1'37"9	1'42"2	1'46"5	1'50"8	1'55"1	1.59"4		
22 km/h	2'43"6	4"1	8"2	12"3	16"4	20"5	24"6	28"7	32"8	36"9	42"	45"1	49"2	53"3	57"4	1'01"5
		1'05"6	1'09"7	1'13"8	1'17"9	1'22"	1'26"1	1'30"2	1'34"3	1'38"3	1'42"4	1'46"5	1'50"6	1'54"7	1'58"8	2'02"9
23 km/h	2'36"5	3"9	7"8	11"7	15"6	19"5	23"4	27"3	31"2	35"1	39"	42"9	46"8	50"7	54"6	58"5
		1'02"4	1'06"3	1'10"2	1'14"1	1'18"	1'21"9	1'25"8	1'29"7	1'33"6	1'37"5	1'41"4	1'45"3	1'49"2	1'53"1	1'57
		2'00"9														
24 km/h	2'30"	3"8	7"5	11"3	15"	18"8	22"5	26"3	30"	37"5	45"	48"8	52"5	56"3	1'00"	1'03"8
		1'07"5	1'11"3	1'15"	1'22"5	1'26"3	1'30"	1'33"8	1'37"5	1'41"3	1'45"	1'48"8	1'52"5	2'00"		

Todos os atletas foram instruídos no sentido de realizarem o maior número possível de patamares, até à exaustão. O teste terminava sempre que um atleta se atrasava 5m em relação às marcas, aquando do sinal correspondente à sua passagem, ou quando sentia que não conseguia suportar mais o esforço e optava por terminar o teste.

A  $\dot{V}O_{2max}$  correspondeu à velocidade do último patamar completo realizado pelo atleta. Quando o atleta conseguia realizar mais algum tempo de esforço de um patamar não completo, acrescentámos mais 0.25 km/h a cada 30s de esforço realizado durante esse patamar.

#### 4.4. Determinação do Tempo Limite.

O Tlim foi determinado tendo por base a  $v\dot{V}O_2\text{max}$  obtida através do TTUM (Berthoin et al., 1996a).

Os testes foram realizados numa pista sintética de 400m, previamente marcada todos os 50m de modo a facilitar, por parte do atleta, a aferição da velocidade seleccionada para a realização do teste. Assim, era fornecido ao atleta um sinal acústico correspondente à velocidade pretendida, de modo a que o atleta fizesse coincidir a sua passagem pelas marcas, com o sinal emitido.

Todos os atletas foram instruídos no sentido de correrem o maior período de tempo possível à sua  $v\dot{V}O_2\text{max}$ , até à exaustão.

#### 4.5. Teste de duas velocidades

Para avaliação dos níveis de prestação anaeróbia recorreremos ao teste de duas velocidades (Mader et al., 1980), efectuado igualmente numa pista de 400m sintética, utilizando duas repetições de uma distância escolhida de acordo com a competição. Assim, os atletas de 800m realizaram 2x600m; os de 1500m fizeram 2x1200m e os corredores de 5000m e de ½ maratona realizaram 2x2000m. Independentemente da distância seleccionada, a primeira repetição foi efectuada a uma intensidade submaximal (cerca de 80%), de modo a se obterem concentrações de lactato próximas das 6 mmol/l e a segunda a uma intensidade máxima (>95%), para determinar a concentração máxima de lactato que os atletas conseguiam atingir nessa distância. Os procedimentos de recolha foram semelhantes aos descritos no ponto 4.2, com recolhas realizadas no 1º, 3º, 5º, 7º, 10º e 12º min após o esforço, de modo a podermos encontrar o valor máximo de lactato. O tempo de recuperação entre as duas repetições foi de 25min. Para o ulterior tratamento dos dados e em cada uma das duas repetições realizadas, utilizámos apenas o valor máximo de lactato alcançado.

Neste teste de avaliação procurámos obter diferentes resultados que podem contribuir para um melhor entendimento do nível de prestação de um corredor: (i) velocidade máxima na distância do teste (600m para os 800m, 1200m para os 1500m, 2000m para os 5000m e ½ maratona); (ii)  $V_4$  obtida pela projecção das rectas formadas pelo testes; (iii) utilização de áreas obtidas através das rectas e (iv) declive das rectas.

#### 4.6. Competição

Todos os atletas participantes neste estudo realizaram uma competição de acordo com o grupo a que pertenciam (800m, 1500m, 5000m e ½ Maratona). Nessas participações competitivas tivemos o cuidado de confirmar se a competição decorreu a um nível competitivo elevado para o nível de cada atleta e se a competição não se revestiu de aspectos táticos que prejudicassem a obtenção da melhor marca possível para cada atleta, naquele momento. Nesta perspectiva, não utilizámos qualquer competição de clubes onde a gestão de esforço nas provas se faz de acordo com as classificações obtidas para darem pontos aos clubes e onde normalmente os resultados competitivos ficam muito aquém das possibilidades individuais dos atletas. No final de cada prova um diálogo com o treinador e com o atleta, permitiu-nos confirmar se factores táticos, climatéricos, ou outros terão prejudicado o rendimento na prova seleccionada. Nalguns casos, e sempre que se detectaram influências que prejudicaram o rendimento dos atletas nas provas, essas competições não foram consideradas. Nestes casos, sempre que não era garantida a realização de uma prova próxima da data prevista, de modo a utilizarmos dados de testes já realizados, as avaliações já efectuadas eram repetidas.

Em relação à ½ maratona, seleccionámos uma única prova (Meia Maratona de Ovar), de modo a garantirmos que a comparação entre diferentes resultados não fosse influenciada por diferentes inclinações ou medições do percurso.

#### 4.7. Procedimentos matemáticos e estatísticos

Os dados obtidos após a realização dos procedimentos descritos no capítulo anterior foram tratados estatisticamente através da média e desvio padrão, com recurso ao SPSS 11.0.

Foi utilizado o teste de Shapiro-Wilk para testar a normalidade da distribuição das variáveis em estudo.

Recorremos ainda aos seguintes procedimentos:

(i) à interpolação linear para determinação da concentração de lactato correspondente a diferentes velocidades de corrida, com base no teste de determinação do limiar aeróbio-anaeróbio;

(ii) à regressão linear simples e ao coeficiente de correlação de *Pearson* para determinar:

- as associações entre as diferentes variáveis estudadas com o resultado competitivo;

- as associações entre diferentes variáveis.

(iv) à determinação de áreas e declives das rectas formadas pelos resultados do T2v, recorrendo ao programa Excel.

Todos os procedimentos estatísticos foram determinados através do programa SPSS 11.0, tendo o nível de significância sido mantido em 0.05.

Foram ainda calculadas as rectas de regressão correspondentes ao T2v, bem como as respectivas áreas.

As representações gráficas ilustrativas de tratamentos estatísticos de dados apresentadas ao longo do trabalho foram realizadas recorrendo aos programas Prism 4.0, da GraphPad e ao Deltagraph 5.0.



## 5. RESULTADOS

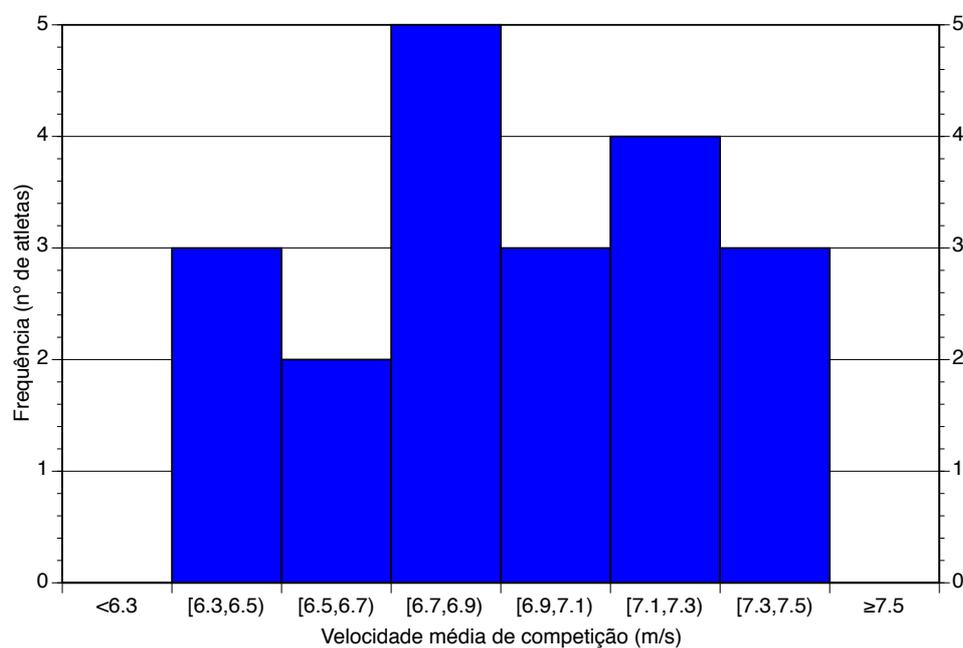


## 5. Resultados

### 5.1. Grupo de corredores de 800m

#### 5.1.1. Resultado competitivo

As marcas obtidas pelos atletas na prova de 800m apresentaram um valor médio de  $1\text{min } 56\text{s}13 \pm 5\text{s}41$  ( $1\text{min } 48\text{s}23 - 2\text{min } 06\text{s}35$ ). As velocidades de corrida mais utilizadas em competição estiveram compreendidas entre 6.7 e 6.9 m/s ( $n=5$ ), com um valor médio de  $6.90 \pm 0.32$ . Apenas três atletas competiram a uma velocidade inferior a 6.5 m/s (figura 9).



**Figura 9** - Histograma representativo da frequência de distribuição dos atletas por intervalos de velocidade de corrida, na prova de 800m.

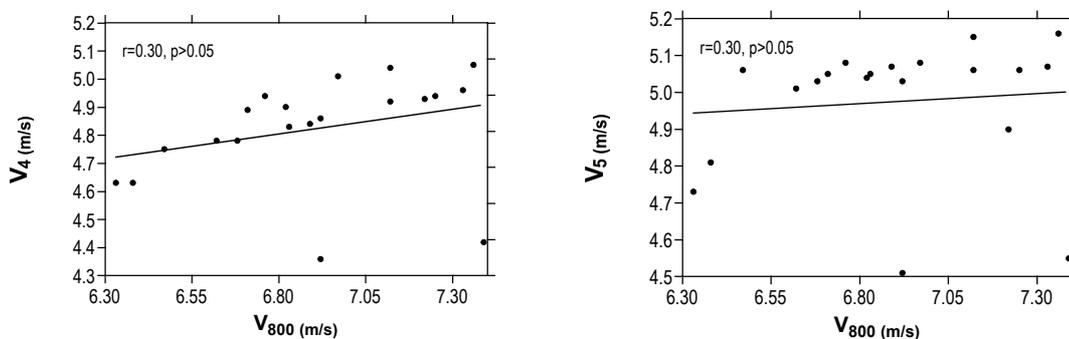
### 5.1.2. Limiar anaeróbio

Todos os atletas da amostra realizaram um teste de determinação do limiar anaeróbio, a partir do qual determinámos as velocidades de corrida correspondentes aos valores de 4.0 (V<sub>4</sub>) e 5.0 mmol/l (V<sub>5</sub>) de lactato sanguíneo (quadro 12).

**Quadro 12** - Valores médios ( $\pm$ dp) correspondentes à velocidade (m/s) obtida no teste de terreno para determinação do limiar anaeróbio, para concentrações lácticas de 4 e 5 mmol/l, para os 20 atletas da amostra.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
V <sub>4</sub>																			
4.42	5.05	4.96	4.94	4.93	4.92	5.04	5.01	4.36	4.86	4.84	4.83	4.78	4.9	4.94	4.89	4.78	4.75	4.63	4.63
															$\bar{X} = 4.82 \pm 0.19$ m/s				
															$\bar{X} = 4.98 \pm 0.18$ m/s				
4.55	5.16	5.07	5.06	4.9	5.06	5.15	5.08	4.51	5.03	5.07	5.05	5.03	5.04	5.08	5.05	5.01	5.06	4.81	4.73
V <sub>5</sub>																			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

As velocidades de corrida correspondentes às concentrações de lactato de 4.0 e 5.0 foram correlacionadas com a velocidade de corrida nos 800m (V<sub>800</sub>) (figura 10).



**Figura 10** - Correlação entre a velocidade na prova de 800m (V<sub>800</sub>) e a V<sub>4</sub> e V<sub>5</sub> para a totalidade da amostra.

A  $V_4$  dos atletas da amostra, quando expressa em função da  $v\dot{V}O_2\max$  de cada atleta, situa-se a  $77.53 \pm 4.15\%$  da sua  $v\dot{V}O_2\max$  (68.55-87.69%).

Podemos ainda verificar que os níveis de correlação entre a  $V_4$ , quando expressa em função da  $v\dot{V}O_2\max$  ( $V_4/v\dot{V}O_2\max$ ), e a competição de 800m ( $C_{800}$ ) não evidenciam significado estatístico ( $p > 0.05$ ).

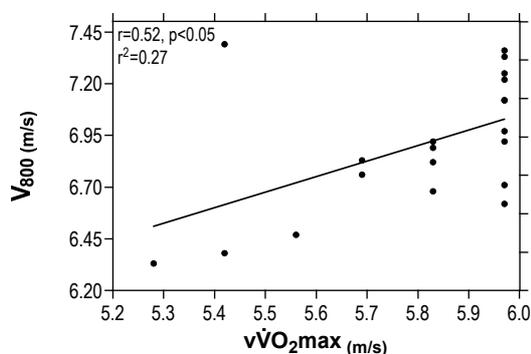
### 5.1.3. Velocidade à $v\dot{V}O_2\max$

A  $v\dot{V}O_2\max$  dos atletas da amostra foi de  $5.80 \pm 0.22$  m/s (5.28-5.97 m/s), cujos valores individuais podem ser observados no quadro 13.

**Quadro 13** - Valores médios ( $\pm dp$ ) e individuais, correspondentes às velocidades (m/s) obtidas no teste de terreno da Universidade de Montreal, para determinação da  $v\dot{V}O_2\max$ .

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$v\dot{V}O_2\max$																			
5.42	5.97	5.97	5.97	5.97	5.97	5.97	5.97	5.83	5.97	5.83	5.69	5.83	5.82	5.69	5.97	5.97	5.56	6.42	6.28
$\bar{X} = 5.80 \pm 0.22$ m/s																			

O nível de correlação com a competição foi moderada (figura 11).



**Figura 11** - Relação entre a velocidade na prova de 800m ( $V_{800}$ ) e a  $v\dot{V}O_2\max$ .

#### 5.1.4. Tempo limite

O Tlim dos atletas da amostra foi de  $5\text{min } 39\text{s} \pm 0.42\text{s}$ , não tendo sido encontrada qualquer correlação entre o Tlim e a competição (figura 12), nem entre o Tlim e a  $v\dot{V}O_2\text{max}$  (figura 13).

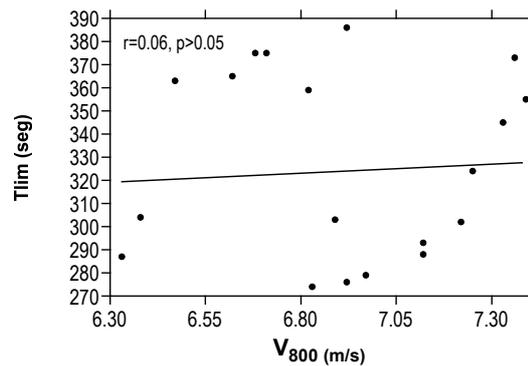


Figura 12 - Correlação entre a velocidade na prova de 800m e o Tlim.

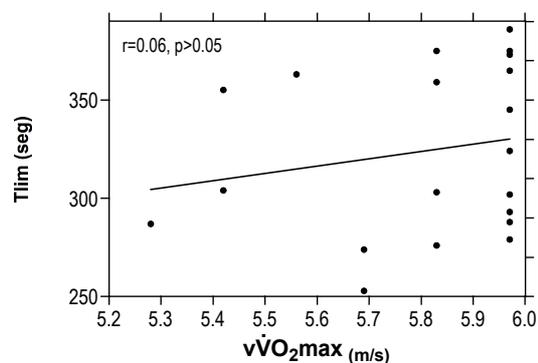
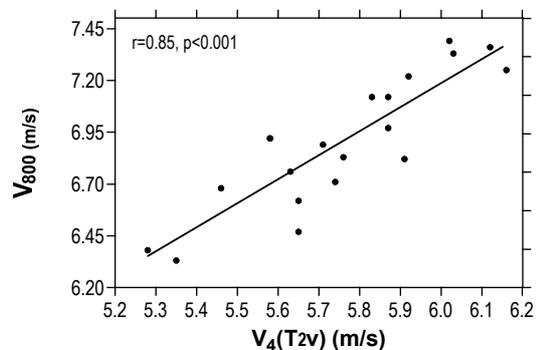


Figura 13 - Correlação entre o Tlim e a  $v\dot{V}O_2\text{max}$ .

#### 5.1.5. Teste de duas velocidades

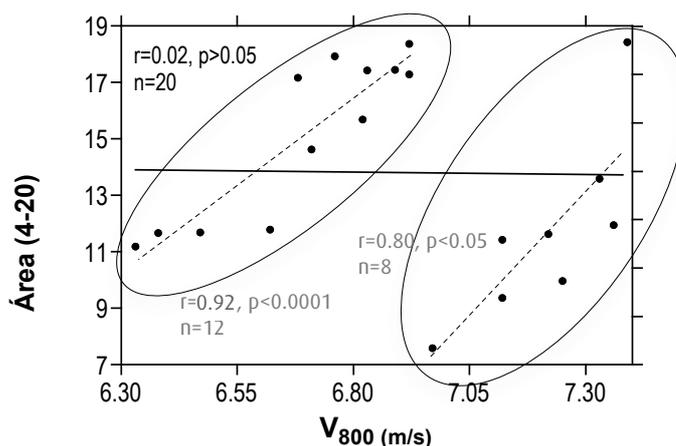
A  $V_4$ , determinada através deste teste, foi de  $5.76 \pm 0.24$  m/s. A partir dos resultados deste teste obtivemos ainda dados referentes aos declives (calculados a partir das equações das rectas de regressão), valores das áreas obtidas através da extrapolação das rectas entre as 4 e as 20 mmol/l e

velocidade de corrida nos 600 metros. Foram ainda estabelecidos os níveis de correlação entre estes resultados e a competição. A  $V_4$ , determinada através deste teste, apresentou uma correlação elevada com a  $C_{800}$  (figura 14).



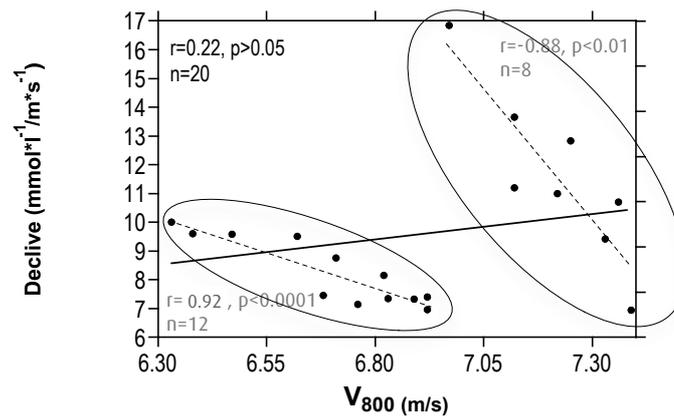
**Figura 14** - Correlação entre a velocidade na prova de 800m ( $V_{800}$ ) e a  $V_4$ , determinada através do T2v.

Relativamente às áreas determinadas a partir do T2v, a correlação com a prestação competitiva não se mostrou significativa para a totalidade da amostra (figura 15). Contudo, foi possível verificar uma clara divisão dos valores em dois grupos para os quais pudemos encontrar elevados níveis de correlação (figura 15).



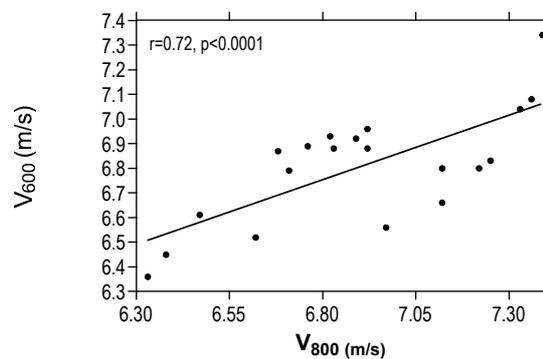
**Figura 15** - Correlação entre a velocidade na prova de 800m e as áreas determinadas através do T2v (—). Foram ainda determinados os níveis de correlação para dois subgrupos da amostra (atletas 1 a 8 e 9 a 20), com apresentação das respectivas rectas de regressão (---).

A determinação dos declives obtidos a partir das rectas do T2v, permitiu-nos verificar que a sua correlação com a prestação competitiva não se mostrou significativa (figura 16). Contudo, é também possível verificar uma clara divisão dos valores em dois grupos para os quais pudemos novamente encontrar elevados níveis de correlação (figura 16).



**Figura 16** - Correlação entre a velocidade na prova de 800m (V<sub>800</sub>) e os declives determinados através do T2v (—). Foram ainda determinados os níveis de correlação para dois subgrupos da amostra (atletas 1 a 8 e 9 a 20), cujas rectas da análise de regressão podem ser observadas (---).

Por fim, a velocidade de corrida na repetição máxima de 600m apresentou uma elevada correlação com o resultado na C<sub>800</sub> (figura 17).



**Figura 17** - Correlação entre a velocidade na prova de 800m (V<sub>800</sub>) e a velocidade de corrida obtida na repetição máxima do T2v (V<sub>600</sub>).

Sintetizando, podemos observar todos os principais resultados obtidos através do quadro 14.

**Quadro 14** - Resultados das correlações entre os principais resultados obtidos para cada teste.

Variáveis	V800	V4	V4/v $\dot{V}O_{2max}$	v $\dot{O}_{2max}$	Tlim	V4(T2v)
V800	1	p>0.05	p>0.05	r=0.52* r <sup>2</sup> =0.27	p>0.05	r=0.85** r <sup>2</sup> =0.73
V4		1	r=0.45* r <sup>2</sup> =0.21	r=0.65* r <sup>2</sup> =0.42	p>0.05	r=0.50* r <sup>2</sup> =0.26
V4/v $\dot{V}O_{2max}$			1	p>0.05	p>0.05	p>0.05
v $\dot{V}O_{2max}$				1	p>0.05	r=0.47* r <sup>2</sup> =0.23
Tlim					1	p>0.05
V4(T2v)						1

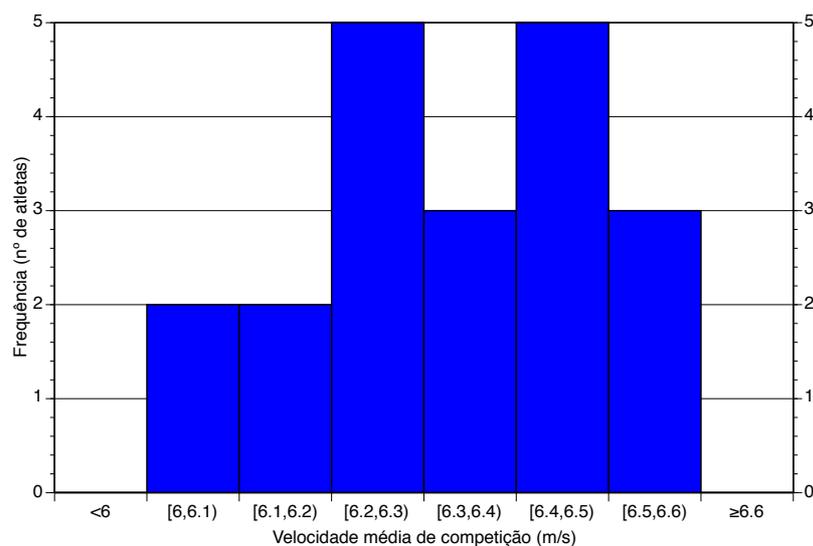
\* Nível de significância inferior a 0.05

\*\* Nível de significância inferior a 0.001

## 5.2. Grupo de corredores de 1500m

### 5.2.1. Resultado competitivo

As marcas obtidas pelos atletas na prova de 1500m apresentaram um valor médio de  $3\text{min } 57\text{s}36 \pm 5\text{s}9$  ( $3\text{min } 48\text{s}79$  -  $4\text{min } 09\text{s}61$ ). As velocidades de corrida mais utilizadas em competição estiveram compreendidas entre 6.2 e 6.5 m/s ( $n=13$ ), com um valor médio de  $6.32 \pm 0.16$ . Apenas dois atletas competiram a uma velocidade inferior a 6.2 m/s (figura 18).



**Figura 18** - Histograma representativo da frequência de distribuição dos atletas por intervalos de velocidade de corrida na prova de 1500m.

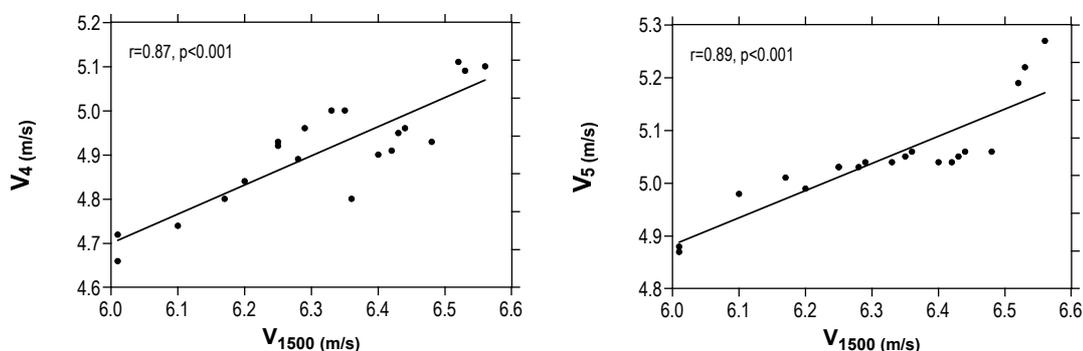
### 5.2.2. Limiar anaeróbio

Todos os atletas da amostra realizaram um teste de determinação do limiar anaeróbio, a partir do qual determinámos as velocidades de corrida correspondentes aos valores de 4.0 e 5.0 mmol/l de lactato sanguíneo (quadro 15).

**Quadro 15** - Valores médios ( $\pm dp$ ) correspondentes às velocidades (m/s) obtidas no teste de terreno para determinação do limiar anaeróbio, para concentrações lácticas de 4 e 5 mmol/l), para os 20 atletas da amostra.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<b>V<sub>4</sub></b>																			
5.10	5.09	5.11	4.93	4.96	4.95	4.91	4.90	4.80	5.0	5.0	4.96	4.89	4.92	4.93	4.84	4.80	4.74	4.72	4.66
															$\bar{X} = 4.91 \pm 0.12$ m/s				
															$\bar{X} = 5.05 \pm 0.09$ m/s				
5.27	5.22	5.19	5.06	5.06	5.05	5.04	5.04	5.06	5.05	5.04	5.04	5.03	5.03	5.03	4.99	5.01	4.98	4.88	4.87
<b>V<sub>5</sub></b>																			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

As velocidades de corrida correspondentes às concentrações de lactato de 4.0 e 5.0 foram correlacionadas com a velocidade de corrida nos 1500m (figura 19).



**Figura 19** - Correlação entre a velocidade na prova de 1500m ( $V_{1500}$ ) e a  $V_4$  (esquerda) e  $V_5$  (direita) para a totalidade da amostra.

A  $V_4$  dos atletas da amostra, quando expressa em função da  $v\dot{V}O_{2max}$  de cada atleta, situou-se a  $84.8 \pm 2.86\%$  da sua  $v\dot{V}O_{2max}$  (80-89.93%).

Fomos ainda verificar os níveis de correlação entre a  $V_4$ , quando relativizada à  $v\dot{V}O_{2max}$  ( $V_4/v\dot{V}O_{2max}$ ), e a competição de 1500m, que não apresentaram significado estatístico.

### 5.2.3 - Velocidade ao $\dot{V}O_{2max}$

A  $v\dot{V}O_{2max}$  dos atletas da amostra foi de  $5.84 \pm 0.26$  m/s (5.56-6.25m/s), cujos valores individuais podem ser observados no quadro 16.

**Quadro 16** - Valores médios ( $\pm dp$ ) e individuais, correspondentes às velocidades (m/s) obtidas no teste de terreno da Universidade de Montreal, na determinação da  $v\dot{V}O_{2max}$ .

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
v $\dot{V}O_{2max}$																			
6.25	6.11	6.25	6.11	5.97	5.97	5.97	5.83	5.56	6.25	5.56	5.56	5.69	5.97	5.56	5.69	5.56	5.56	5.83	5.56
																			$\bar{X} = 5.84 \pm 0.26$ m/s

O nível de correlação com a competição foi significativa com um valor de  $r=0.71$  (figura 20).

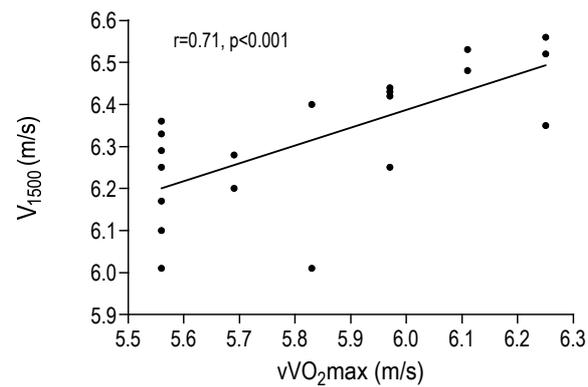


Figura 20 - Correlação entre a velocidade na prova de 1500m ( $V_{1500}$ ) e a  $v\dot{V}O_{2max}$ .

#### 5.2.4. Tempo limite

O Tlim dos atletas da amostra foi de  $5\text{min } 18\text{s} \pm 59\text{s}25$ , não tendo sido encontrada qualquer correlação entre o Tlim e a competição (figura 21) nem mesmo entre o Tlim e a  $v\dot{V}O_{2max}$  ( $p>0.05$ ).

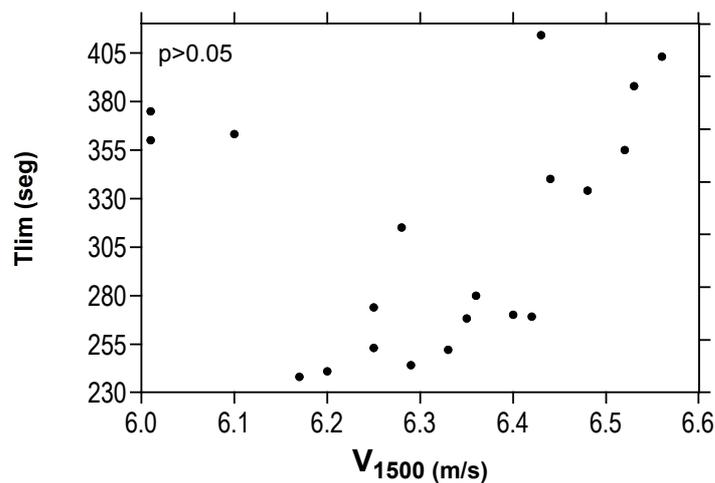
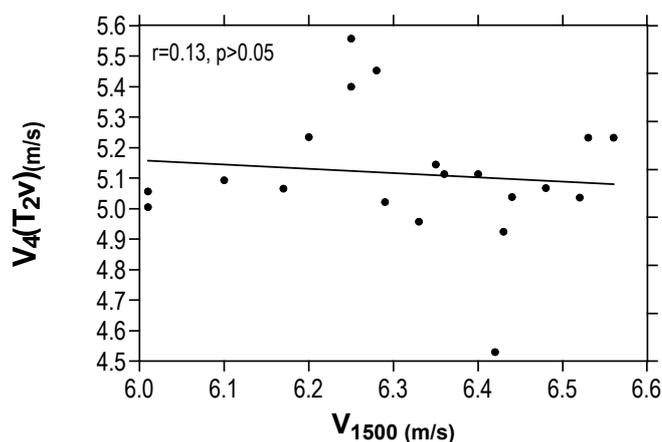


Figura 21 - Correlação entre a velocidade na prova de 1500m ( $V_{1500}$ ) e o Tlim.

### 5.2.5. Teste de duas velocidades

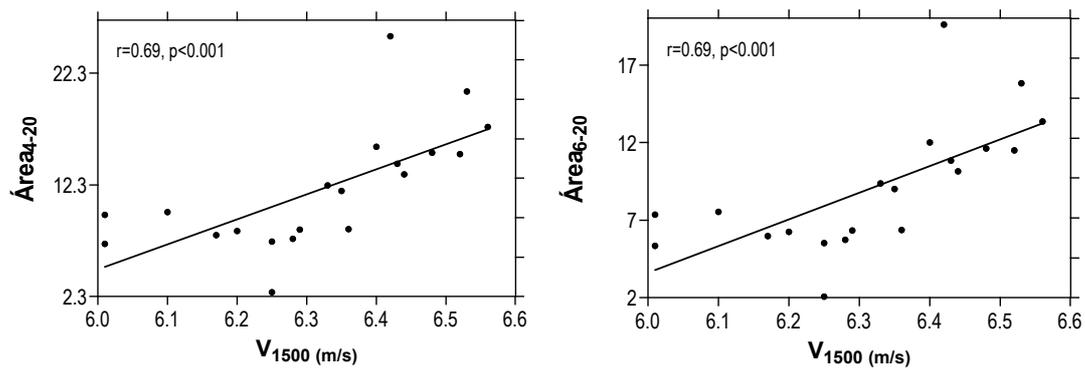
A  $V_4$ , determinada através deste teste, foi de  $5.09 \pm 0.22$  m/s. A partir dos resultados deste teste obtivemos ainda resultados referentes aos declives (obtidos a partir das equações das rectas de regressão), valores das áreas calculadas através da extrapolação das rectas entre as 4 e as 20 mmol/l e as 6 a 20 mmol/l, bem como a velocidade de corrida nos 1200 metros (quadro 17).

Foram ainda estabelecidos os níveis de correlação entre estes resultados e a competição. A  $V_4$ , determinada através deste teste, não apresentou correlação com a C1500 (figura 22).



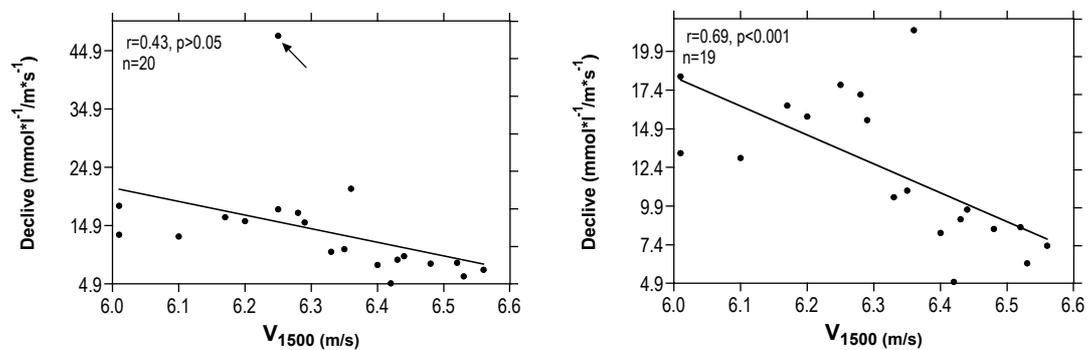
**Figura 22** - Correlação entre a velocidade na prova de 1500m ( $V_{1500}$ ) e a  $V_4$  determinada pelo T2v

A correlação entre as áreas determinadas entre as 4/20 mmol/l e as 6/20 mmol/l, e  $V_{1500}$ , evidenciaram significado estatístico (figura 23).



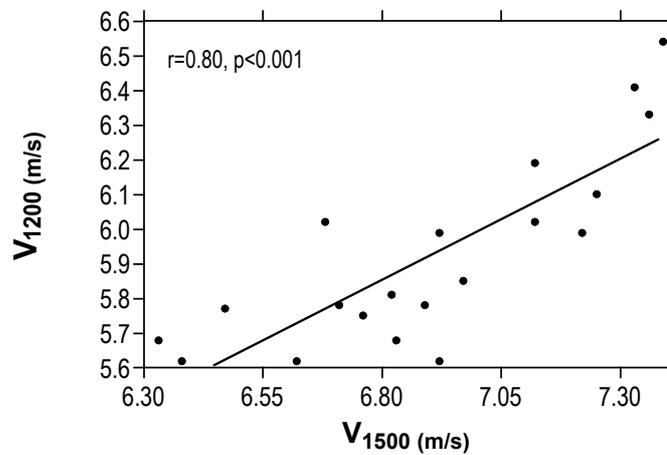
**Figura 23** - Correlação entre a velocidade de corrida na prova de 1500m ( $V_{1500}$ ) e as áreas determinadas pela extrapolação das rectas de regressão do T2v.

O declive das rectas (figura 24) não se correlacionou significativamente com a  $V_{1500}$  para a totalidade da amostra (figura da esquerda). Contudo, a correlação passou a ser significativa, depois de retirado o atleta que apresenta um declive consideravelmente mais acentuado que os restantes atletas da amostra (figura da direita).



**Figura 24** - Correlação entre a velocidade na prova de 1500m ( $V_{1500}$ ) e o declive das rectas obtidas a partir do T2v.

A velocidade de corrida na repetição máxima de 1200m apresentou uma elevada correlação com a V<sub>1500</sub> (figura 25).



**Figura 25** - Correlação entre a velocidade na prova de 1500m (V<sub>1500</sub>) e a velocidade na repetição máxima de 1200m do T<sub>2v</sub> (V<sub>1200</sub>).

Podemos ainda relacionar os principais resultados obtidos de modo a sintetizarmos os valores de correlação mais importantes entre os nossos resultados (quadro 17).

**Quadro 17** - Resultados das correlações entre os principais resultados obtidos para cada teste.

Variáveis	V <sub>1500</sub>	V <sub>4</sub>	V <sub>5</sub>	V <sub>4</sub> /v $\dot{V}O_2$ max	v $\dot{V}O_2$ max	Tlim	V <sub>4</sub> (T <sub>2v</sub> )
V <sub>1500</sub>	1	r=0.87** r <sup>2</sup> =0.75	r=0.89** r <sup>2</sup> =0.76	p>0.05	r=0.71** r <sup>2</sup> =0.50	p>0.05	p>0.05
V <sub>4</sub>		1	r=0.89** r <sup>2</sup> =0.78	r=0.45* r <sup>2</sup> =0.21	r=0.67** r <sup>2</sup> =0.45	p>0.05	p>0.05
V <sub>5</sub>			1	p>0.05	p>0.05	p>0.05	p>0.05
V <sub>4</sub> /v $\dot{V}O_2$ max				1	r=0.82** r <sup>2</sup> =0.68	r=0.52* r <sup>2</sup> =0.27	p>0.05
v $\dot{V}O_2$ max					1	p>0.05	p>0.05
Tlim						1	p>0.05
V <sub>4</sub> (T <sub>2v</sub> )							1

\* Nível de significância inferior a 0.05

\*\* Nível de significância inferior a 0.001

### 5.3. Grupo de corredores de 5000m

#### 5.3.1. Resultado competitivo

As marcas obtidas pelos atletas na prova de 5000m apresentaram um valor médio de 14min 23s71 $\pm$ 8s26 (13min 51s75-14min 59s72). As velocidades de corrida mais utilizadas em competição estiveram compreendidas entre 5.7 e 5.8 m/s (n=8), com um valor médio de 5.78 $\pm$ 0.12. Apenas três atletas a competirem a uma velocidade inferior a 5.7 m/s (figura 26).

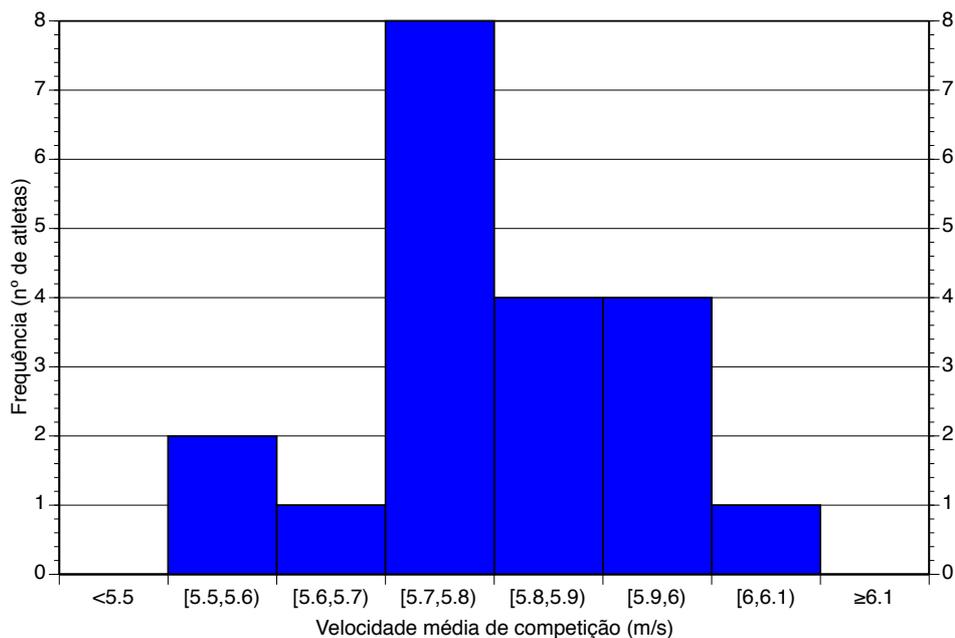


Figura 26 - Histograma representativo da frequência de distribuição dos atletas por intervalos de velocidade de corrida na prova de 5000m.

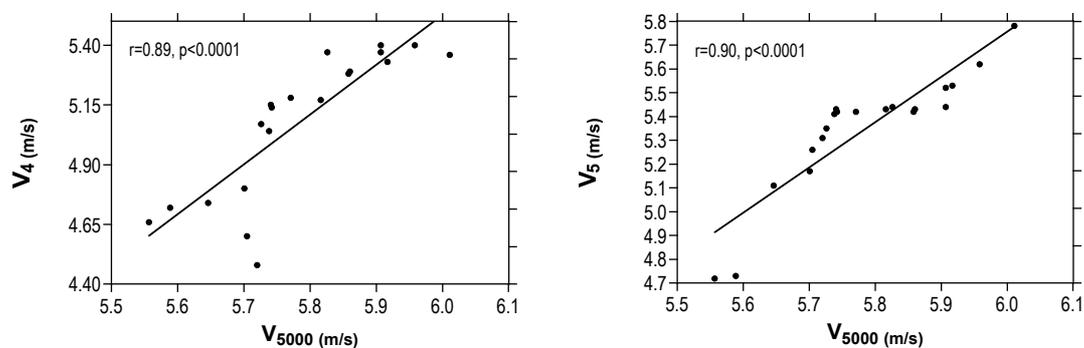
### 5.3.2. Limiar anaeróbio

Todos os atletas da amostra realizaram um teste de determinação do limiar anaeróbio, a partir do qual determinámos as velocidades de corrida correspondentes aos valores de 4.0 e 5.0 mmol/l de lactato sanguíneo (quadro 18).

**Quadro 18** - Valores médios ( $\pm$  dp) correspondentes às velocidades obtidas no teste de terreno, para concentrações lácticas de 4 e 5 mmol/l, para os 20 atletas da amostra.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<b>V<sub>4</sub></b>																			
5.65	5.54	5.41	5.43	5.36	5.40	5.33	5.40	5.37	5.29	5.28	5.37	5.17	5.18	5.14	5.15	5.04	5.07	4.48	4.60
																$\bar{X} = 5.23 \pm 0.28$			
																$\bar{X} = 5.35 \pm 0.26$			
5.78	5.62	5.53	5.52	5.44	5.43	5.42	5.44	5.43	5.42	5.42	5.43	5.41	5.35	5.31	5.26	5.17	5.11	4.73	4.72
<b>V<sub>5</sub></b>																			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

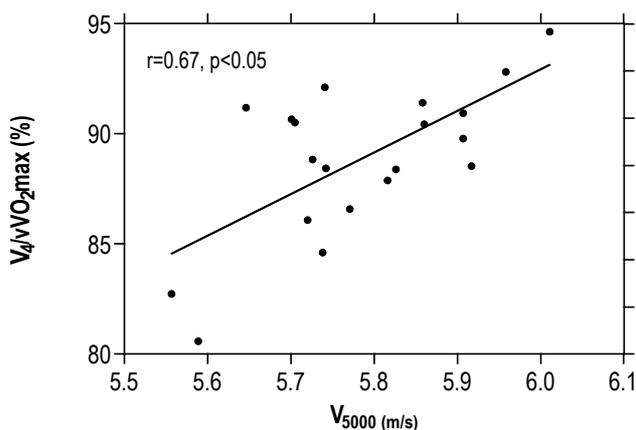
As velocidades de corrida correspondentes às concentrações de lactato de 4.0 e 5.0 foram correlacionadas com a velocidade de corrida na prova de 5000m (figura 27).



**Figura 27** - Correlação entre a velocidade na prova de 5000m ( $V_{5000}$ ) e a  $V_4$  para a totalidade da amostra.

A  $V_4$  dos atletas da amostra, quando expressa em função da  $v\dot{V}O_{2max}$  de cada atleta, situou-se a  $88.8 \pm 3.43\%$  da sua  $v\dot{V}O_{2max}$  (80.58-94.64%).

Podemos ainda verificar os níveis de correlação entre a  $V_4$ , quando relativizada à  $v\dot{V}O_{2max}$  ( $V_4/v\dot{V}O_{2max}$ ), e a  $V_{5000}$ , cujos resultados podem ser observados na figura 28.



**Figura 28** - Correlação entre a velocidade na prova de 5000m ( $V_{5000}$ ) e a  $V_4$ , expressa em função da  $v\dot{V}O_{2max}$  para a totalidade da amostra.

### 5.3.3. Velocidade ao $\dot{V}O_{2max}$

A  $v\dot{V}O_{2max}$  dos atletas da amostra foi de  $5.89 \pm 0.20$  m/s (5.56-6.11 m/s), cujos valores individuais podem ser observados no quadro 19.

**Quadro 19** - Valores médios ( $\pm dp$ ) e individuais, correspondentes às velocidades (m/s) obtidas no teste de terreno da Universidade de Montreal, para determinação da  $v\dot{V}O_{2max}$ .

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
v $\dot{V}O_{2max}$																			
5.97	5.97	6.11	5.97	5.97	5.97	5.83	6.11	6.11	6.11	5.97	5.83	6.11	5.83	5.97	5.69	5.56	5.56	5.56	5.56
																			$\bar{X} = 5.89 \pm 0.20$ m/s

O nível de correlação com a competição foi significativa apresentando um valor de  $r=0.67$  (figura 29).

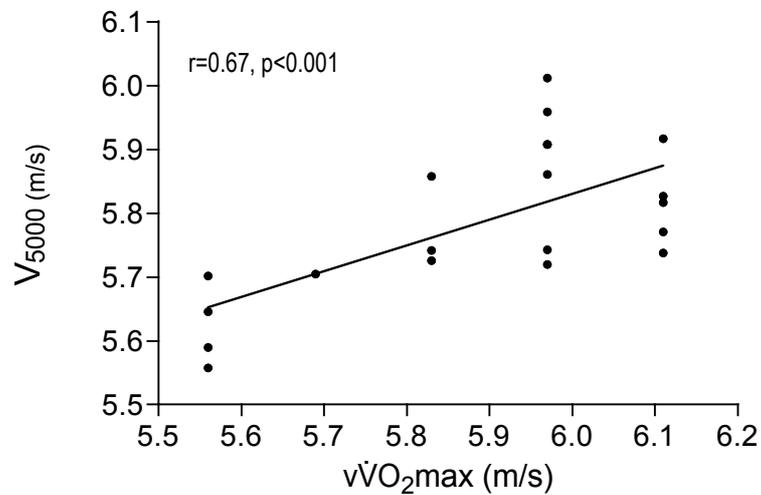


Figura 29 - Correlação entre a velocidade na prova de 5000m (V<sub>5000</sub>) e a vVO<sub>2</sub>max.

#### 5.3.4. Tempo limite

O T<sub>lim</sub> dos atletas da amostra foi de 5min 12s ± 37s, não tendo sido encontrada qualquer correlação entre o T<sub>lim</sub> e a competição ( $p>0.05$ ) (figura 30).

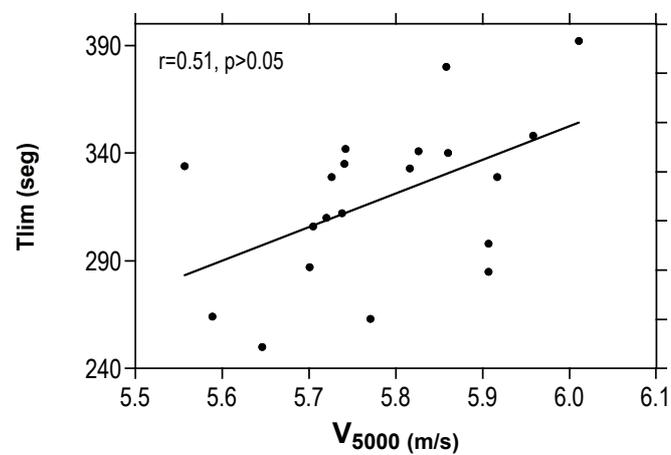
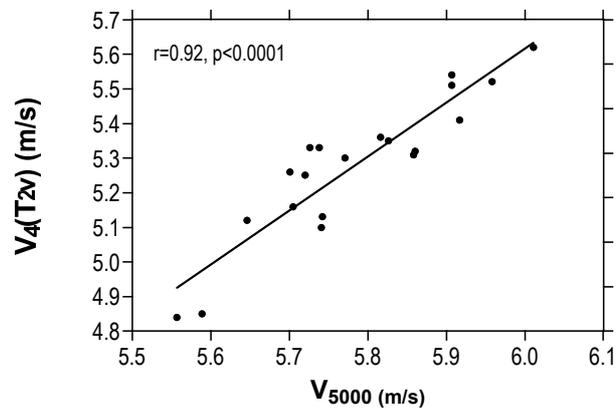


Figura 30 - Correlação entre a velocidade na prova de 5000m (V<sub>5000</sub>) e o T<sub>lim</sub>.

### 5.3.5. Teste de duas velocidades

A  $V_4$ , determinada através deste teste, foi de  $5.28 \pm 0.21$  m/s. A partir dos resultados deste teste obtivemos ainda resultados referentes aos declives (obtidos a partir das equações das rectas de regressão) e valores das áreas obtidas através da extrapolação das rectas entre as 4 e as 20 mmol/l e a velocidade de corrida nos 2000m. Foi ainda determinado o nível de correlação entre a  $V_{5000}$  e lactato máximo após a repetição máxima deste teste ( $V_{2000}$ ). A  $V_4$  determinada através do T2v, apresenta uma correlação elevada com a  $V_{5000}$  (figura 31).



**Figura 31** - Correlação entre a velocidade na prova de 5000m ( $V_{5000}$ ) e a  $V_4$  determinada através do T2v.

No que diz respeito aos restantes resultados obtidos a partir do T2v, não foi encontrada nenhuma correlação com a  $V_{5000}$  ( $p>0.05$ ).

Sintetizando, podemos observar os principais resultados obtidos através do quadro 20.

Quadro 20 - Resultados das correlações entre os principais resultados obtidos para cada teste.

Variáveis	V5000	V4	V5	V4/v $\dot{V}O_2$ max	v $\dot{V}O_2$ max	Tlim	V4(T2v)
V5000	1	r=0.89** r <sup>2</sup> =0.80	r=0.90** r <sup>2</sup> =0.80	r=0.67** r <sup>2</sup> =0.45	r=0.67** r <sup>2</sup> =0.45	r=0.51* r <sup>2</sup> =0.26	r=0.92** r <sup>2</sup> =0.84
V4		1	r=0.98** r <sup>2</sup> =0.96	r=0.79** r <sup>2</sup> =0.62	r=0.72** r <sup>2</sup> =0.52	r=0.50* r <sup>2</sup> =0.25	r=0.87** r <sup>2</sup> =0.76
V5			1	r=0.72** r <sup>2</sup> =0.52	r=0.76** r <sup>2</sup> =0.58	r=0.50* r <sup>2</sup> =0.25	r=0.89** r <sup>2</sup> =0.79
V4/v $\dot{V}O_2$ max				1	p>0.05	p>0.05	r=0.74** r <sup>2</sup> =0.41
v $\dot{V}O_2$ max					1	p>0.05	r=0.67** r <sup>2</sup> =0.45
Tlim						1	p>0.05
V4(T2v)							1

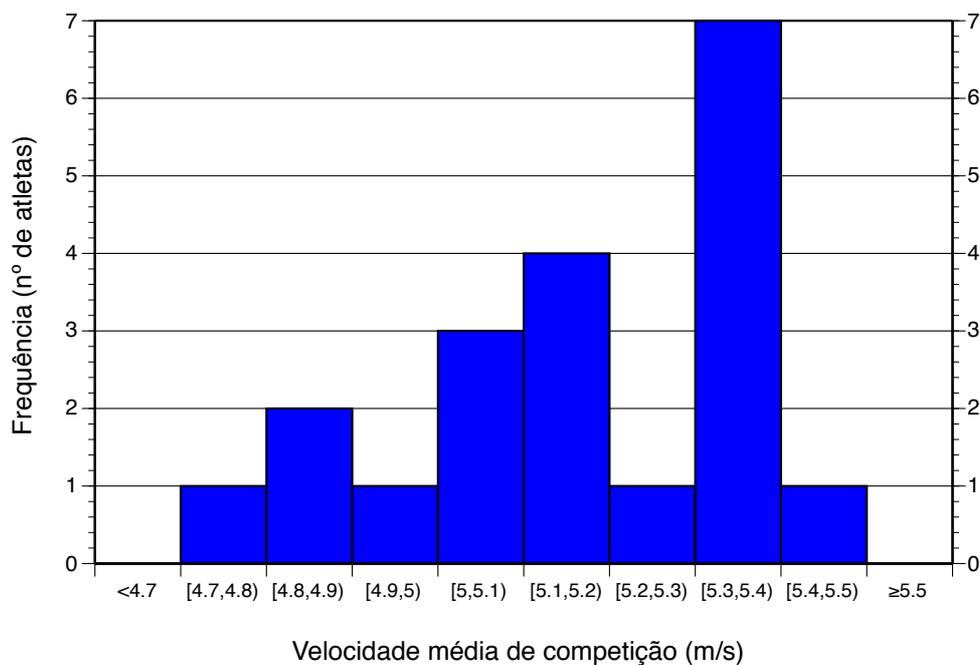
\* Nível de significância inferior a 0.05

\*\* Nível de significância inferior a 0.001

## 5.4. Grupo de corredores de meia maratona

### 5.4.1. Resultado competitivo

As marcas obtidas pelos atletas na prova de  $\frac{1}{2}$ maratona apresentaram um valor médio de  $1\text{h } 08\text{min } 37\text{s} \pm 1\text{min } 46\text{s}$  ( $1\text{h } 04\text{min } 55\text{s} - 1\text{h } 13\text{min } 54\text{s}$ ). As velocidades de corrida mais utilizadas na prova estiveram compreendidas entre 5.3 e 5.5m/s ( $n=8$ ), com um valor médio de  $5.17 \pm 0.50$ . Apenas 3 atletas da amostra correram a uma velocidade inferior a 5.0m/s (3min 20s/km) (figura 32).



**Figura 32** - Histograma representativo da frequência de distribuição dos atletas por intervalos de velocidade de corrida na prova de  $\frac{1}{2}$ maratona.

### 5.4.2. Limiar anaeróbio

Todos os atletas da amostra realizaram um teste de determinação do limiar anaeróbio, a partir do qual determinámos as velocidades de corrida correspondentes aos valores de 4.0 e 5.0 mmol/l de lactato sanguíneo (quadro 21).

**Quadro 21** - Valores médios ( $\pm$  dp) correspondentes às velocidades obtidas no teste de terreno, para concentrações lácticas de 4 e 5 mmol/l, para os 20 atletas da amostra.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
V <sub>4</sub>																			
5.67	5.44	5.43	5.41	5.40	5.38	5.35	5.36	5.36	5.32	5.32	5.31	5.25	5.23	5.05	4.81	4.78	4.77	4.72	4.64
																$\bar{X} = 5.20 \pm 0.20$			
																$\bar{X} = 5.33 \pm 0.25$			
5.77	5.51	5.49	5.45	5.47	5.48	5.46	5.46	5.47	5.45	5.44	5.43	5.40	5.44	5.16	5.05	5.02	5.04	4.93	4.73
V <sub>5</sub>																			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

As velocidades de corrida correspondentes às concentrações de lactato de 3.0, 3.5, 4.0, 4.5 e 5.0 foram correlacionadas com a velocidade de corrida à ½ maratona (quadro 22).

**Quadro 22** - Resultados ( $r$ ,  $r^2$  e erro padrão de estimativa) referentes à relação entre a velocidade de corrida, determinada no teste de terreno para determinação do limiar anaeróbio para diferentes concentrações lácticas e a velocidade à ½ maratona.

V <sub>½ maratona</sub>	$r$	$r^2$	epe
3.0	0.92	0.845	0.08
3.5	0.94	0.884	0.07
4.0	0.95	0.904	0.06
4.5	0.93	0.869	0.08
5.0	0.92	0.844	0.08

Deste modo, a  $V_4$  foi a velocidade que mais se correlacionou com o rendimento na  $\frac{1}{2}$ maratona (figura 33).

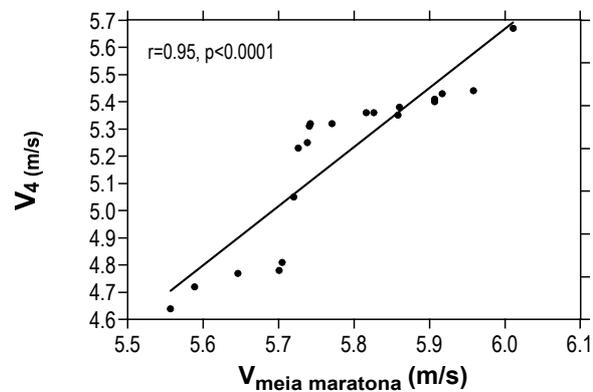


Figura 33 - Relação entre a  $V_{\frac{1}{2}\text{maratona}}$  e a  $V_4$  para a totalidade da amostra.

A  $V_4$  dos atletas da amostra, quando expressa em função da  $v\dot{V}O_2\text{max}$  de cada atleta, situou-se a  $88.7 \pm 2.6\%$  da sua  $v\dot{V}O_2\text{max}$  (83.5-92.8%).

Pudemos ainda verificar os níveis de correlação entre a  $V_4$  quando expressa em função da  $v\dot{V}O_2\text{max}$  ( $V_4/v\dot{V}O_2\text{max}$ ) e a  $V_{\frac{1}{2}\text{maratona}}$ , cujos resultados podem ser observados na figura 34.

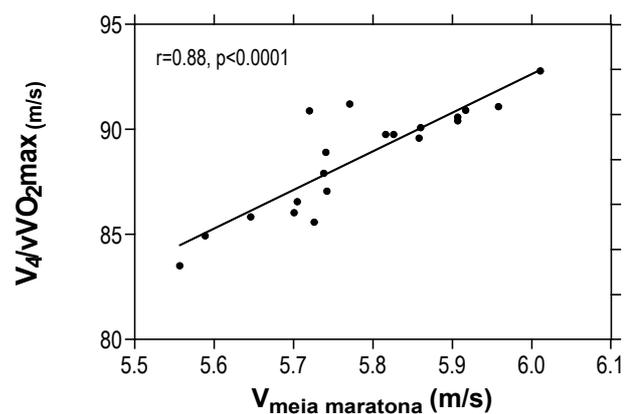


Figura 34 - Correlação entre a  $V_{\frac{1}{2}\text{maratona}}$  e a  $V_4$  expressa em função da  $v\dot{V}O_2\text{max}$ .

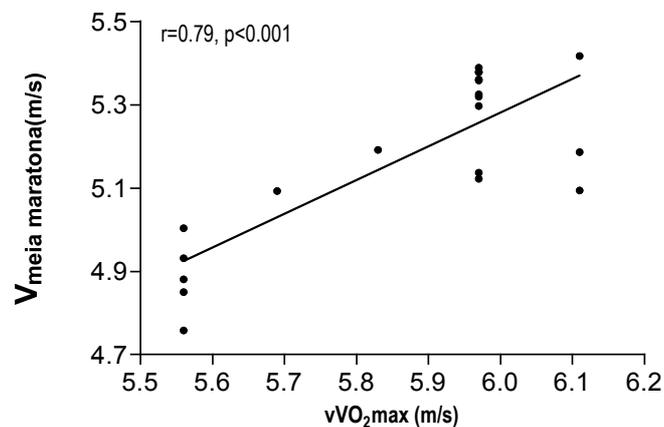
### 5.4.3. Velocidade ao $\dot{V}O_2\text{max}$

A  $v\dot{V}O_2\text{max}$  dos atletas da amostra foi de  $5.86 \pm 0.21\text{m/s}$  (5.56-6.11m/s) (quadro 23).

**Quadro 23** - Valores médios ( $\pm dp$ ) e individuais, correspondentes às velocidades (m/s) obtidas no teste de terreno da Universidade de Montreal, para determinação da  $v\dot{V}O_2\text{max}$ .

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$v\dot{V}O_2\text{max}$																			
6.11	5.97	5.97	5.97	5.97	5.97	5.97	5.97	5.97	5.83	6.11	5.97	5.97	6.11	5.56	5.56	5.56	5.56	5.56	5.56
$\bar{X} = 5.86 \pm 0.21\text{m/s}$																			

O nível de correlação da  $v\dot{V}O_2\text{max}$  com a competição foi significativo apresentando um valor de  $r=0.79$  ( $p<0.001$ ) (figura 35).



**Figura 35** - Relação entre a  $V_{1/2\text{maratona}}$  e a  $v\dot{V}O_2\text{max}$ .

#### 5.4.4. Tempo limite

O Tlim dos atletas da amostra foi de  $5\text{min } 09\text{s} \pm 1\text{min } 53\text{s}$ . O nível de correlação com a competição foi moderado, apresentando um valor de  $r=0.48$  (figura 36).

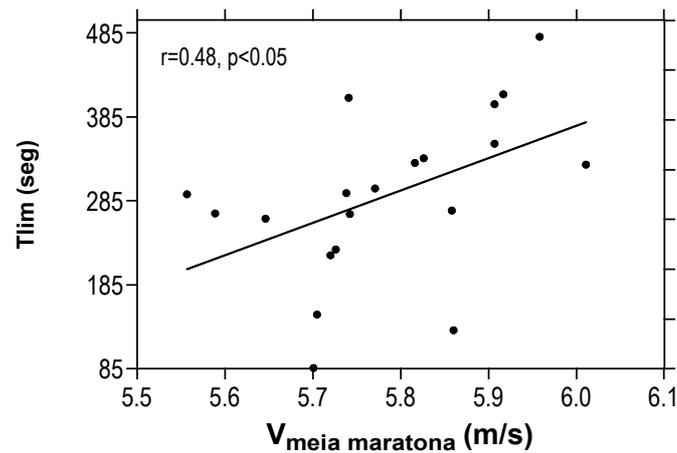


Figura 36 - Correlação entre a  $V_{\frac{1}{2}\text{maratona}}$  e o Tlim.

O Tlim também se correlacionou significativamente com a  $v\dot{V}O_2\text{max}$  (figura 37) e com a  $V_4$  (figura 38).

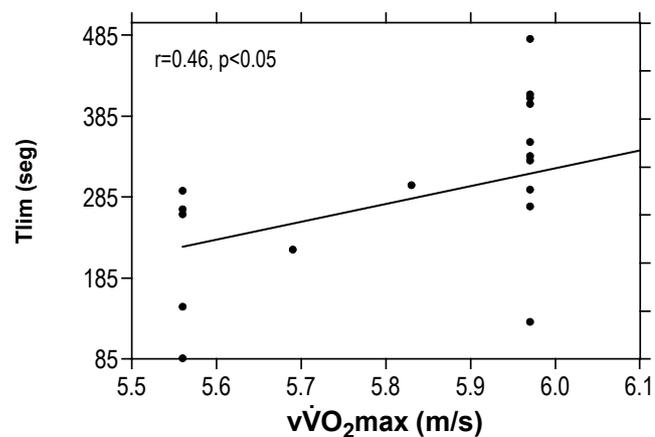


Figura 37 - Correlação entre a  $V_{\frac{1}{2}\text{maratona}}$  e a  $v\dot{V}O_2\text{max}$ .

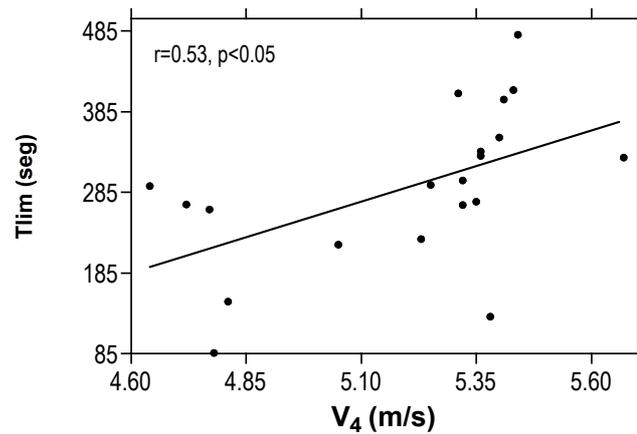


Figura 38 - Correlação entre a  $V_{1/2}$ maratona e a  $V_4$ .

#### 4.4.5. Teste de duas velocidades

A  $V_4$ , determinada através deste teste, foi de  $5.27 \pm 0.29$  m/s. Foram ainda estabelecidos os níveis de correlação entre o resultado deste teste e a competição (figura 39).

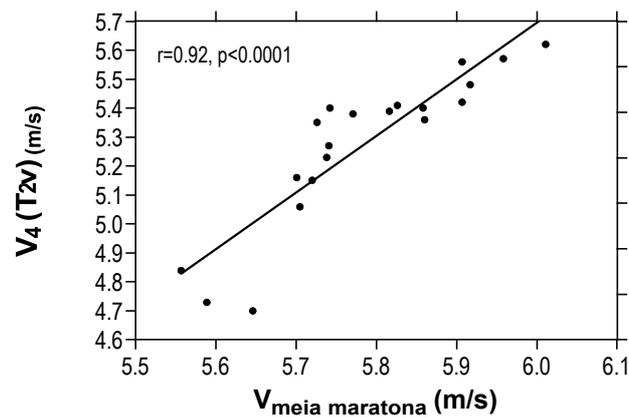


Figura 39 - Correlação entre a  $V_{1/2}$ maratona e a  $V_4$  determinada através do T2v.

Os declives das rectas obtidas através do T2v evidenciaram uma correlação significativa com a  $V_{1/2}$ maratona (figura 40).

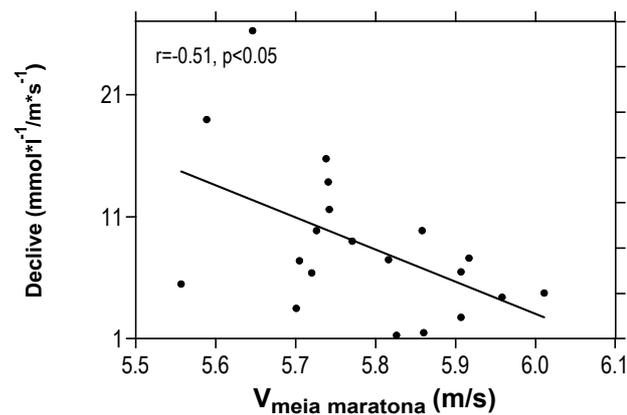


Figura 40 - Correlação entre a  $V_{\frac{1}{2}\text{maratona}}$  e o declive das rectas determinadas através do T2v.

No que diz respeito aos restantes resultados obtidos a partir do T2v, não foi encontrada nenhuma correlação com a  $V_{\frac{1}{2}\text{maratona}}$  ( $p > 0.05$ ).

Podemos ainda relacionar todos os resultados obtidos, sintetizando os principais resultados entre as variáveis do nosso estudo (quadro 24).

Quadro 24 - Resultados das correlações entre os principais resultados obtidos para cada teste.

Variáveis	$V_{\frac{1}{2}\text{maratona}}$	$V_4$	$V_4/v\dot{V}O_{2\text{max}}$	$v\dot{V}O_{2\text{max}}$	Tlim	$V_4(\text{T2v})$
$V_{\frac{1}{2}\text{maratona}}$	1	$r=0.95^{**}$ $r^2=0.90$	$p > 0.05$	$r=0.79^{**}$ $r^2=0.66$	$r=0.41^*$ $r^2=0.19$	$r=0.92^{**}$ $r^2=0.85$
$V_4$		1	$r=0.92^{**}$ $r^2=0.85$	$r=0.90^{**}$ $r^2=0.85$	$r=0.52^*$ $r^2=0.28$	$r=0.93^{**}$ $r^2=0.86$
$V_4/v\dot{V}O_{2\text{max}}$			1	$r=0.53^*$ $r^2=0.27$	$r=0.47^*$ $r^2=0.22$	$p > 0.05$
$v\dot{V}O_{2\text{max}}$				1	$r=0.44^*$ $r^2=0.21$	$r=0.85^{**}$ $r^2=0.72$
Tlim					1	$p > 0.05$
$V_4(\text{T2v})$						1

\* Nível de significância inferior a 0.05

\*\* Nível de significância inferior a 0.001



## 6. DISCUSSÃO



## 6. Discussão

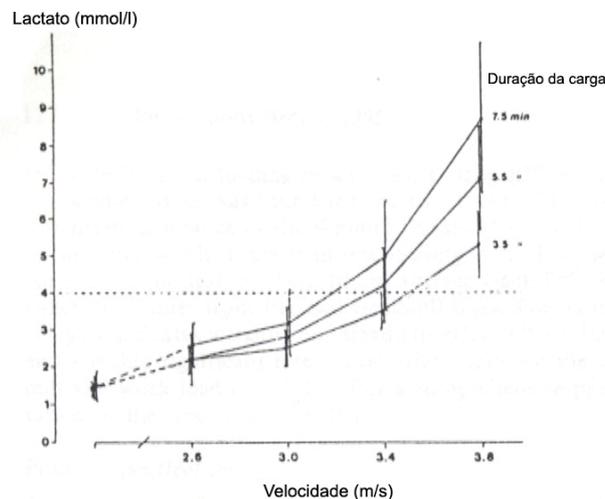
### 6.1. Metodologia

Os parâmetros utilizados no presente trabalho foram seleccionados de modo a que pudessem ser avaliados em situação de terreno, procurando uma aproximação dos resultados obtidos com as características específicas de competição (Mader et al., 1980; Mader et al., 1991; Lacour et al., 1991; Berthoin et al, 1996b).

Tendo em conta a importância dos sistemas aeróbio e anaeróbio no rendimento em meio fundo (Spencer e Gastin, 2001), seleccionámos um conjunto de testes que tornassem tão perceptível quanto possível o contributo de cada um destes sistemas no rendimento competitivo dos atletas avaliados.

Assim, para avaliação do limiar anaeróbio, utilizámos o protocolo proposto por Mader et al. (1976). Esta opção foi feita tendo por base a elevada diversidade de estudos publicados com resultados obtidos através deste teste (Föhrenbach et al., 1987; Mader, 1991; Santos, 1995; Jones, 1998; Colaço, 1999; Bragada, 2003). Procurámos ainda seleccionar um teste cujo tempo de duração de esforço por patamar não provocasse uma sobrevalorização na determinação do limiar anaeróbio, o que parece ser conseguido com uma duração por patamar próxima dos 6min (Mader et al., 1976). De facto e apesar dos valores das concentrações de lactato sanguíneo parecerem não diferir muito se o protocolo for realizado com patamares de duração inferior (Sjödin e Jacobs, 1981; Coen et al., 2000), as diferenças encontradas em diversos estudos justificam a utilização de patamares com uma duração não inferior a 5min (Heck et al., 1985; Beneke, 2003), de modo a evitar-se uma sobrevalorização das velocidades de corrida correspondentes ao limiar anaeróbio (Coen et al., 2000). Ainda assim, existem autores que propõem 1min (Boutcher et al., 1989), 2min (Hambrecht et al., 1985) ou 3min (McGuiggin and Schneider, 1993; Beneke, 1995) para a duração de cada patamar. Apesar destas propostas e de alguns autores sugerirem mesmo a realização de patamares com duração de

9min (Palmer, 1997), optámos por seguir as propostas de Mader et al. (1976) e realizar patamares com um tempo de esforço compreendido entre os 6 e 8 min, indo igualmente de encontro aos resultados obtidos por Foxdal et al. (1996) que concluíram que o tempo de cada patamar se deve aproximar dos 8min. A opção pelo protocolo de Mader et al. (1976) pretende dar resposta a estes problemas, já que os seus resultados mostram que os tempos de esforço por patamar entre os 6min e 8min são os que permitem avaliar com maior exactidão o Maxlact dos atletas avaliados, evitando assim determinações incorrectas do limiar anaeróbio (figura 41).



**Figura 41** - Valores médios da lactemia (mmol/l) para patamares de carga de trabalho com duração de 3.5, 5.5 e 7.5 min e idênticos períodos de recuperação (adaptado de Mader, 1991).

Para a determinação da  $v\dot{V}O_2\text{max}$ , a opção pelo TTUM (Lacour et al., 1991) permitiu-nos, numa situação de terreno, obter um valor sem interferências e constrangimentos habitualmente associados aos testes de determinação do  $\dot{V}O_2\text{max}$  (Brooks et al., 2000). Adicionalmente, diversos estudos (Lacour et al., 1991; Ahmaid et al., 1992; Berthoin et al., 1996a; Berthoin et al., 1996b) observaram uma correlação elevada entre a  $v\dot{V}O_2\text{max}$ , determinada através do TTUM, e a determinada em tapete rolante. Este facto é reforçado por Colaço et al. (2004), que obtiveram correlações elevadas entre a  $v\dot{V}O_2\text{max}$  determinada através do TTUM e a obtida em tapete rolante ( $r=0.97$ ), em corredores de

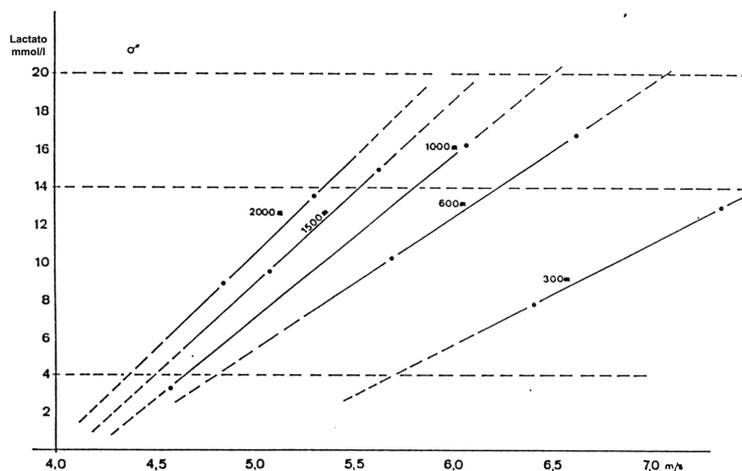
meio fundo e indivíduos com prática desportiva regular (n=24). Nesse estudo, a elevada proximidade da  $v\dot{V}O_2\text{max}$ , determinada em tapete rolante (21.51 km/h) e através do TTUM (21.67 km/h), nos atletas de meio fundo (n=12), sugere que o TTUM pode ser útil na determinação deste indicador. A importância deste teste tem, ainda, sido reforçada pela sua utilização na avaliação de corredores, em estudos longitudinais (Tuimil e Rodrigues, 2001).

A  $v\dot{V}O_2\text{max}$  determinada através do TTUM, foi utilizada para obtenção do Tlim (Berthoin et al., 1996a), tendo os atletas corrido a essa velocidade ( $v\dot{V}O_2\text{max}$ ) até à exaustão. Os resultados obtidos neste teste oscilam normalmente entre os 4 e 11min, estando os valores médios normalmente situados em torno dos 6min (Billat, 2003). Este parâmetro parece estar sujeito a uma grande variabilidade inter-individual determinada pela maior ou menor capacidade do atleta recorrer ao metabolismo anaeróbio (Billat et al., 1994e) assim como pela maior ou menor habilidade para tolerar ambientes físico-químicos musculares deletérios, de que é exemplo a acidose metabólica. Vários estudos relatam resultados contraditórios acerca de relação entre o Tlim e a performance desportiva. Se alguns evidenciaram alguma relação (Billat et al., 1993; Billat et al., 1994c; Billat et al., 1994d; Billat et al., 1996), outros não demonstram qualquer relação (Billat et al., 1994e). Apesar destas contradições, este parâmetro parece ser capaz de fornecer dados particularmente relevantes para a quantificação das intensidades de esforço em treinos que visam o desenvolvimento do  $\dot{V}O_2\text{max}$  (Daniels, 1998; Billat 2003).

O T2v (Mader et al., 1980) foi utilizado no presente trabalho como um teste com uma predominância relativamente superior da glicólise anaeróbia e por isso mais sensível à avaliação da contribuição anaeróbia para a *performance*. Para o efeito, nos diferentes grupos de atletas, seleccionámos distâncias adequadas<sup>1</sup> para cada competição de acordo com os limites impostos pelo protocolo deste teste. A sua aplicação tem sido feita com corredores de diversas disciplinas (figura 42) e independentemente da maior ou menor dependência anaeróbia da distância seleccionada, o mais relevante é que este teste exprima o contributo do metabolismo anaeróbio para cada prova.

---

<sup>1</sup> - As distâncias seleccionadas foram os 600m para a prova de 800m; 1200m para a prova de 1500m e a distância de 2000m para as provas de 5000m e ½ maratona.



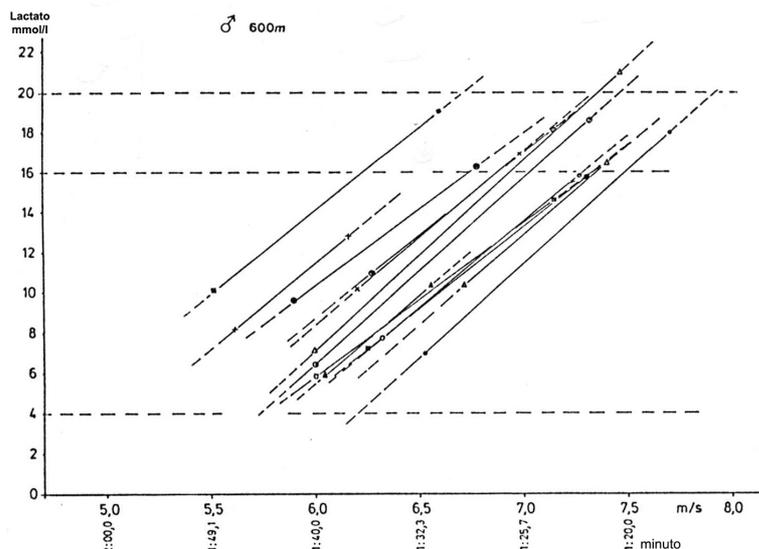
**Figura 42** - Representação de rectas obtidas através do T2v para diferentes distâncias, e dos valores determinados a partir das rectas de regressão (V4, V14 e V20) (adaptado de Föhrenbach, 1991).

Para a selecção das distâncias a adoptar no T2v para cada grupo de corredores, seguimos as propostas de Föhrenbach (1991). A dúvida inicial recaiu na distância a seleccionar para os corredores de 800m, já que os estudos de Föhrenbach (1991) e Colaço (1999) utilizaram a distância de 300m com este tipo de corredores. Contudo, Föhrenbach (1991) utilizou igualmente a distância de 600m nos seus estudos e com uma extrapolação de resultados mais próxima da competição de 800m. Complementarmente, esta distância foi igualmente utilizada por Billat et al. (2004) em corredores desta disciplina, tendo sido sugerido que a distância de avaliação para estes atletas não deverá ser inferior a 600m, de modo a manter um elevado poder preditivo de rendimento. Deste modo, e tendo ainda em consideração que os 600m se enquadravam nos limites estabelecidos no protocolo do T2v, esta distância acabou por ser a nossa opção. Em relação aos restantes grupos de corredores, a opção pelos 1200m para os atletas de 1500m e dos 2000m para os atletas de 5000m e de ½ maratona foi mais consensual e está em conformidade com os estudos de Föhrenbach (1991), embora reconheçamos que a expressão anaeróbia seja mais elevada nas distâncias de 800/1500m.

Dada a elevada participação do metabolismo anaeróbio no T2v, o estudo das inclinações destas rectas poderá ser de grande utilidade na avaliação de corredores cujo rendimento possa depender, de alguma forma, do seu nível de prestação anaeróbia (Krüger, 1991). Os diferentes declives para diferentes

distâncias (figura 42) podem fornecer dados relevantes acerca do metabolismo anaeróbio de diferentes corredores.

Deste modo, é possível representar e comparar o comportamento das rectas obtidas através do T2v (figura 43), de forma a melhor explicar diferentes níveis de rendimento em competição.



**Figura 43** - Representação de rectas obtidas através do T2v (2x600m) para 13 corredores de 800m (adaptado de Krüger, 1991).

Na figura 24 é possível verificar que os atletas com rectas mais deslocadas para a direita apresentam valores da  $V_4$  superiores, extrapoladas a partir das rectas. Krüger (1991) verificou ainda serem estes atletas os que melhor resultado desportivo obtiveram. Complementarmente, diversos autores referem a importância de se perceber a forma como o lactato cresce em função do aumento da velocidade de corrida, para concentrações lácticas acima do limiar anaeróbio (Föhrenbach, 1991; Krüger, 1991 e 1995; Borch et al., 1993). Este facto é reforçado quando diversos estudos com avaliações longitudinais revelam a importância que sessões de treino mais intensas podem ter em diferentes distâncias de meio fundo (Esteve Lanao et al., 2005; Seiler e Kjerland, 2006), já que permitem um aumento substancial da capacidade de rendimento. Assim, velocidades de corrida determinadas para diferentes concentrações lácticas, a partir das rectas do T2v (Krüger, 1991), bem como a

determinação de áreas e declives (Pedro, 2006), poderão constituir um importante auxílio na obtenção de informações referentes aos níveis de prestação anaeróbia de corredores de meio fundo. O T2v adquire ainda maior relevo se tivermos em consideração que o valor máximo de lactatemia associado à máxima velocidade obtida num teste máximo poderá representar o nível anaeróbio de um sujeito (Nummela et al., 2007).

## 6.2. Relação entre os testes aplicados e a *performance*.

### 6.2.1. Grupo de corredores de 800m

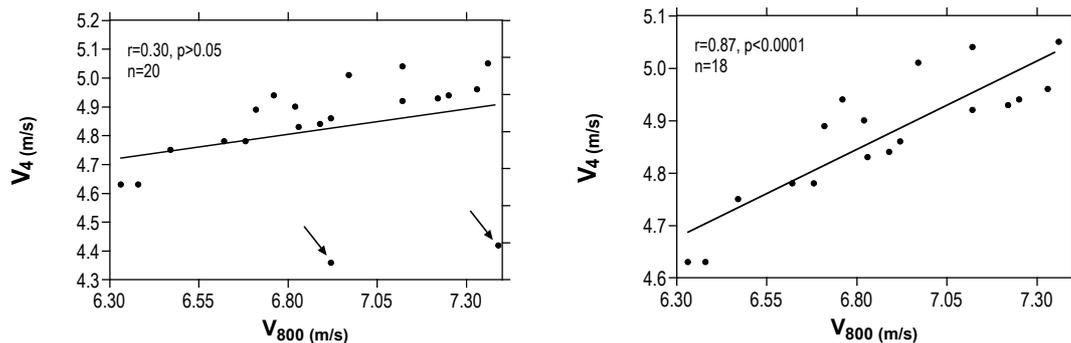
Em termos globais, os nossos resultados sugerem que: (i) o limiar anaeróbio poderá traduzir alguma influência no rendimento de corredores de 800m já que, se avaliarmos a amostra sem a interferência dos resultados dos 2 atletas com menor limiar, a correlação entre este parâmetro e a *performance* na competição é elevada e significativa ( $r=0.87$ ,  $p<0.0001$ ); (ii) os níveis de prestação anaeróbia serão particularmente decisivos para permitirem ao corredor de 800m um resultado desportivo de maior relevo, uma vez que um menor declive das rectas obtidas a partir do T2v, parece justificar níveis de rendimento mais elevados em atletas com menor ou similar limiar anaeróbio; (iii) a  $\dot{V}O_{2max}$  relaciona-se com o rendimento em 800m ( $r=0.52$ ,  $p<0.05$ ), mas apresenta-se pouco discriminatória entre atletas com níveis de rendimento semelhante; (iv) por fim, o Tlim mostrou-se incapaz de justificar diferentes níveis de rendimento entre os corredores de 800m ( $p>0.05$ ).

A capacidade de predição do rendimento em 800m, através da  $V_4$ , foi explorada num estudo realizado com corredores juniores de 800m (Colaço, 1999)<sup>2</sup>, no qual foi observada uma correlação entre a velocidade de competição e a  $V_4$  de  $r=0.77$ . De igual modo, Föhrenbach (1991), avaliando 15 corredoras de 800m evidenciou igualmente uma correlação elevada ( $r=0.69$ ,  $p<0.01$ ). Estes resultados sugerem que a influência da prestação aeróbia nestas corredoras, traduzida pelo seu limiar anaeróbio, não deve ser desprezada em oposição com o nosso estudo, onde a  $V_4$  não se correlaciona significativamente com a  $V_{800}$  ( $p>0.05$ ). Apesar do teste de determinação do limiar anaeróbio parecer (de acordo com os nossos resultados) não ter importância para explicar diferenças de rendimento em corredores de 800m, uma leitura mais atenta permite-nos detectar 2 atletas cujos valores da  $V_4$  são dos mais baixos de toda a amostra, apesar de estarem situados entre os 10 melhores atletas da amostra (1º e 9º atletas). Apesar de termos optado por não eliminar estes atletas da

---

<sup>2</sup> - Nesse estudo, realizado com 12 atletas juniores, a  $V_4$  média foi de  $4.76\pm 0.36$  m/s. O valor é ligeiramente superior (+0.06 m/s) ao encontrado no nosso estudo, poderá justificar-se pela idade dos atletas que são, em média, 3 anos mais velhos.

amostra, já que consideramos necessário estudar e perceber estas diferenças, procurámos conhecer o nível de correlação entre a  $V_{800}$  e a  $V_4$ , retirando esses 2 atletas da amostra. A correlação foi particularmente elevada ( $r=0.87$ ,  $p<0.0001$ ), o que sugere que, de facto, o limiar anaeróbio poderá ter uma influência importante no rendimento de corredores de 800m (figura 22).



**Figura 44** - Correlação entre a velocidade na prova de 800m ( $V_{800}$ ) e a  $V_4$ , para a totalidade da amostra e para 18 atletas.

De facto, como podemos ver no primeiro gráfico da figura 44, há 2 atletas com valores da  $V_4$  claramente inferiores a todos os restantes, apesar de terem apresentado uma  $V_{800}$  elevada. Curiosamente, um desses atletas é o melhor atleta do grupo. Este facto sugere-nos que estes 2 atletas terão realizado a sua prova de 800m, em termos energéticos, com uma forte solicitação do metabolismo anaeróbio e um contributo aeróbio inferior aos restantes. Se tivermos em conta a grande amplitude na relação percentual proposta por diversos autores no que diz respeito à solicitação de ambos os sistemas energéticos (Lacour et al., 1990b; Weyand et al., 1993; Hill, 1999; Spencer e Gatin, 2001; Billat et al., 2004; Duffield et al., 2005b), poderemos perceber que estes 2 atletas realizarão a sua competição com recurso predominante ao metabolismo anaeróbio.

Neste caso, o nível aeróbio, mais baixo dos 2 atletas acima citados ( $V_4=4.42$  e  $4.36$  m/s) contrasta com os restantes corredores que poderão fazer suportar menos o seu rendimento no metabolismo anaeróbio. Ainda assim, parece-nos

relevante que se faça uma leitura cuidada da relação entre os níveis aeróbios e anaeróbios destes corredores, de modo a que se torne possível encaminhar a prescrição do treino para uma evolução equilibrada de ambas as capacidades. O factor que pensamos poder estar a contribuir de uma forma mais decisiva para esta elevada correlação entre a  $V_4$ , quando retirados os 2 atletas citados, poderá estar associado a particularidades dos atletas, nomeadamente o seu nível desportivo, bem como a relação como os atletas solicitam o metabolismo aeróbio e anaeróbio. De facto, o nível de prestação dos atletas portugueses na distância de 800m é francamente inferior ao obtido em qualquer outra disciplina de meio fundo e fundo, colocando o nível desportivo desta disciplina longe dos melhores atletas mundiais<sup>3</sup>. As marcas obtidas em competição pelos atletas do presente estudo (1min 56s), apesar de serem ligeiramente melhores que as médias da generalidade dos trabalhos que consultámos (2min 06s Duffield et al., 2005b; 2min 8s Billat et al., 1996; 2min 12s Craig e Morgan, 1998), ficam aquém das marcas verificadas em alguns estudos que evidenciam resultados correspondentes a realidades desportivas mais evoluídas nesta distância (1min 50s Svedenhag e Sjödín, 1985; 1min 52s Billat et al., 2004). De qualquer modo, nestes últimos dois estudos, as amostras são extremamente reduzidas (n=8 e 5 respectivamente), o que poderá justificar a maior facilidade na obtenção de atletas de elevado nível, mas conseqüentemente uma ausência de resultados explicativos de rendimento competitivo (Billat et al., 2004). Para obtermos a amostra de 20 atletas a que inicialmente nos propusemos não foi possível obter uma amostra de nível desportivo superior. O nível de prestação da nossa amostra poderá ainda ficar a dever-se a uma metodologia de treino muito centrada no desenvolvimento do metabolismo aeróbio e com pouco trabalho direccionado para a melhoria do sistema anaeróbio (Paiva, 1995; Abrantes, 2006). A tradição histórica no treino de meio fundo e fundo em Portugal (Paiva, 1995) e a vontade dos atletas de competirem em distâncias superiores a um bom nível, ditarão estas deficiências metodológicas ao nível do treino. Deste modo, os nossos resultados sugerem que uma boa parte dos corredores portugueses de 800m fazem depender o seu rendimento em grande parte de

---

<sup>3</sup> - Em 2006, o 100º melhor atleta do mundo de 800m, obteve um resultado desportivo muito superior aos atletas do nosso estudo e às amostras utilizadas na literatura (1.46.80.)

uma solicitação do metabolismo aeróbio<sup>4</sup>, o que justificará a elevada correlação da  $V_4$  com a  $C_{800}$  entre 18 dos 20 atletas da amostra. De qualquer modo, e apesar do significativo contributo anaeróbio nesta distância (Lacour et al., 1990; Weyand et al., 1993; Hill, 1999; Spencer e Gastin, 2001; Billat et al., 2004; Duffield et al., 2005a), parece evidente que não podemos negligenciar a importância do contributo energético aeróbio, que se pode situar entre os 30 e os 64% (Lacour et al., 1990a; Weyand et al., 1993; Hill, 1999; Spencer e Gastin, 2001; Billat et al., 2004; Duffield et al., 2005a). Para além disso, o facto da  $V_4$  parecer evoluir significativamente ao longo de uma época desportiva, mesmo em corredores de 800m (Svedenhag e Sjödín, 1985), sugere a necessidade de vigiar os níveis aeróbios destes corredores.

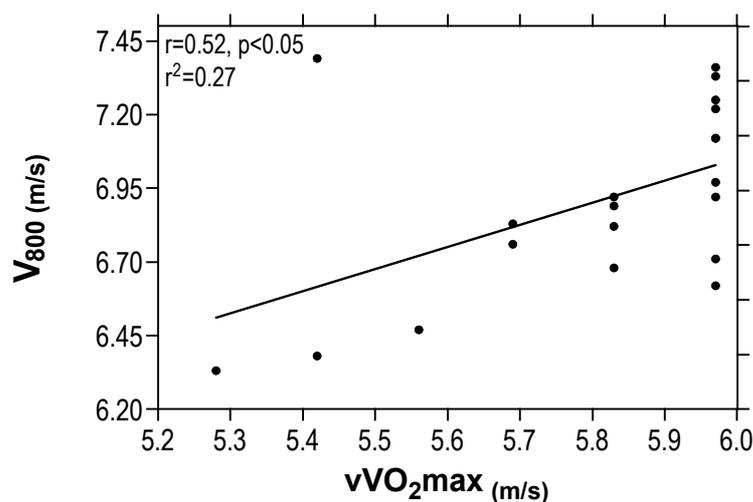
A  $v\dot{V}O_2\text{max}$  apresentou correlação moderada com o resultado da competição ( $r=0.52$ ,  $p<0.05$ ). Vários estudos revelam a existência de correlações significativas entre a  $v\dot{V}O_2\text{max}$  e o rendimento competitivo em meio fundo (Lacour et al., 1991; Billat et al., 1994d; Billat et al., 1996), inclusive com a prova de 800m (Billat et al., 1996). Deste modo, a  $v\dot{V}O_2\text{max}$  (a velocidade mínima a que ocorre o consumo máximo de  $O_2$ ), parece ser capaz de discriminar diferentes níveis de rendimento entre corredores de 800m. Contudo, parece existir alguma controvérsia em torno destes resultados, já que outros estudos revelam a inexistência dessa mesma correlação (Maffuli et al., 1991; Billat et al., 1994e; Billat et al., 2004). Deste modo, parece-nos que a diferença nos níveis de rendimento existentes entre os atletas da amostra poderá determinar, em grande parte, o poder discriminatório da  $v\dot{V}O_2\text{max}$ . Os resultados que obtivemos ( $5.80\pm 0.22$  m/s) são semelhantes aos observados por Billat et al. (2004), que, em corredores de nível mais elevado (1min 52s  $\pm 3.8$ s), obtiveram valores similares para a  $v\dot{V}O_2\text{max}$  ( $5.81\pm 0.17$  m/s). Estes resultados sugerem que os corredores participantes no nosso estudo tenham sido submetidos a um volume de trabalho aeróbio mais elevado o que lhes confere um resultado no TTUM um pouco superior ao que seria esperado, se tivermos em conta o nível mais baixo da nossa amostra. Contudo, o facto deste teste se realizar em pista sintética, ao contrário do estudo de Billat et al.

---

<sup>4</sup> - Em corredores de 800m bem treinados aerobicamente, o sistema aeróbio poderá ter uma influência de 66% na participação energética global para esta prova (Spencer e Gastin, 2001).

(2004), no qual os corredores realizaram o teste em tapete rolante, poderá eventualmente ter conduzido a uma ligeira sobrevalorização dos valores correspondentes à  $v\dot{V}O_2\text{max}$ . Aliás, esta situação é evidente nos estudos de Lacour et al. (1991) e Colaço et al. (2004), nos quais a  $v\dot{V}O_2\text{max}$ , determinada na pista (TTUM), foi superior à obtida em tapete rolante em 0.07 e 0.16 m/s, respectivamente.

De qualquer modo e independentemente da forma como a  $v\dot{V}O_2\text{max}$  é determinada, vários atletas obtiveram velocidades ao  $\dot{V}O_2\text{max}$  nos mesmos patamares de esforço (figura 45) o que dificulta a utilização deste indicador para diferenciar níveis de rendimento, tal como ocorre em estudos de outros investigadores (Lacour et al., 1991; Billat et al, 1994d; Billat et al., 1996).



**Figura 45** - Relação entre a velocidade na prova de 800m ( $V_{800}$ ) e a  $v\dot{V}O_2\text{max}$ .

Em relação ao Tlim, os resultados obtidos no nosso estudo não evidenciaram significado estatístico com a competição ou com a  $v\dot{V}O_2\text{max}$  ( $p>0.05$ ), o que está em conformidade com um dos estudos de Billat (Billat et al., 1994e), realizado com corredores de meio fundo bem treinados. Por outro lado, a baixa reprodutibilidade deste teste sugere que os valores obtidos no Tlim podem efectivamente não espelhar diferentes níveis de rendimento e mesmo impedir

uma utilização fiável deste parâmetro, quando relacionado com o rendimento. A este respeito Billat et al. (1994e), apesar da elevada correlação encontrada ( $r=0.86$ ), obtiveram diferenças que excediam 1min entre resultados recolhidos em determinados corredores, com apenas 1 semana de diferença entre as avaliações. Para além disso, a determinação do  $T_{lim}$  parece apresentar uma enorme variabilidade interindividual (Billat, 2003), reflectindo a maior ou menor capacidade de cada atleta, para além de outros factores, de tolerar hipóxias consideráveis por períodos de tempo relativamente longos (Billat, 2003). Deste modo, os resultados do nosso estudo devem ser interpretados com alguma prudência, quando utilizados para comparar diferentes níveis de rendimento entre diferentes atletas. De acordo com os estudos de Billat et al. (2004), procurámos ainda expressar a  $V_4$  em relação à  $v\dot{V}O_2max$ , e verificar o nível de correlação com a  $C_{800}$ . Contudo a  $V_4$ , expressa em função da  $v\dot{V}O_2max$ , não se correlaciona com o rendimento na prova de 800m ( $p>0.05$ ).

No que diz respeito ao  $T_{2v}$ , a velocidade na repetição máxima de 600m apresenta uma correlação significativa com a  $C_{800}$  ( $r=0.72$ ,  $p<0.05$ ). Billat et al. (2004) utilizaram esta mesma distância para avaliar os níveis anaeróbios de corredores de 800m e obtiveram resultados concordantes com o nosso estudo ( $r=0.88$ ,  $p<0.001$ ). Estes resultados vêm de alguma forma reforçar a selecção da distância de 600m como uma opção correcta para este teste, em corredores de 800m. Adicionalmente, podemos referir que a velocidade correspondente à repetição máxima de 600m se situou a 99% da  $V_{800}$ , sendo este valor idêntico ao obtido no estudo de Billat et al. (2004). A velocidade obtida na  $C_{800}$  não foi melhor do que a obtida na repetição máxima de 600m, mas foi possível aos atletas manterem durante mais tempo essa velocidade de corrida o que reforça ainda mais o interesse na utilização do  $T_{2v}$  (2x600m), para avaliação dos atletas numa prova de 800m. Na  $C_{800}$ , os atletas correram 1% mais rápido durante um período de tempo 24% superior, relativamente ao segundo patamar do  $T_{2v}$ . Estes resultados estão em conformidade com os resultados obtidos por Billat et al. (2004) e sugerem-nos a ideia de que a utilização do  $T_{2v}$  (2x600m) poderá ser de grande utilidade já que se os atletas percorrem os segundos 600m a uma velocidade muito próxima da  $V_{800}$ , pelo que será de prever que, quanto menor for o aumento do lactato sanguíneo em relação ao aumento da

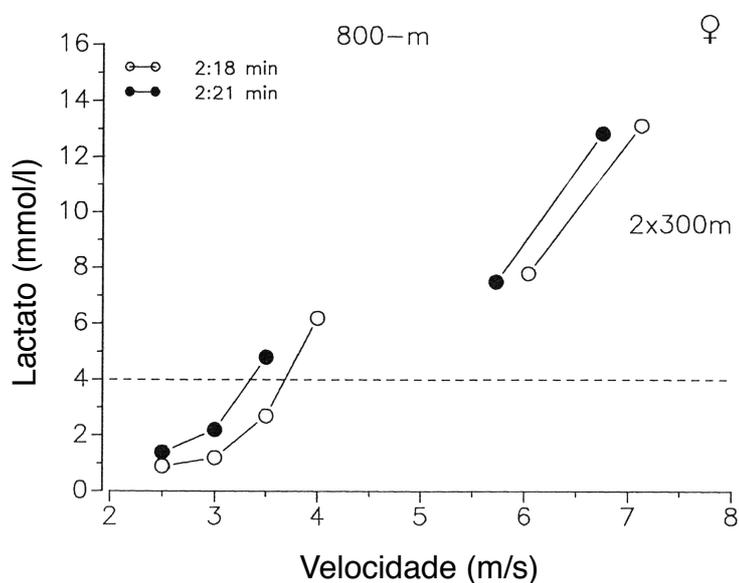
velocidade de corrida neste teste, maior será, no nosso entender a capacidade de reserva funcional para se efectuarem os últimos 200m à máxima velocidade possível.

Os resultados da  $V_4$ , determinada através do T2v, apresentam correlação com o rendimento na prova de 800m ( $r=0.85$ ,  $p<0.0001$ ). Num estudo semelhante, realizado com corredores de 800m (Colaço, 1999), foi obtida uma correlação menor ( $r=0.66$ ). Contudo, o facto de nesse trabalho o T2v ter sido realizado com duas repetições de 300m, terá alterado significativamente os resultados da correlação. A utilização da distância de 600m para os corredores de 800m parece ser mais específica e capaz de permitir resultados mais consonantes com o tipo de esforço que caracteriza o corredor de 800m (Billat et al., 2004). Assim, a  $V_4$  determinada por este teste acabou por apresentar uma elevada correlação com a  $V_{800}$ , o que se pode compreender dada a maior expressão anaeróbia obtida através destes indicador.

No nosso estudo, o declive das rectas formadas pelo T2v não se correlacionou com o rendimento na prova de 800m ( $p>0.05$ ), contudo como o declive poderá não exprimir diferenças na velocidade a que os esses mesmos declives foram obtidos, é previsível que essa correlação não exista. Provavelmente, a distinção de rendimento tendo por base a taxa de crescimento do lactato em relação à velocidade, só nos parece ser conseguida entre atletas com níveis de rendimento semelhante, de modo a que a comparação entre declives seja igualmente efectuada dentro de intervalos relativamente próximos de velocidade. Esta perspectiva foi confirmada com resultados obtidos ao dividirmos a nossa amostra em dois grupos distintos (primeiro grupo do atleta 1 a 8 e segundo grupo do atleta 9 a 20). Para esta divisão utilizámos o critério de separar os atletas que competiram acima ou abaixo dos 7 m/s, já que neste ponto são perceptíveis maiores diferenças entre os atletas. Com esta divisão (que permite aproximar os atletas pelos seus níveis de rendimento), obtivemos uma correlação entre o declive das rectas e a  $V_{800}$  de  $r=0.88$  ( $p<0.01$ ) e de  $r=0.92$  ( $p<0.0001$ ), respectivamente para o primeiro e segundo grupos. Os nossos resultados sugerem que a explicação do rendimento com a utilização dos declives ou áreas das rectas formadas pelo T2v, só será possível entre atletas com níveis de rendimento próximos, já que a diminuição do declive

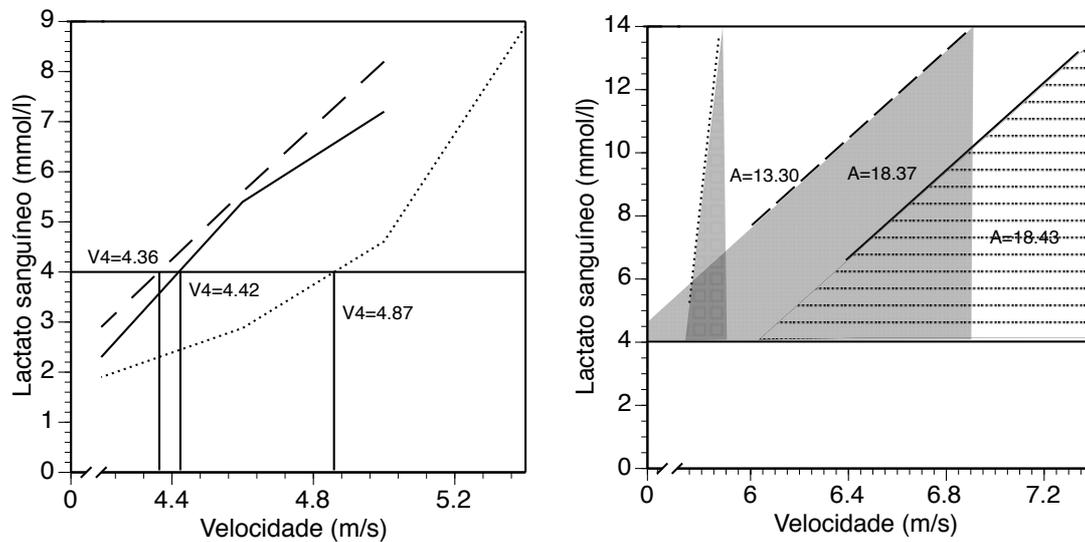
entre diferentes atletas só parece verificar-se até uma certa proximidade de resultados, voltando depois a ser de novo mais acentuada.

Deste modo, torna-se evidente a necessidade de uma avaliação regular dos níveis de prestação aeróbia e anaeróbia, para os quais o teste de determinação do limiar anaeróbio e o T2v podem constituir um importante suporte de avaliação, especialmente para corredores de 800m, de modo a podermos estudar e relacionar diferentes evoluções nos resultados de cada um destes testes (figura 46).



**Figura 46** - Exemplo referente à monitorização da prestação aeróbia e anaeróbia de corredores de 800m, com a utilização de teste de determinação do limiar anaeróbio e do T2v respectivamente (Adaptado de Föhrenbach, 1991).

Como referido anteriormente, um dos aspectos mais intrigantes nos resultados para os corredores de 800m, refere-se ao facto de 2 atletas, apesar de terem alcançado bons resultados competitivos, apresentarem os limiares anaeróbios mais baixos. Naturalmente, esta diferença sugere um estudo mais detalhado do comportamento destes 2 atletas comparativamente aos restantes no T2v (figura 47).



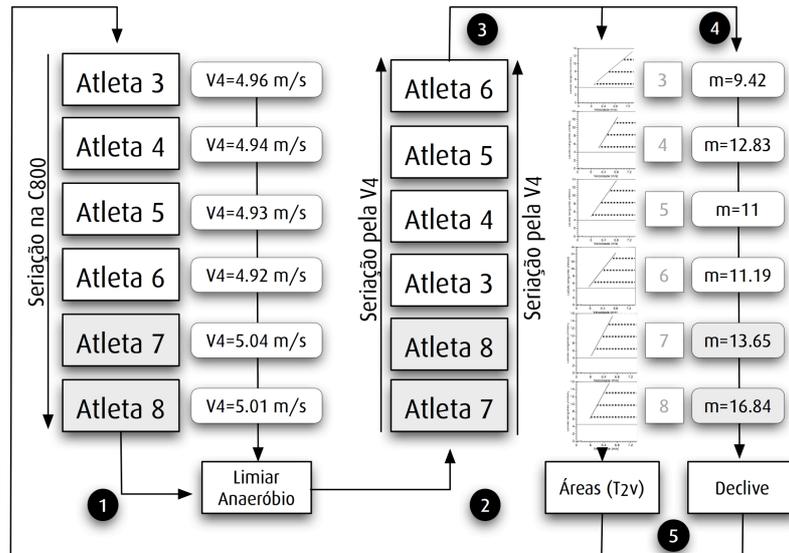
**Figura 47** - Representação gráfica dos resultados dos testes de determinação do limiar anaeróbio e respectiva  $V_4$  (esquerda), bem como das rectas de regressão e respectivas áreas obtidas a partir do T2v para para os atletas 1 (—), 9 (---) e a média dos restantes atletas (···) (direita).

Como podemos observar na figura 47, a  $V_4$  dos atletas 1 e 9 é muito inferior às médias dos restantes atletas. Contudo, esse défice nos níveis aeróbios parece ser compensado por um menor declive das rectas obtidas através do T2v, manifestando uma menor taxa de crescimento do lactato em função da velocidade, o que pode ser traduzido por uma área maior, obtida a partir da recta.

Deste modo, os resultados sugerem a possível ocorrência de um conjunto de adaptações ao nível do metabolismo anaeróbio que podem, numa distância mais curta como os 800m, compensar menores níveis de prestação aeróbia. Contudo, o valor de correlação obtido entre a  $V_4$  e a  $C_{800}$  na amostra, com excepção dos atletas 1 e 9, sugere-nos que estes atletas poderiam atingir melhores resultados desportivos se tivessem melhores níveis de prestação aeróbia, especialmente se tivermos em consideração que o metabolismo aeróbio terá uma importante influência no rendimento nas provas de 800m (Spencer e Gatin, 2001; Billat et al., 2004; Duffield et al., 2005a). Por outro lado, a grande maioria dos corredores apresenta um nível de prestação

anaeróbia reduzido, que se traduz por um elevado crescimento do lactato em relação ao aumento da velocidade, como podemos observar na figura 47.

Adicionalmente, foi nossa intenção analisar de que modo as referidas áreas nos podiam ajudar a melhor diferenciar níveis de rendimento. Os resultados de correlação destas áreas (tanto a partir da  $V_4$  como da  $V_6$ ) com a  $C_{800}$  não se revelaram significativos ( $p > 0.05$ ). Contudo, para além dos casos representados na figura 47, o crescimento do lactato em relação à velocidade de corrida, acima do limiar anaeróbio, pode constituir um importante meio diferenciador de rendimento em corredores de 800m. Temos, contudo, de ter em conta que as áreas obtidas têm de ser comparadas entre atletas com marcas relativamente próximas, o que não é garantido pela análise de regressão nos resultados na  $C_{800}$  e as áreas determinadas no T2v. Para os mesmos dois grupos que criámos anteriormente (atletas 1 a 8 e 9 a 20), obtivemos valores de correlação de  $r = 0.80$  ( $p < 0.01$ ) e de  $r = 0.92$  ( $p < 0.001$ ) em relação às áreas obtidas a partir do T2v. Deste modo, se verificarmos quais os atletas cujo rendimento não se justifica através do seu limiar anaeróbio, as áreas individuais definidas pelas rectas poderão contribuir decisivamente para esta discriminação de *performance* tal como podemos verificar no exemplo apresentado na figura 47. Os resultados das áreas acrescentam ainda a vantagem adicional de permitirem expressar diferenças para determinados intervalos entre rectas que o declive é incapaz de representar, já que será sempre igual, independentemente de possíveis intersecções entre as rectas. Deste modo, a determinação das áreas poderá constituir um auxílio no processo de treino, tal como é sugerido no estudo de Pedro (2006).



Legenda: 1 - Seriação dos atletas mediante o resultado competitivo e respectivos valores da  $V_4$  para cada atleta; 2 - Seriação dos atletas efectuada a partir dos valores da  $V_4$ ; 3 - Confrontação da seriação dos atletas pela  $V_4$  com os resultados do declive para cada atleta obtida a partir do  $T_{2v}$ ; 4 - Valores do declive para cada um dos atletas; 5 - Associação dos resultados das áreas e declive das rectas, para explicação da seriação dos atletas na competição.

**Figura 48** - Organograma representativo da influência do limiar anaeróbico e do  $T_{2v}$  na prestação em 800m dos atletas 3 a 8 da nossa amostra, respectiva  $V_4$ , bem como das rectas de regressão e respectivas áreas obtidas a partir do  $T_{2v}$ .

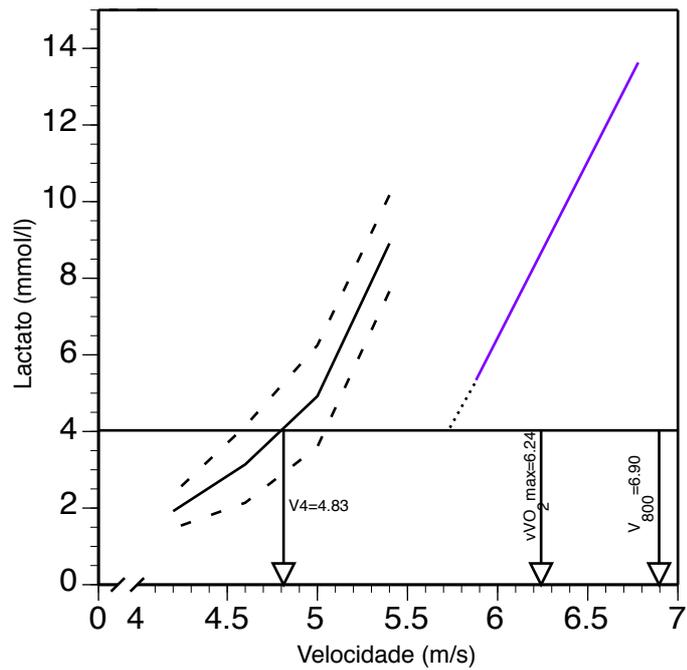
Na figura 48 podemos verificar que os atletas 7 e 8 obtiveram pior resultado que os atletas 3, 4, 5 e 6, apesar de terem uma  $V_4$  superior (passo 1). A seriação dos atletas tendo por base o valor da  $V_4$  mostra-nos que os atletas 7 e 8 possuem valores de limiar mais elevados (passo 2). Não podendo a seriação dos atletas, a partir da  $V_4$ , discriminar o rendimento competitivo, procuramos encontrar no  $T_{2v}$  a justificação para os resultados obtidos nos 800m (ponto 3). Os declives das rectas formadas pelo  $T_{2v}$  (passo 4) mostra-nos que os atletas 7 e 8 possuem os declives mais acentuados, que geram áreas mais reduzidas e como tal maior crescimento do lactato em relação à velocidade. Deste modo, esta desvantagem nas taxas de crescimento por parte destes 2 atletas, não lhes permite tirar vantagem competitiva dos seus valores mais elevados de  $V_4$ .

Esta situação ocorre com mais 2 atletas da nossa amostra, evidenciando que a conjugação tanto do limiar anaeróbico como do metabolismo anaeróbico avaliado através do  $T_{2v}$ , pode-nos ajudar a melhor compreender diferentes níveis de rendimento entre atletas. Este facto sugere ainda que uma situação

semelhante deverá ocorrer em avaliações longitudinais de um atleta, podendo servir de instrumento para um rigoroso controlo do processo de treino em duas capacidades distintas (aeróbia e anaeróbia), simultaneamente determinantes para o rendimento destes corredores.

Por fim, foi possível confirmarmos que os valores máximos de lactatemia obtidos no T2v não se correlacionam com o rendimento competitivo o que está de acordo com os resultados de Billat et al. (2004) e Colaço (1999). De facto, não será possível diferenciar níveis de rendimento de acordo com as concentrações máximas de lactato obtidas no final de um teste anaeróbio. Por outro lado, como referido anteriormente, foi possível encontrar uma elevada correlação entre a  $V_{800}$  e a  $V_{600}$ , na repetição máxima do T2v ( $r=0.72$ ,  $p<0.0001$ ), tal como ocorreu no estudo de Billat et al., (2004). Estes resultados sugerem-nos que as repetições de 600m expressam bem o tipo de esforço na prova de 800m, reforçando a pertinência da sua utilização para estes corredores.

Sintetizando (figura 49), podemos verificar as posições relativas de velocidades, determinadas através de cada parâmetro, sendo evidente a proximidade da velocidade da segunda repetição de 600m em relação à  $V_{800}$  e um maior afastamento da  $v\dot{V}O_{2max}$  e da  $V_4$ . O limiar anaeróbio não permite discriminar diferentes níveis de rendimento na C800. A  $v\dot{V}O_{2max}$  apesar de se correlacionar com a C800, não parece ter poder discriminativo para atletas cujos resultados competitivos sejam mais próximos. A utilização da  $V_4$  determinada pelo T2v, nomeadamente através das áreas calculadas a partir das rectas de regressão, pode-nos fornecer, conjuntamente com a  $V_4$ , obtida no teste de determinação do limiar anaeróbio, um meio eficaz de avaliação dos níveis de rendimento na C800.



**Figura 49** - Representação gráfica das velocidades de corrida determinadas pelo teste de determinação do limiar anaeróbio, resultado da competição ( $V_{1500}$ ),  $V_4$  e  $vVO_{2max}$ . É possível observarmos a representação da média dos valores obtidos para os 20 atletas no teste do limiar anaeróbio (—), e respectivos desvios padrão (---) bem como a recta de regressão correspondente à média dos valores do T2v.

### 6.2.2. Grupo de corredores de 1500m

Em relação aos corredores de 1500m o limiar anaeróbio mostra-se particularmente sensível para justificar diferentes níveis de rendimento entre corredores desta distância. Contudo, a  $V_5$  parece assumir melhor relação com o resultado competitivo, podendo constituir uma excelente forma para diferenciar níveis de rendimento entre corredores de 1500m. Para além destes resultados, a  $\dot{V}O_2\text{max}$  poderá igualmente traduzir diferentes níveis de prestação entre diferentes atletas, mostrando-se contudo pouco eficaz para discriminar atletas com níveis de rendimento semelhantes. Por fim, a utilização do T2v com 2 repetições de 1200m parece assumir um importante contributo para a justificação de resultados, quando o limiar anaeróbio por si só não é suficientemente sensível para o fazer.

No que diz respeito ao limiar anaeróbio é possível encontrar uma correlação elevada entre os tempos alcançados na competição e os resultados correspondentes à  $V_4$ , ( $r=0.87$ ,  $p<0.0001$ ). Este valor aumenta quando se trata da  $V_5$ , cuja correlação é superior ( $r=0.89$ ,  $p<0.0001$ ). Deste modo, a realização do teste de determinação do limiar anaeróbio é importante na avaliação de corredores de 1500m, já que, os dados obtidos, sugerem-nos uma boa capacidade preditiva deste teste relativamente à *performance* destes corredores. Estes resultados estão em consonância com o estudo de Lacour et al. (1991), que apresentam níveis de correlação muito próximos dos valores encontrados no nosso trabalho ( $r=0.85$ ,  $p<0.001$ ). Não podemos contudo deixar de referir o facto da correlação aumentar para velocidades correspondentes a concentrações lácticas superiores, o que estará em consonância com uma maior proximidade destas velocidades à velocidade de competição. Adicionalmente, este facto está de acordo com diversos estudos que mostram que atletas de elevado nível são capazes de lidar durante um período de tempo considerável com elevadas concentrações lácticas (Hoogeveen et al., 1997; Canova, 2004). Este facto poderá justificar que os valores da  $V_5$  possam estar mais

relacionados com a competição do que a própria  $V_4$ , graças a diversas adaptações induzidas pelo processo de treino destes corredores<sup>5</sup>.

O limiar anaeróbio mostra-se ainda como um dos parâmetros que maior evolução assinala em estudos longitudinais em corredores de 1500m (Svedenhag e Sjödín, 1985), o que reforça a sua importância para estes atletas. Os nossos resultados estão igualmente em conformidade com diversos estudos que colocam o tempo de duração da prova de 1500m com uma forte predominância aeróbia (Ward-Smith, 1985; Péronnet e Thibault, 1989; Di Prampero et al., 1993; Olesen et al., 1994; Ramsbottom et al., 1994; Spencer et al., 1996; Hill, 1999; Spencer e Gastin, 2001), sugerindo que um maior investimento destes atletas no desenvolvimento do seu limiar aeróbio poderá trazer grandes benefícios para a melhoria do rendimento nesta distância. Aliás, o facto da  $V_4$  média do nosso estudo (4.91 m/s) apresentar resultados inferiores aos obtidos com corredores de 1500m (5.37 m/s) de nível desportivo superior (Lacour et al., 1991), sugere que, para se obterem melhores resultados competitivos, poderá ser necessário possuir um limiar anaeróbio igualmente mais elevado. Contudo, neste estudo de Lacour (1991), foram utilizados patamares de 4min que poderão sobrevalorizar os resultados da  $V_4$  (ver ponto 5.1.). Ainda assim, o nível mais baixo dos sujeitos da nossa amostra pode dever-se ao facto de estes terem progredido de distâncias inferiores (400m e 800m) podendo não ter um nível de prestação aeróbia semelhante a corredores que investem o seu treino à vários anos nesta distância, bem como ao fraco nível dos *rankings* nacionais desta disciplina comparativamente com a realidade competitiva internacional<sup>6</sup>.

Contudo, a  $V_4$  dos corredores de 1500m apresenta uma elevada diferença relativamente à  $V_{1500}$  (1m/s), o que reforça o facto da competição de 1500m ser feita com uma considerável contribuição anaeróbia. Este resultado, associado ao facto da velocidade correspondente à  $V_4$  se situar a 83.1% da

---

<sup>5</sup> - Estas adaptações, são conseguida através de sessões de treino realizadas a intensidades mais elevadas que têm pôr objectivo desenvolver nos atletas a capacidade de lidarem com incrementos de velocidade de corrida com menores taxas de crescimento de lactato. Este trabalho é bem evidente no treino de alguns dos melhores corredores de mundo de meio-fundo (Canova, 2004).

<sup>6</sup> - Em 2006, o 100º melhor atleta do mundo de 1500m, teve um resultado desportivo mais elevado que o obtido por qualquer atleta do nosso estudo (3min 39s26).

velocidade de competição, sugere que a contribuição anaeróbia (apesar de inferior à prova de 800m) poderá ser igualmente importante nestes corredores (figura 50).

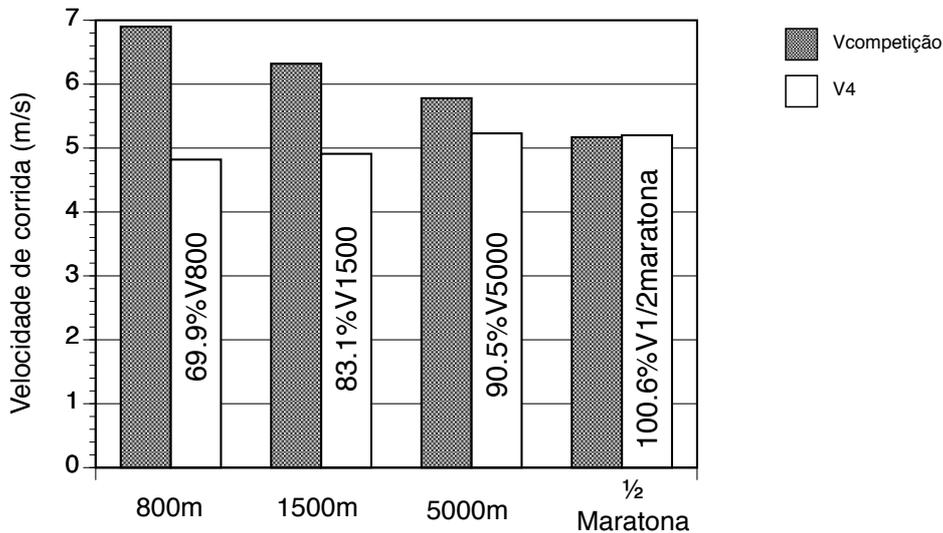
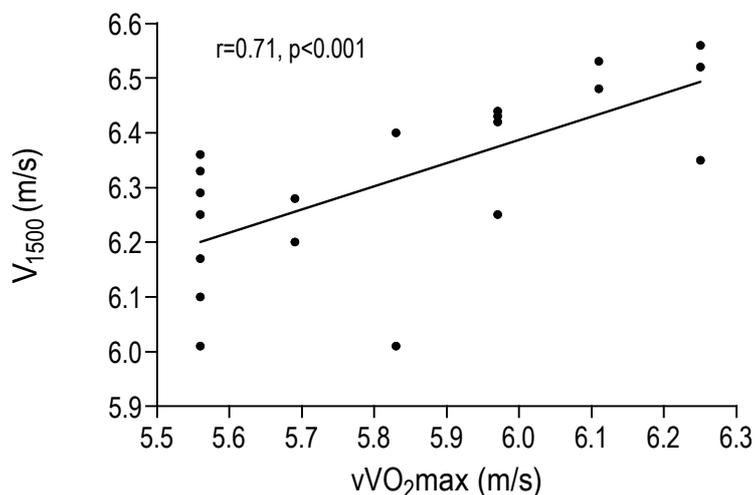


Figura 50 - Representação dos valores percentuais da  $V_4$  relativamente à velocidade de competição para cada distância de competição.

No que diz respeito à  $\dot{V}O_2\max$ , a correlação deste indicador com o resultado da competição, apesar de elevada ( $r=0.71$ ,  $p<0.001$ ), parece-nos pouco explicativa da *performance*, uma vez que, neste teste, vários atletas ficaram agrupados nas mesmas intensidades de esforço (figura 51), apesar das diferenças evidentes nos seus resultados competitivos. Em relação a este aspecto, o facto dos atletas procurarem cumprir patamares de esforço completos leva a que corredores com níveis de rendimento semelhantes se agrupem em idênticos resultados de  $\dot{V}O_2\max$ , o que justifica algum cuidado na interpretação destes resultados. Este facto é igualmente evidente em diversos estudos apesar das boas correlações deste indicador com o rendimento competitivo (Billat et al., 1994a; Billat et al., 1995b). Assim, embora os nossos dados e os compulsados de outros autores apontem para uma relação directa

entre a  $v\dot{V}O_2\text{max}$  e o nível competitivo dos atletas, torna-se no entanto difícil discriminar atletas de nível semelhante a partir deste indicador.



**Figura 51** - Correlação entre a velocidade na prova de 1500m ( $V_{1500}$ ) e a  $v\dot{V}O_2\text{max}$ .

Deste modo, podemos observar na figura 51 que 7 atletas com a mesma  $v\dot{V}O_2\text{max}$  (5.56 m/s) atingem distintas velocidades de corrida na  $V_{1500}$ , pelo que, apesar da boa correlação, facilmente se percebe pela representação gráfica que a  $v\dot{V}O_2\text{max}$  não parece capaz de explicar diferentes níveis de prestação nesta distância. Contudo, é também evidente que os melhores atletas têm a  $v\dot{V}O_2\text{max}$  a níveis mais elevados mesmo que depois a diferenciação do nível de rendimento entre eles não seja possível. Deste modo, a  $v\dot{V}O_2\text{max}$  parece apenas conseguir diferenciar atletas cujos níveis de rendimento são claramente distintos.

Para além da correlação com o rendimento, a  $v\dot{V}O_2\text{max}$  teve igualmente uma razoável correlação com a  $V_4$  ( $r=0.67$ ;  $p<0.05$ ), sendo no entanto inferior ao resultado de  $r=0.92$  obtido no estudo de Lacour et al. (1991), efectuado igualmente com corredores de 1500m. Contudo, se tivermos em conta que os atletas da nossa amostra apresentam um nível aeróbio inferior ao esperado ( $V_4=4.91\text{m/s}$ ), podemos sugerir que os valores obtidos na  $v\dot{V}O_2\text{max}$  se

deverão a um importante contributo anaeróbio, o que prejudicará esta relação. Não podemos ainda deixar de realçar a grande variabilidade de valores normalmente obtidos para corredores na  $v\dot{V}O_2\text{max}$  (Billat et al., 1996), bem como a ausência de diferenças significativas na  $v\dot{V}O_2\text{max}$  entre corredores com diferentes níveis de rendimento, evidenciada em vários estudos (Billat et al., 1994a; Billat et al., 1994d; Billat et al., 1996). Estes factos levam-nos a observar a  $v\dot{V}O_2\text{max}$  bem como todos os indicadores a ela associados, com algumas reservas.

Este pressuposto, é assim, igualmente válido para o Tlim. De facto, os resultados obtidos no nosso estudo ( $5\text{min } 18\text{s} \pm 59\text{s}$ ) não evidenciaram significado estatístico com a competição ou com a  $v\dot{V}O_2\text{max}$  ( $p > 0.05$ ). Estes resultados estão em conformidade com um dos estudos de Billat (Billat et al., 1994e), no qual também não foi encontrada relação entre o Tlim e a  $v\dot{V}O_2\text{max}$ . Apesar dos nossos resultados não estarem de acordo com resultados de outras investigações (Ramsbottom et al., 1994; Billat et al., 1994c; Billat et al., 1995b), nomeadamente com corredores de 1500m (Billat et al., 1996), a reduzida reprodutibilidade deste teste (Billat et al., 1994d; Billat et al., 1994e), poderá justificar estas diferenças entre vários estudos. Aliás, uma maior ou menor participação do metabolismo anaeróbio em cada atleta poderá marcar a diferença entre atletas nos resultados deste teste (Billat et al., 1996; Billat, 2003). Esta aparente dependência do Tlim em relação ao metabolismo anaeróbio, esta bem evidente num estudo de Billat et al. (1996), já que foi encontrada uma correlação elevada entre o Tlim e o MAOD em corredores de 1500m ( $r = 0.89$ ). Deste modo o Tlim deverá ser interpretado com muitos cuidados na avaliação de corredores de 1500m.

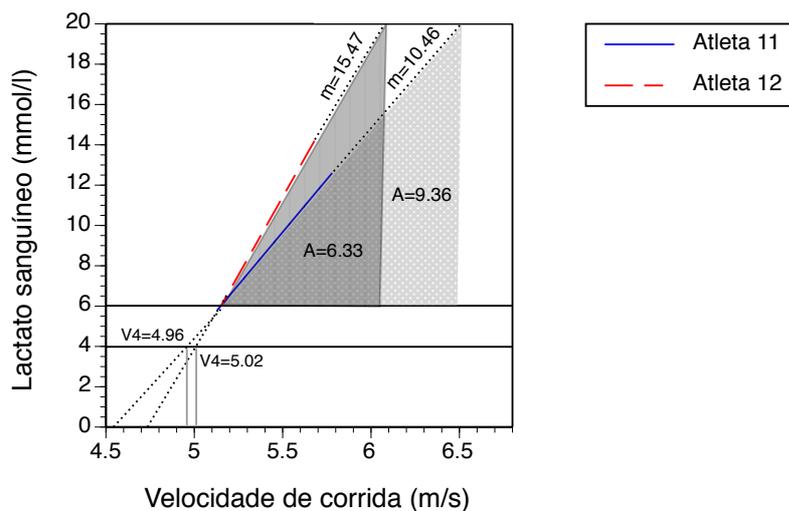
Por fim, podemos ainda relativizar a  $V_4$  à  $v\dot{V}O_2\text{max}$  e verificar que a primeira se situa a 84.8% da  $v\dot{V}O_2\text{max}$ . Este resultado é corroborado por outros estudos cujos valores não são muito distantes (77.1% Billat et al., 1994c; 86.6% Lacour et al., 1991). Contudo, e ao contrário do esperado, quando relativizamos a  $V_4$  à  $v\dot{V}O_2\text{max}$  observamos a inexistência de uma correlação significativa com o rendimento na prova de 1500m ( $p > 0.05$ ). Deste modo, este resultado parece não justificar a utilização da  $V_4$  expressa em função da  $v\dot{V}O_2\text{max}$  para explicar diferentes níveis

de prestação. Este facto poderá ficar a dever-se a uma significativa solicitação anaeróbia no teste de determinação da  $v\dot{V}O_2\text{max}$ , como explicado anteriormente.

No que diz respeito ao T2v os resultados da  $V_4$  (determinada através este teste), não apresentam correlação significativa com o rendimento na prova de 1500m ( $p > 0.05$ ). Contudo, neste grupo de atletas, existe uma grande variabilidade nos valores do declive das rectas, o que pode provocar dificuldades na relação entre o valor da  $V_4$ , determinada neste teste e o resultado competitivo, podendo constituir a causa principal para que o nível de correlação não ocorra. De entre as 190 intersecções possíveis entre as rectas dos 20 corredores de 1500m, 21 ocorrem entre as 4 e as 20 mmol/l. Este facto poderá justificar esta baixa correlação entre a  $V_4$  e o rendimento competitivo. De facto, tal como podemos verificar na figura 52, é possível que um atleta com melhor resultado desportivo (atleta 11) consiga alcançar um resultado inferior na  $V_4$ , por o valor de interpolação linear da recta obtida no teste o colocar com um valor inferior. Contudo, se avaliarmos o crescimento do lactato em relação à velocidade, nomeadamente a partir da concentração láctica de 6 mmol/l, facilmente podemos concluir que o atleta 11 tem uma menor taxa de crescimento do lactato em relação à velocidade e por isso maiores possibilidades de obter melhor resultado (figura 52)<sup>7</sup>. Estes resultados estão de acordo com a forma como os atletas de 1500m poderão utilizar as diferentes contribuições dos distintos sistemas energéticos, pois parece que estes corredores poderão recorrer de forma muito diferenciada a cada um dos sistemas energéticos (Billat et al., 1996) o que justifica nestes corredores o grande número de intercepções das rectas.

---

<sup>7</sup> - Não é possível explicar que motivos poderão provocar uma menor taxa de crescimento do lactato em relação ao aumento da velocidade de corrida. As adaptações poderão ser diversas desde uma inferior taxa de crescimento de lactato, a uma maior capacidade de acumulação e tamponamento de lactato a intensidades elevadas. Assim, o mais relevante é que a forma como o processo de treino foi conduzido, permitiu o desenvolvimento de adaptações (provavelmente concomitantes) capazes de permitir que o aumento dos valores de lactato sanguíneo sejam mais reduzidos com o aumento de velocidade, com possíveis consequências numa maior capacidade de rendimento desportivo.

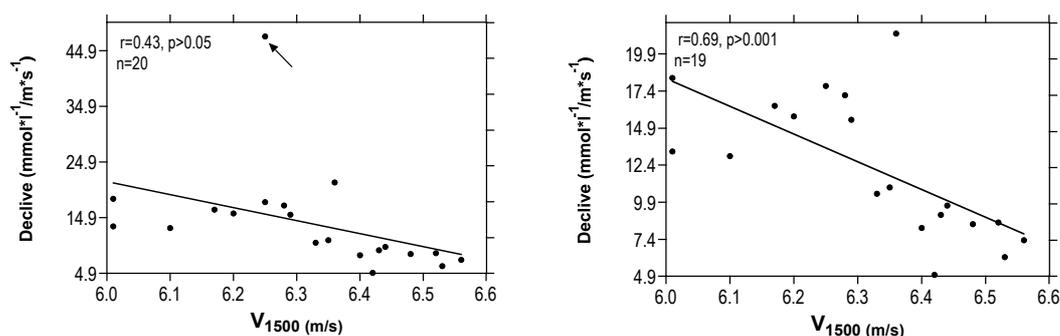


**Figura 52** - Representação gráfica do T2v de 2 atletas, com o respectivo declive (m), área formada pela extrapolação das rectas até ao valor de 20 mmol/l de lactato sanguíneo e 6 m/s de velocidade de corrida (A). É ainda possível observar o valor da  $V_4$  obtida a partir das rectas da regressão.

Podemos, através da figura 52, reforçar a importância das rectas obtidas no T2v para uma melhor compreensão dos níveis de prestação dos corredores de 1500m. Se, a partir de uma determinada concentração láctica, as rectas não se cruzassem, poderíamos colocar a possibilidade de os atletas com menor declive apresentarem menor crescimento de lactato em relação ao aumento da velocidade e, como tal, melhores condições para obterem melhor resultado competitivo. Contudo, a intersecção que ocorre nas rectas deste teste obrigamos a realizar outra leitura dos resultados. Deste modo, optámos pelas áreas determinadas pelas rectas, com início a partir das 6 mmol/l prolongadas até às 20 mmol/l, seguindo as sugestões de Föhrenbach (1991). Estas áreas eliminam qualquer erro de leitura provocado pelo cruzamento de rectas de diferentes atletas, já que deste modo, qualquer atleta com uma menor inclinação da recta obterá sempre uma área maior, que se traduzirá num melhor comportamento do atleta em velocidades de corrida correspondentes a concentrações lácticas mais elevadas.

Assim e com base neste pressuposto, fomos verificar de que modo os valores correspondentes a estas áreas nos poderiam ajudar a melhor diferenciar níveis de rendimento. Os resultados de correlação destas áreas (tanto a partir da  $V_4$

como da  $V_6$ ) com a  $C_{1500}$  ( $r=0.67$ ,  $p<0.001$ ), mostram-nos que o crescimento do lactato em relação à velocidade de corrida, depois do limiar anaeróbio, pode constituir como um meio discriminatório de rendimento em corredores de 1500m, mesmo entre atletas com diferentes níveis de rendimento. Este facto ganha, ainda mais relevo se verificarmos que, entre os atletas cujo rendimento não se justifica através da  $V_4$ , as áreas individuais definidas pelas rectas contribuem decisivamente para esta distinção de *performance* (figura 52). No que diz respeito ao declive das rectas, e apesar da correlação entre os declives e a  $V_{1500}$ , não se mostrar significativa (figura 53, esquerda), quando efectuamos a correlação retirando o atleta 15 (com um valor claramente distinto dos restantes atletas), facilmente podemos verificar a importância que os declives podem ter na explicação do rendimento em 1500m (figura 53, direita).



**Figura 53** - Correlação entre a velocidade na prova de 1500m ( $V_{1500}$ ) e o declive, para a totalidade da amostra (esquerda) e para 19 atletas (direita) depois de retirado o atleta 15.

Para além disso, das 190 relações possíveis entre os diferentes atletas, apenas em 30 situações o rendimento competitivo não é totalmente justificado pelo limiar anaeróbio. Destes 30, 26 podem ser justificados pela área gerada pelas rectas de regressão do  $T_{2v}$ , conforme o exemplo da figura 54. Podemos ainda realçar que das 4 relações entre atletas cujo resultado não é explicável pela  $V_4$  ou pela área obtida pelo  $T_{2v}$ , os resultados obtidos entre estes atletas, tanto na  $C_{1500}$  como na  $V_4$  são de grande proximidade o que naturalmente dificulta a possível diferenciação de resultados. Apesar de não encontrarmos na literatura estudos que refiram os factores que poderão explicar perdas de relação entre o limiar anaeróbio e o rendimento em esforços de média e longa

duração, a importância atribuída em diversos estudos às taxas de crescimento do lactato em relação à velocidade (Borch et al., 1993; Muñoz et al., 1999; Pedro, 2006), justificam a utilização deste factor, através da sua componente de prestação anaeróbia, como uma possível explicação complementar para diferentes níveis de rendimento.

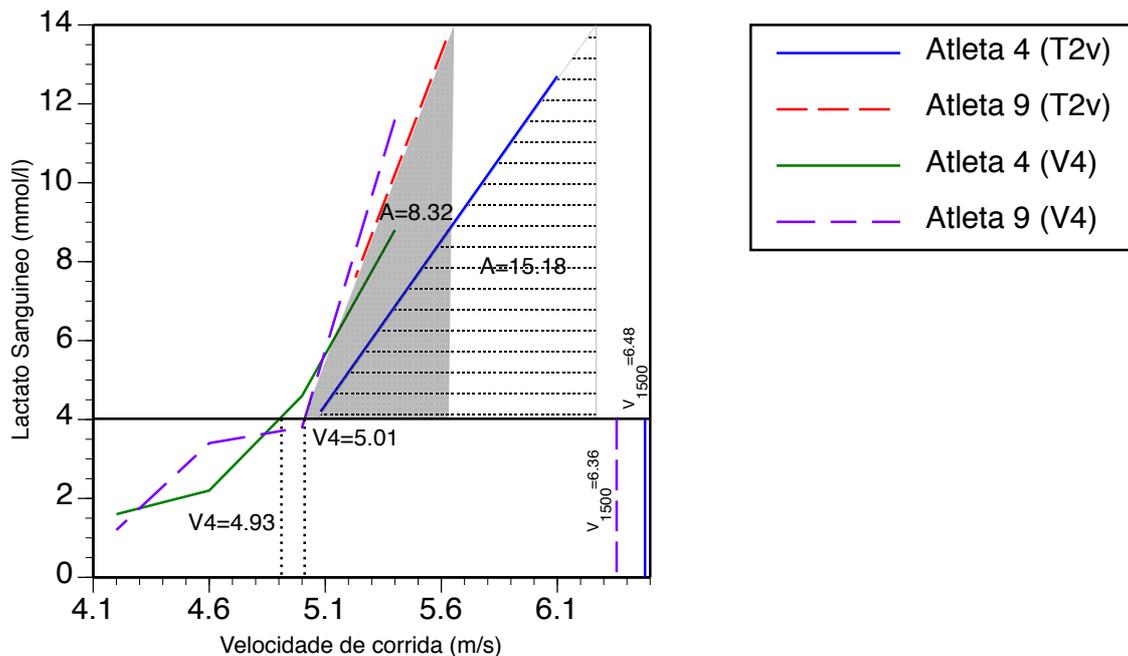


Figura 54 - Representação gráfica do limiar anaeróbio e do T2v de 2 atletas, com a área formada pela extrapolação das rectas. É ainda possível visualizar na figura a V1500, bem como a V4 a obtida para cada atleta no teste de determinação do limiar anaeróbio.

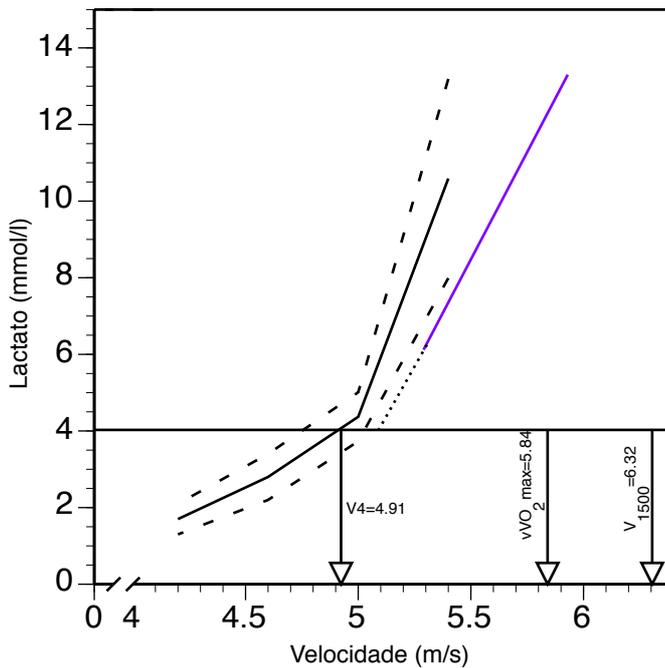
Como podemos observar na figura 54, o atleta 9 possui um limiar anaeróbio mais favorável em relação ao atleta 4. Contudo, a sua marca na C1500 não é melhor, o que sugere alguma interferência do metabolismo anaeróbio na diferenciação de níveis de rendimento entre estes dois atletas. Assim, quando interpretamos as áreas correspondentes às rectas de regressão deste dois atletas, podemos concluir que a menor taxa de crescimento do lactato em relação à velocidade, traduzida pela área criada pelas rectas, é claramente mais favorável ao atleta 4. De facto, uma maior área (15.18 vs 8.32), traduz um menor declive da recta ( $8.43$  vs  $21.28 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1} / \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) e como tal, uma menor taxa de crescimento de lactato em relação à velocidade. Esta melhor combinação do metabolismo aeróbio com o anaeróbio é mais favorável ao

atleta 4, comparativamente com o atleta 9, o que lhe confere uma melhor capacidade de rendimento em 1500m. Deste modo, a diferença entre a  $V_4$  e a  $V_{1500}$  (figura 54) sugere a necessidade destes corredores possuírem bons níveis aeróbios, certamente para suportar grande parte do esforço nesta distância e permitirem uma utilização mais tardia do metabolismo anaeróbio. Podemos ainda reforçar que, apesar do tempo de esforço máximo destes corredores estar compreendido entre os 3min 30s e os 4min 00s, a influência aeróbia é predominante, mesmo tendo em consideração que a influência do metabolismo anaeróbio não pode ser negligenciada (Spencer e Gatin, 2001).

Para reforçarmos melhor esta ideia podemos analisar mais alguns casos. Por exemplo, o atleta 12, de acordo com a sua  $V_4$ , estaria posicionado 6 lugares acima nos resultados na  $C_{1500}$ . Contudo, facilmente se verifica que tem a área, definida pelo  $T_{2v}$  (8.27) mais baixa de todos os atletas posicionados à sua frente (12.23, 11.75, 8.32, 15.70, 25.60 e 14.16). Assim, mesmo tendo alcançado um limiar anaeróbio superior, rapidamente sofrerá um grande crescimento do lactato sanguíneo, convivendo mais cedo e durante mais tempo com essas concentrações, ao contrário dos outros atletas. Por outro lado, o atleta 4 encontra-se numa classificação na  $C_{1500}$  superior à que obteria se considerássemos apenas a  $V_4$ . Contudo, verificamos que este atleta possui uma área definida pela recta de regressão do  $T_{2v}$  superior à dos outros dois atletas (15.18 vs 13.25 e 14.16) que, por apresentarem uma taxa de crescimento do lactato em relação à velocidade superior, não conseguiram traduzir o seu melhor limiar anaeróbio em melhor resultado competitivo.

Deste modo, apesar da ausência de correlação entre o rendimento e a  $V_4$  em corredores de 1500m, o  $T_{2v}$  poderá constituir um excelente auxílio na avaliação de corredores de meio fundo, particularmente nas distâncias de meio fundo curto, nas quais a componente anaeróbia pode constituir um factor importante no rendimento.

Na figura 55, podemos observar a representação dos resultados dos diferentes testes.



**Figura 55** - Representação gráfica das velocidades de corrida determinadas pelo teste de determinação do limiar anaeróbio, resultado da competição ( $V_{1500}$ ),  $V_4$  e  $v\dot{V}O_{2max}$ . É possível observarmos a representação da média dos valores obtidos para os 20 atletas no teste do limiar anaeróbio (—), e respectivos desvios padrão (---) bem como a recta de regressão correspondente à média dos valores do T2v.

O resultado do limiar anaeróbio (traduzido pela  $V_4$ ) afasta-se muito do resultado competitivo sugerindo que, apesar do tempo total de esforço máximo requerido na prova de 1500m envolver uma grande influência aeróbia (Spencer e Gatin, 2001), os níveis de prestação anaeróbia dos atletas poderão ser determinantes no resultado obtido. Contudo, no caso específico dos corredores de 1500m, parece que existirão diversas adaptações sistémicas, capazes de fazer com que a relação da  $V_5$  com o rendimento seja tão elevada. A este respeito podemos especular que melhorias na  $V_5$  poderão estar associadas: (i) à diminuição dos mecanismos de produção de lactato (traduzidos por uma menor taxa de crescimento em relação ao aumento de velocidade de corrida) e melhoria dos mecanismos de remoção (Bergman et al., 1999); (ii) melhoria nos processos de difusão celular (Brooks et al., 1999); (iii) aumento das proteínas transportadoras de lactato (Billat et al., 2003); (iv) melhoria dos mecanismos de “*lactate shuttle*” (Brooks et al., 1999); (v) aumento da capilarização (Tesh e

Wright, 1983), entre outros. Estes factores poderão assim contribuir para que os valores da  $V_5$  se correlacionem de uma forma tão elevada com o rendimento competitivo em 1500m, apesar desta velocidade estar relativamente afastada da velocidade de competição. Deste modo, as adaptações provocadas pelo treino que levarão à melhoria da  $V_5$  e mesmo da  $V_4$ , poderão ter uma importância explicativa considerável no rendimento entre corredores de 1500m.

Um aspecto que ressalta dos nossos resultados está relacionado com o facto dos melhores atletas apresentarem áreas superiores aos atletas de menor resultado, denotando da parte destes últimos taxas de crescimento do lactato mais elevadas. Este aspecto é explorado num estudo de Muñoz et al. (1999), que, apesar de ter sido realizado com cavalos de competição, constatou que os animais mais treinados atingiam taxas de acumulação de lactato em relação ao aumento da velocidade inferiores a animais menos treinados ou de menor nível competitivo, na realização de esforços máximos ou sub-máximos. De acordo com os nossos resultados, acreditamos que a situação não será muito distinta em humanos, nomeadamente em corredores de meio fundo.

Deste modo, a utilização das áreas determinadas a partir das rectas de regressão obtidas no T2v, pode-nos fornecer conjuntamente com a  $V_4$ , um meio eficaz de avaliação dos níveis de rendimento para a C1500. Esta leitura dos resultados, obriga-nos assim, a avaliar o atleta no seu conjunto dando uma importância equilibrada ao metabolismo aeróbio e anaeróbio, traduzidos respectivamente pela  $V_4$  e pelos resultados do T2v.

### 6.2.3. Grupo de corredores de 5000m

Os resultados do nosso estudo sugerem que: (i) o limiar anaeróbio expressa, em grande parte, a capacidade de prestação dos corredores de 5000m, já que a correlação entre este parâmetro e o rendimento nesta prova é muito elevada ( $r=0.89$ ,  $p<0.001$ ); (ii) contudo, a velocidade de corrida correspondente à lactatemia de 5 mmol/l, parece explicar melhor diferentes níveis de rendimento entre estes atletas ( $r=0.90$ ,  $p<0.001$ ); (iii) a  $v\dot{V}O_2\text{max}$  relaciona-se com o rendimento em 5000m ( $r=0.67$ ,  $p<0.001$ ), mas simultaneamente não se mostra capaz de explicar diferentes níveis de rendimento entre diferentes atletas; (iv) o  $T_{lim}$  apresenta uma correlação moderada com a prestação competitiva mas não parece capaz de explicar diferenças de rendimento entre atletas com resultados semelhantes; (v) por fim, o  $T_{2v}$  mostra-se útil na diferenciação de níveis de prestação, através da determinação da  $V_4$ , bem como na explicação de diferentes níveis de prestação entre atletas com limiares anaeróbios semelhantes.

Os resultados obtidos com os corredores de 5000m evidenciam uma correlação muito elevada entre os tempos alcançados na competição e os resultados correspondentes à  $V_4$  ( $r=0.89$ ,  $p<0.001$ ). Estes resultados sugerem-nos mesmo uma elevada capacidade preditiva da *performance*, através do teste de determinação do limiar anaeróbio, para estes corredores. Se tivermos ainda em consideração que o erro padrão de estimativa foi inferior a 6s e o valor de  $r^2=0.80$ , a utilização do teste de determinação do limiar anaeróbio assume-se de grande importância para corredores de 5000m. Estes resultados estão em consonância com outros estudos que apresentam níveis de correlação muito próximos aos que encontramos neste estudo (Kumagai et al., 1982; Pompeu et al., 1997; Roecker et al., 1998; Novo e Santos, 2002; Pedro, 2006).

Um aspecto interessante do nosso estudo refere-se ao facto das correlações com a competição evidenciarem um valor mais elevado para a  $V_5$ . De facto, o valor da correlação obtido para a velocidade correspondente à concentração láctica de 5 mmol/l foi superior ( $r=0.90$ ,  $p>0.001$ ). Este resultado está bem suportado por outros estudos que evidenciam valores de correlação elevados

para velocidades de corrida correspondentes a concentrações lácticas até às 8 mmol/l, em provas dos 5000 aos 15000m, (Tokmakidis et al., 1998; Papadopoulos et al., 2003; Pedro, 2006). A este facto não estarão alheias as elevadas concentrações de lactato obtidas após uma competição de 5000m, que podem ir até às 10 mmol/l (Hoogeveen et al., 1997). Buffington et al. (2000), encontraram concentrações lácticas no final de uma prova de 5000m que variaram entre 9.91 e 13 mmol/l. Estes valores sugerem algum contributo anaeróbio (mesmo que este ocorra mais acentuadamente no final da competição), o que de algum modo poderá explicar o motivo pelo qual as velocidades de corrida correspondentes a concentrações lácticas mais altas parecem ser mais adequadas para justificar diferentes capacidades de rendimento em 5000m. Assim, apesar do contributo aeróbio ser claramente predominante em competições de 5000m (Martin e Coe, 1997; Duffield et al., 2005b), é previsível que outros factores possam exercer uma importante influência no resultado final, particularmente quando os atletas da amostra se encontram tão próximos em termos de resultado desportivo, como acontece neste estudo. A capacidade do atleta correr a velocidades elevadas com menor aumento das taxas de crescimento do lactato, poderá assim constituir um factor decisivo de discriminação de rendimento. Este será um aspecto a explorar quando nos referirmos, mais à frente, ao teste de duas velocidades.

Ainda no que diz respeito à  $V_4$ , devemos ter em conta a diferença entre esta e a  $V_{5000}$  (0.55 m/s), o que reforça o facto de a competição de 5000m se realizar a intensidades que vão para além das correspondentes ao limiar anaeróbio. Deste modo, a  $V_4$  situa-se a 90.5% da velocidade de competição, estando a  $V_5$  mais próxima da velocidade de competição (92.56%). Estes resultados sugerem-nos ainda a possibilidade de, para amostras com nível desportivo superior, se poderem encontrar correlações mais elevadas para velocidades correspondentes a concentrações lácticas superiores à  $V_5$ , o que poderá ficar a dever-se ao facto de atletas de nível competitivo superior terem desenvolvido adaptações capazes de lhes melhorarem o processamento de todo o metabolismo aeróbio. É assim de aceitar a possibilidade destes atletas melhorarem a capacidade de “negociar” em esforço determinados equilíbrios sistémicos com maiores taxas de lactato sanguíneo (e correspondente acidose

intramuscular) que podem constituir um factor essencial na discriminação de maiores capacidades de rendimento<sup>8</sup>.

A  $v\dot{V}O_2\text{max}$  situou-se nos  $5.89 \pm 0.20$  m/s, o que se aproxima muito de resultados obtidos noutros estudos com atletas de nível semelhante (Billat et al., 1994a; Billat et al., 1994b; Billat et al., 1995). A correlação da  $v\dot{V}O_2\text{max}$  com o resultado da competição é moderada ( $r=0.67$ ,  $p<0.001$ ), mas muito pouco discriminativa, uma vez que vários atletas ficaram agrupados nas mesmas intensidades de esforço, apesar de terem níveis de prestação diferenciados (figura 56).

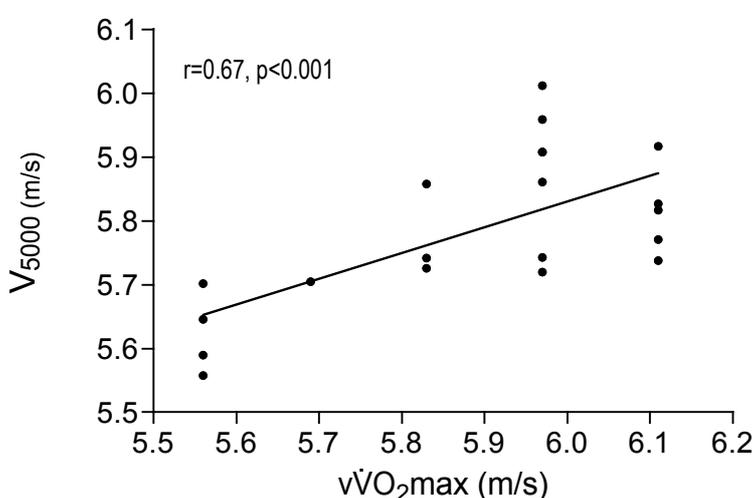


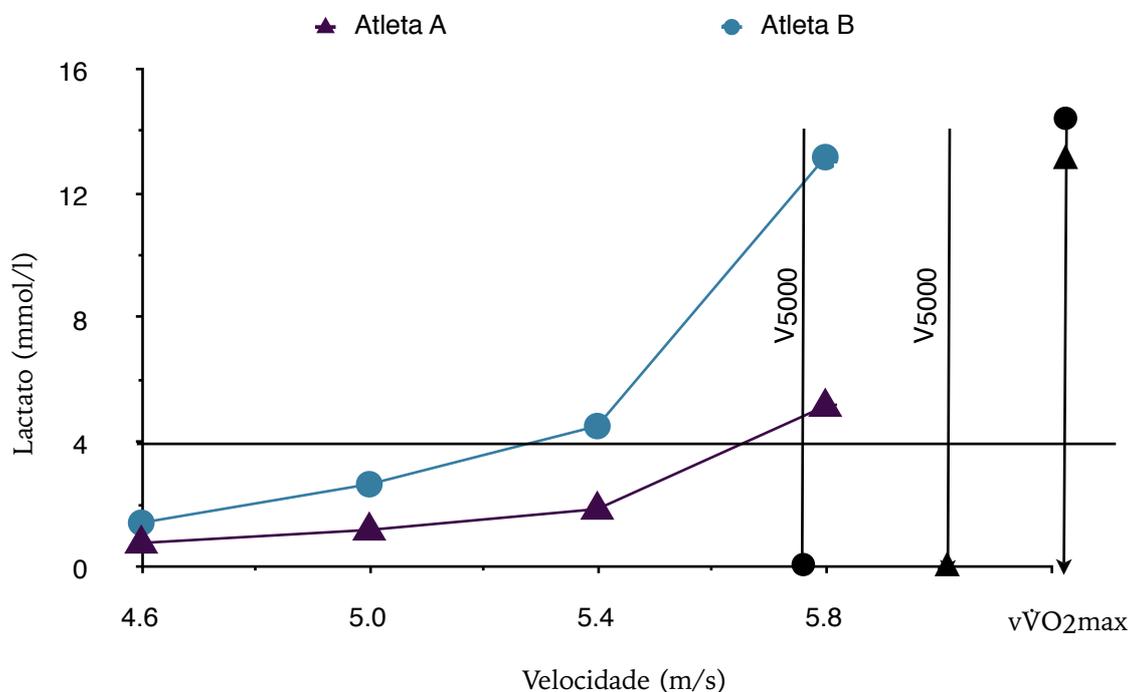
Figura 56 - Correlação entre a velocidade na prova de 5000m ( $V_{5000}$ ) e a  $v\dot{V}O_2\text{max}$ .

A grande homogeneidade da amostra também dificulta uma diferenciação mais clara a partir destes indicadores. Quando relativizamos a  $V_4$  à  $v\dot{V}O_2\text{max}$ , podemos verificar que a primeira se situa a 88.8% da  $v\dot{V}O_2\text{max}$ . Este resultado é corroborado por outros estudos cujos valores são muito semelhantes (Lacour

<sup>8</sup> - A este respeito é notória a preocupação existente ao nível do treino de alguns dos melhores corredores do mundo, cujo treino incide muito “no aumento da capacidade para suportar uma determinada velocidade específica para competição” (Canova, 2004). Neste caso, é evidente a procura de adaptações sistémicas, num contexto fisico-químico, capazes de fazer com que os atletas sejam capazes de lidar com “equilíbrios instáveis”, determinados por mecanismos compensatórios acima do tradicional limiar anaeróbio.

et al., 1991; Billat et al., 1994c). A  $V_4$  relativizada à  $\dot{V}O_2\text{max}$  apresenta uma correlação moderada e significativa com o rendimento na prova de 5000m ( $r=0.67$ ,  $p<0.001$ ). Contudo, este valor de  $r$  não justifica a utilização da  $V_4$ , quando expressa em função da  $\dot{V}O_2\text{max}$ , em detrimento da própria  $V_4$ , já que esta apresenta um nível de correlação com a competição mais elevado e assim mais preditivo de rendimento (Jones, 1998). Aliás, a  $\dot{V}O_2\text{max}$ , mesmo quando avaliada longitudinalmente, não é o indicador que melhor explica diferentes níveis de rendimento, particularmente em distâncias iguais ou superiores a 3000m (Jones, 1998; Bragada, 2003).

Para estes corredores, a  $V_4$  assume um poder diferenciador de rendimento que a  $\dot{V}O_2\text{max}$  não permite. A título de exemplo, e em consonância com o que acontece com outros atletas da amostra, podemos analisar os resultados representados na figura 57. Facilmente se percebe que, apesar da  $\dot{V}O_2\text{max}$  ser idêntica entre os 2 atletas, os resultados obtidos em competição e no teste de determinação do limiar anaeróbio são muito distintos.



**Figura 57** - Representação gráfica comparativa de resultados do teste de determinação do limiar anaeróbio e da  $\dot{V}O_2\text{max}$  de dois atletas da amostra (1º e 11º atletas na V5000).

Na figura 57 é ainda possível perceber que a diferença entre estes atletas ao nível da  $V_4$ , será o factor que maior influência terá nas diferentes velocidades de competição, já que o atleta mais rápido em competição possui um limiar anaeróbio mais elevado e a  $v\dot{V}O_2\text{max}$  é idêntica entre os dois atletas.

A  $v\dot{V}O_2\text{max}$  teve igualmente uma elevada correlação com a  $V_4$  ( $r=0.72$ ;  $p<0.05$ ), o que está de acordo com os resultados obtidos em outros estudos (Lacour et al., 1991; Jones et al., 1998). Se tivermos em consideração que estes dois indicadores fisiológicos parecem ser dos que mais se relacionam com evoluções na prestação competitiva em meio fundo (Jones, 1998; Bragada, 2003), os mesmos deverão ser monitorizados com regularidade ao longo do processo de treino, podendo-se constituir como meios eficazes de avaliação das adaptações resultantes do treino e possibilitando, se necessário, a sua reformulação e individualização.

Em relação ao  $T_{lim}$ , podemos verificar a existência de uma correlação moderada entre este indicador com o tempo obtido na competição ( $r=0.51$ ;  $p<0.05$ ), bem como com a  $V_4$  ( $r=0.50$ ;  $p<0.05$ ). Contudo, o  $T_{lim}$  não se correlaciona com a  $v\dot{V}O_2\text{max}$  ( $p>0.05$ ). No que diz respeito à relação entre o  $T_{lim}$  e a  $v\dot{V}O_2\text{max}$ , os nossos resultados estão em conformidade com um dos estudos de Billat (Billat et al., 1994d) e os resultados obtidos no nosso estudo ( $5\text{min } 22\text{s} \pm 37\text{s}$ ) mostram que os atletas apresentam valores que estão de acordo com o descrito na literatura (Billat et al., 1994c; Ramsbottom et al., 1994; Billat et al., 1995). Contudo, a relação do  $T_{lim}$  com a prestação em 5000m, parece não acrescentar muito em termos de sensibilidade para explicar diferenças de rendimento entre corredores de 5000m.

Podemos, então concluir que, no caso destes corredores, o limiar anaeróbio é de todos os testes efectuados o que mais se correlaciona com o rendimento na prova de 5000m, ainda que os nossos resultados sugiram uma leitura atenta do comportamento do crescimento do lactato em relação ao aumento da velocidade, a partir da  $V_4$ . Este resultado está em consonância com diversos estudos realizados com corredores de 5000m (Jones, 1998) e 10000m (Tanaka et al., 1986) e até com corredores de 3000m que, realizando um tempo de esforço máximo em competição inferior a corredores de 5000m, apresentam

igualmente uma maior dependência da  $V_4$  para a obtenção de melhores resultados, relativamente a qualquer outro indicador (Grant et al., 1997; Bragada, 2003).

Aliás, diversos estudos longitudinais mostram-nos que a evolução competitiva de corredores em distâncias que vão dos 3000m aos 10000m não está, a partir de um determinado nível de rendimento, dependente de melhorias no  $\dot{V}O_2\text{max}^9$  (Tanaka, 1986; Jones, 1998; Jones 2006), mas essencialmente no limiar anaeróbio (Tanaka, 1986; Jones, 1998; Carter et al., 1999; Foster et al.; 1999; Bassett e Howley, 2000; Jones 2006; Pedro, 2006), podendo a economia de corrida (Jones 1998; Jones et al., 1999a; Jones, 2006), sofrer algumas evoluções se bem que não tão significativas.

O facto mais relevante, relativo ao T2v, para estes corredores, é que a correlação existente entre a  $V_4$  obtida neste teste e a C5000 sugere-nos que o T2v apresenta uma enorme capacidade preditiva de rendimento nesta distância ( $r=0.92$ ,  $p<0.001$ ). Se tivermos em consideração as elevadas concentrações lácticas obtidas na C5000 (Santos, 1995; Hoogeveen et al., 1997; Buffington et al., 2000) e os níveis de velocidade obtidos nesta competição, fará todo o sentido que um teste com duas repetições de 2000m, realizado a uma intensidade inferior, com concentrações lácticas a oscilarem entre as 4 e as 6 mmol/l (de modo a respeitar o protocolo) e uma repetição máxima, possa de alguma forma simular o tipo de esforço característico desta distância. Os resultados da  $V_4$ , determinada através do T2v, apresentam uma ligeira sobrevalorização em relação ao valor obtido no teste de determinação do limiar anaeróbio (0.05 m/s), o que representa uma diferença de próxima dos 2s. A  $V_4$  obtida através deste teste apresenta uma correlação muito significativa com a obtida pelo teste de determinação do limiar anaeróbio ( $r=0.87$ ,  $p<0.001$ ). Esta correlação aumenta se a estabelecermos com a  $V_5$  ( $r=0.89$ ,  $p<0.001$ ), que como podemos verificar anteriormente (no teste de determinação do limiar anaeróbio), correlaciona-se melhor do que a  $V_4$  com a C5000. Contrariamente ao ocorrido no grupo de corredores de 800m e 1500m, nestes atletas, o número

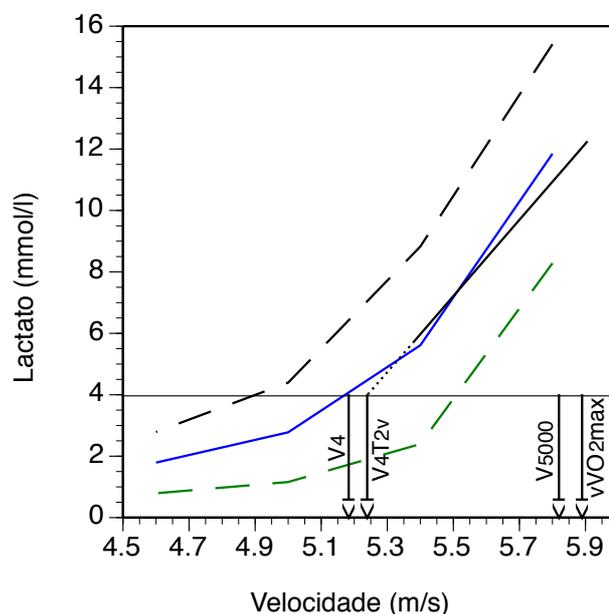
---

<sup>9</sup> - As melhorias nos valores de  $VO_2\text{max}$  parecem apenas ocorrer em estudos longitudinais cujas amostras são constituídas por atletas de nível desportivo baixo, indivíduos destreinados ou mesmo sedentários (Hickson et al., 1980; Gettman et al., 1982; MacCarthy et al., 1995; Kaikkonen et al., 2000; Wiswell et al., 2000).

de intersecções das rectas a ocorrerem acima da  $V_4$  e por isso a prejudicar a correlação entre este indicador a *performance*, é muito reduzido o que se poderá justificar pela menor influência anaeróbia neste teste com as repetições de 2000m. De facto das 190 intersecções possíveis, apenas 13 atletas têm intersecções que poderiam interferir negativamente na correlação entre a  $V_4$ , determinada a partir do T2v e a C5000.

Assim, se pretendermos prever diferentes níveis de rendimento na prova de 5000m, o teste de duas velocidades realizado com duas repetições de 2000m será muito eficaz para atingir esse objectivo. Contudo, se pretendemos avaliar corredores com o intuito de obtermos dados úteis para a prescrição do treino, a utilização deste teste poderá por, si só, não ser tão eficaz. Obtivemos diferenças entre as duas  $V_4$  que podem ultrapassar os 10s/km, contudo essa diferença vai-se acentuando para velocidades de corrida inferiores (figura 58). Se a prescrição do treino fosse baseada na  $V_4$ , determinada pelo T2v, facilmente poderíamos incorrer no erro de colocar os atletas a treinar a intensidades superiores às ideais, especialmente na sessões de treino de corrida contínua, com possíveis prejuízos na capacidade de rendimento dos atletas (Santos, 1995).

Na figura 32 podemos sinteticamente observar a  $V_{5000}$ , a  $v\dot{V}O_{2max}$ , bem como a diferença entre as duas  $V_4$ . Uma leitura atenta do gráfico permite-nos perceber que a média da  $V_{5000}$  (5.78 m/s) aproxima-se da média dos valores da velocidade de corrida referente ao último patamar do T2v (5.90 m/s). Este facto poderá ser mais um motivo para justificar a importância do T2v em corredores de 5000m. A elevada proximidade da  $V_4$ , determinada com este teste, em relação ao limiar anaeróbio, conjugada com o facto da velocidade da última repetição de 2000m ultrapassar a velocidade da competição estará a conferir a este teste características muito favoráveis para que o mesmo seja de particular interesse para corredores de 5000m.

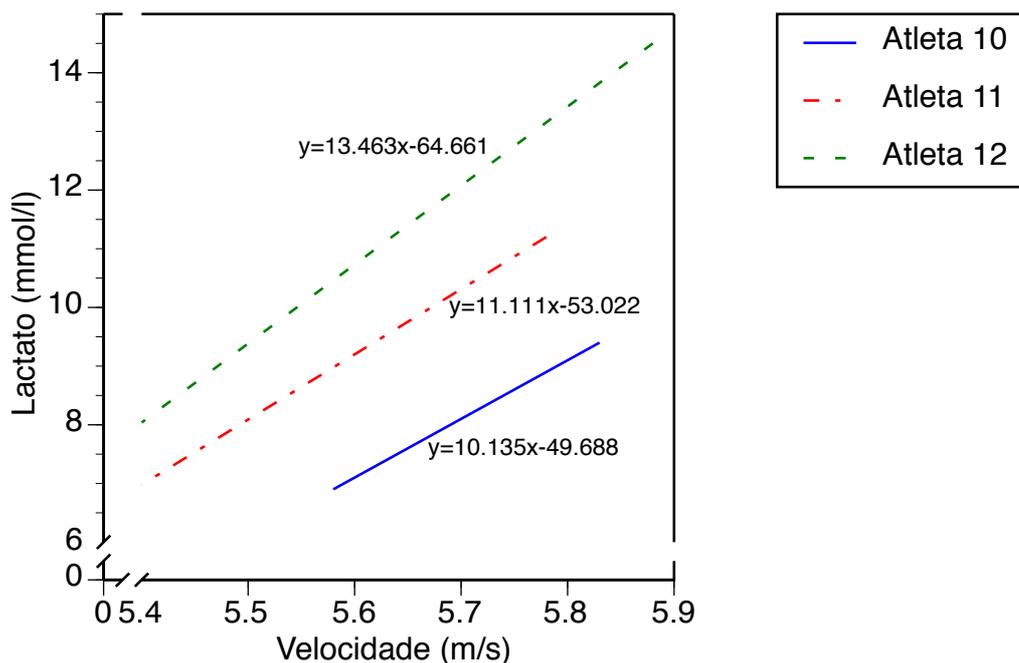


**Figura 58** - Representação gráfica das velocidades de corrida obtidas pelo teste de determinação do limiar anaeróbio ( $V_4$ ), resultado da competição ( $V_{5000}$ ),  $V_4$  extrapolada pelo T2v e  $v\dot{V}O_{2max}$ . Os dados apresentados referem-se à média dos valores obtidos para os 20 atletas no teste do limiar anaeróbio (—), bem como os respectivos desvios padrão (---).

Numa análise ao T2v, parece-nos que uma leitura mais atenta às taxas de crescimento de lactato sanguíneo entre diferentes atletas, nos pode ajudar a melhor identificar distintos níveis de rendimento. A importância de observar o ritmo de crescimento do lactato em relação à velocidade é proposto por diversos autores (Borch et al., 1993; Föhrenbach, 1991), mas não encontramos na literatura dados obtidos da mesma forma que utilizámos neste estudo. Ainda assim, comparando os nossos resultados com os obtidos por Pedro (2006), podemos verificar que as taxas de crescimento definidas pelas variações médias em concentrações acima da  $V_6$  ( $11.67 \pm 1.86 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1} / \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$  entre a  $V_6$  e a  $V_8$  e  $15.07 \pm 2.39 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1} / \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$  entre a  $V_8$  e a  $V_{10}$ ) não ficam muito distantes dos valores que obtivemos para a média dos declives, cujo valor mais elevado ( $18.31 \pm 7.24 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1} / \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) se poderá justificar pela realização de uma repetição máxima de 2000m no T2v, não utilizada no estudo de Pedro (2006), para os corredores de 5000m.

De facto, e apesar de termos observado que a  $V_4$ , apresenta uma correlação muito elevada com a  $C5000$ , a verdade é que podemos aprofundar a interpretação desses resultados utilizando os declives das rectas obtidos no T2v. O facto do declive das rectas obtidas a partir dos resultados do T2v não se correlacionar com a  $V5000$  ( $p > 0.05$ ), não retira importância aos resultados, já que o declive poderá contribuir para justificar casos em que a  $V_4$ , por si só, não justifica diferentes níveis de rendimento. A análise dos resultados do T2v mostra-nos a existência de 8 casos cujos resultados serão melhor aferidos se, para além da  $V_4$ , tivermos em consideração as taxas de crescimento de lactato sanguíneo definidas pelo declive da recta do T2v.

Na figura 59 podemos ver 3 atletas cujos valores da  $V_4$  não têm correspondência com o resultado competitivo. Neste caso, o atleta 12 tem o pior resultado competitivo apesar de uma  $V_4$  mais favorável quando comparada com os atletas 10 e 11. O declive da recta obtido no T2v é superior aos outros 2 atletas o que poderá justificar o menor nível de rendimento competitivo.



**Figura 59** - Rectas e equações das regressões obtidas através do T2v, para 3 atletas. De realçar que o atleta 12 tem o pior nível competitivo apesar do seu limiar anaeróbio ser superior.

A análise da taxa de crescimento do lactato em relação ao aumento da velocidade poderá ser de grande importância para uma interpretação mais profunda dos resultados de avaliação de corredores de 5000m (Borch et al., 1993; Pedro, 2006). Torna-se deste modo, possível diferenciar níveis de rendimento, conjugando a leitura do limiar anaeróbio, com as taxas de crescimento do lactato (Pedro, 2006).

Sintetizando, podemos verificar que o limiar anaeróbio metabólico permite-nos discriminar os resultados na C5000. Por outro lado, a V4, determinada por extrapolação das rectas de regressão do teste de duas velocidades, poderá eventualmente ser utilizada para diferenciar níveis de prestação dos atletas, constituindo assim o resultado mais inovador deste estudo, para os corredores de 5000m.

Por fim, parece-nos relevante referir que vários estudos recentes apontam para o facto que a optimização do rendimento desportivo nesta distância poderá, em parte, estar muito dependente da realização de sessões de treino mais específicas e intensas (Esteve-Lanao et al., 2005; Seiler e Kjerland, 2006; Pedro, 2006). Este tipo de trabalho provocará adaptações muito relevantes tanto no limiar anaeróbio como na taxa de acumulação de lactato sanguíneo ao longo do exercício (Borch et al., 1993; Pedro, 2006). Este facto aumenta a importância de analisarmos atentamente as taxas de crescimento do lactato em relação à velocidade na C5000, para além do limiar anaeróbio. As melhorias longitudinais de rendimento podem, em determinados casos, estar mais dependentes de melhorias nessas taxas de crescimento do que do próprio limiar anaeróbio (Pedro, 2006). Uma leitura atenta sobre todas estas variáveis poderá ser decisiva, não apenas para determinar níveis de rendimento como para auxiliar o treinador no acto prescritivo dos distintos meios e métodos de treino. Este facto torna-se especialmente evidente quando são treinadores de alguns dos melhores atletas do mundo (Canova, 2004) a revelarem a necessidade de avaliar os efeitos do treino prescrito, para além do limiar anaeróbio, de modo a individualizar o processo de treino de acordo com as exigências competitivas específicas do alto rendimento, mesmo contrariando alguns pressupostos mais tradicionais.

#### 6.2.4. Grupo de corredores de ½Maratona

Os resultados do nosso estudo, referentes aos corredores de ½maratona sugerem que: (i) o limiar anaeróbio é o parâmetro que melhor explica diferentes níveis de prestação competitiva; (ii) a velocidade de corrida correspondente ao limiar anaeróbio ( $V_4$ ) está muito próxima da velocidade de corrida à ½maratona o que sugere que a  $V_4$  poderá ser muito útil na selecção de intensidades de treino; (iii) a  $\dot{V}O_2\text{max}$  evidenciou uma boa correlação com a  $V_{\frac{1}{2}\text{maratona}}$ , contudo parece pouco eficaz para distinguir atletas com semelhantes níveis de *performance*; (iv) o  $T_{lim}$  evidencia uma baixa relação com a prestação competitiva, sendo de pouca utilidade na discriminação de níveis de rendimento; (v) por fim, o  $T_{2v}$ , mostra-se útil na diferenciação de níveis de rendimento, através da determinação da  $V_4$ , bem como na explicação de diferentes níveis de prestação entre atletas com limiares anaeróbios semelhantes.

Foi encontrada uma correlação muito elevada ( $r=0.95$ ,  $p<0.0001$ ) entre os tempos obtidos na competição e os resultados correspondentes às velocidades de corrida determinadas para concentrações sanguíneas de lactato de 4 mmol/l. Os valores de correlação para as concentrações de 3 e 5 mmol/l foram inferiores, embora igualmente muito significativos ( $r=0.92$ ,  $p<0.0001$ ). De facto, os valores de correlação entre a  $V_4$  e o resultado na ½maratona são elevados e sugerem-nos a utilização deste teste como um dos que melhor permite prever a *performance* na ½maratona. Se tivermos ainda em consideração que o  $r^2$  obtido foi de 0.90, mais relevante se torna a correlação entre estes resultados, cujo erro padrão de estimativa é de 0.06 (5.86s). Esta elevada correlação e o valor preditivo do limiar anaeróbio em relação ao rendimento nas competições de ½maratona, não são uma realidade nova (Roecker et al., 1998; Santos, 1995) sendo os nossos resultados corroborados por outros estudos. Assim, Santos (1995, 1998), com  $r=0.90$  e Papadopoulos et al. (2003) com  $r=0.91$ , obtiveram, de igual forma, correlações muito elevadas. Julgamos que o facto de termos obtido uma maior correlação se ficará a dever à circunstância de todos os atletas da nossa amostra terem realizado a mesma competição, o que terá eliminado a interferência que diferentes

morfologias de terreno poderiam provocar nos resultados obtidos em cada prova. Aliás, este facto é comprovado por outros estudos que mostram correlações idênticas ou superiores à do presente estudo, quando os atletas competem na mesma prova (Karlsson et al., 1981<sup>10</sup>; Föhrenbach et al., 1987; Mader, 1991).

Os nossos resultados sugerem assim a possibilidade de, através da concentração láctica expressa em função de uma determinada velocidade de corrida (neste caso a  $V_4$ ), se poder obter excelentes estimativas da prestação na prova de ½ maratona. Esta é uma realidade defendida por vários investigadores que mostram resultados capazes de permitir a predição do rendimento competitivo através de dados obtidos em testes de terreno (Santos, 1985; Mader, 1991; Föhrenbach et al., 1987).

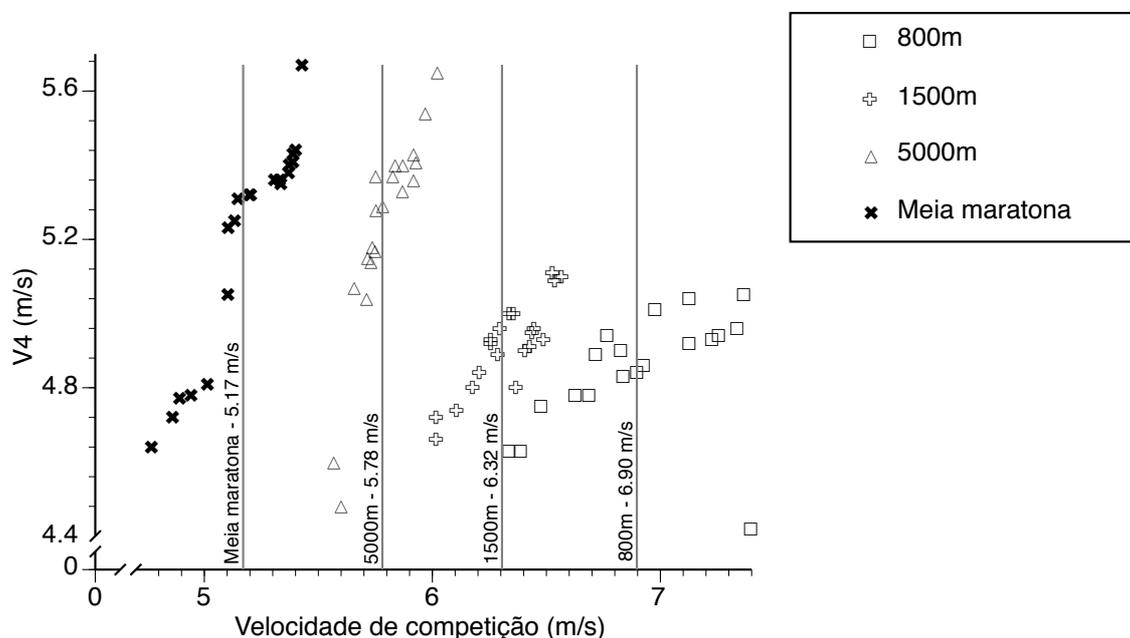
Não podemos, contudo, deixar de referir que estes atletas, para fazerem parte da amostra do nosso estudo, tiveram de cumprir determinados requisitos, tanto ao nível da realização dos testes como da competição. Por exemplo, todos os atletas da amostra tiveram de terminar a ½ maratona com a percepção de terem conseguido realizar a prova sem dificuldades inesperadas que pudessem perturbar o seu resultado. Deste modo, não podemos deixar de reforçar que a possível predição de resultados apenas será viável nas situações em que se reúnem todas as condições necessárias para uma boa prestação individual. Qualquer factor externo (climatérico, alimentar, de saúde, entre outros) poderá colocar desde logo em questão a possível predição do resultado. É óbvio que as condições do teste não conseguem simular as condições de competição, mas este é um condicionalismo incontornável e que a investigação científica deve incorporar na análise dos resultados.

Um aspecto curioso e de algum modo inesperado, relativamente aos resultados que obtivemos relativamente à  $V_4$ , está relacionado com o facto da  $V_4$  não ser muito diferente quando comparamos os atletas de ½ maratona com os corredores de 5000m por nós avaliados. Assim, apesar de ser clara a diferença de resultados no teste de limiar anaeróbio entre os corredores de

---

<sup>10</sup> - Coeficiente de correlação de 0.95 ( $p < 0.001$ ), entre o limiar anaeróbio e o resultado na maratona, entre 18 participantes na Maratona de Estocolmo.

800/1500m, comparativamente com os corredores de 5000m/1/2maratona<sup>11</sup> (figura 60), os resultados da  $V_4$  entre os corredores de 5000m e 1/2maratona são praticamente idênticos ( $5.23 \pm 0.28$  m/s vs  $5.20 \pm 0.29$  respectivamente).



**Figura 60** - Representação dos resultados da  $V_4$  (m/s) e velocidade de competição (m/s) para todos os atletas da amostra ( $n=80$ ). As linhas verticais representam a média das velocidades de competição para cada grupo de corredores.

Seria de esperar um maior volume de treino aeróbio nos corredores de 1/2maratona, o que lhes permitiria obter uma  $V_4$  superior (Santos, 1995), comparativamente com os corredores de 5000m. Contudo, a aparente ausência de diferenças claras nas metodologias de treino que diferenciem corredores destas duas disciplinas de meio fundo (Paiva, 1995; Abrantes, 2006), poderá justificar estes resultados. É ainda muito comum haver cada vez menos

<sup>11</sup> O maior volume de trabalho aeróbio poderá provocar um aumento do conteúdo enzimático mitocondrial e aumento das taxas de oxidação. Simultaneamente, o coração, fígado e musculatura activa e inactiva poderá otimizar a capacidade de utilizar o lactato como substrato. Diversas adaptações musculares poderiam ainda somar contributos para uma melhoria da aeróbia. O aumento do tamanho e número de mitocondrias, o aumento das enzimas oxidativas e da cadeia transportadora de electrões, poderão ser outros importantes factores que justifiquem melhores valores da  $V_4$  para os corredores de 5000m e 1/2maratona.

corredores especializados apenas numa distância, procurando valências competitivas em diferentes provas de meio fundo e fundo<sup>12</sup>.

Apesar deste resultado menos esperado nos valores que obtivemos para os atletas da amostra, podemos constatar que, no caso destes corredores, o limiar anaeróbio é de todos os testes efectuados o que mais se correlaciona com o rendimento na ½ maratona e como tal deve ser alvo de uma atenção particular ao nível do processo de treino. Tendo ainda por base a elevada proximidade nas velocidades ao limiar anaeróbio e a velocidade de prova, fica reforçada a importância de se explorarem as intensidades correspondentes ao limiar anaeróbio no processo de treino. Seiler e Kjerland (2006), mostraram que muitos atletas de esforços de longa duração, parecem negligenciar o treino a intensidades correspondentes a 2 a 4 mmol/l de lactato sanguíneo, dedicando 71% do seu treino a intensidades inferiores a 2 mmol/l, 22% a intensidades superiores a 4 mmol/l e apenas 7% a intensidades entre as 2 e 4 mmol/l. Parece assim que os atletas de elite, em longas distâncias, treinam surpreendentemente pouco a intensidades correspondentes ao limiar anaeróbio, pelo que as nossas propostas se direccionam precisamente para que estas sejam intensidades a explorar no processo de treino para estes corredores. O treino a estas intensidades tem-se revelado muito importante para estimular melhorias significativas no limiar anaeróbio e na prestação competitiva (Denis et al., 1984; Londeree, 1997; Palmer, 1997).

Por fim, e reforçando a ideia anterior, parece-nos relevante realçar a semelhança das médias das velocidades correspondentes ao limiar anaeróbio (5.20m/s) com a média das velocidades de competição (5.17m/s). Estamos a referir-nos a uma diferença, em média, de 2.6s/km, o que aumenta consideravelmente a importância deste parâmetro. Efectivamente, o facto de ambas as velocidades serem particularmente próximas (velocidade da prova a 99.4% do limiar), poderá constituir um contributo acrescido na selecção de velocidades para o processo de treino destes corredores (Daniels, 1998).

Um outro dado relevante a ter em conta refere-se ao valor do limiar quando expresso em função da  $v\dot{V}O_2\text{max}$ . A  $V_4$  determinada nos atletas do nosso

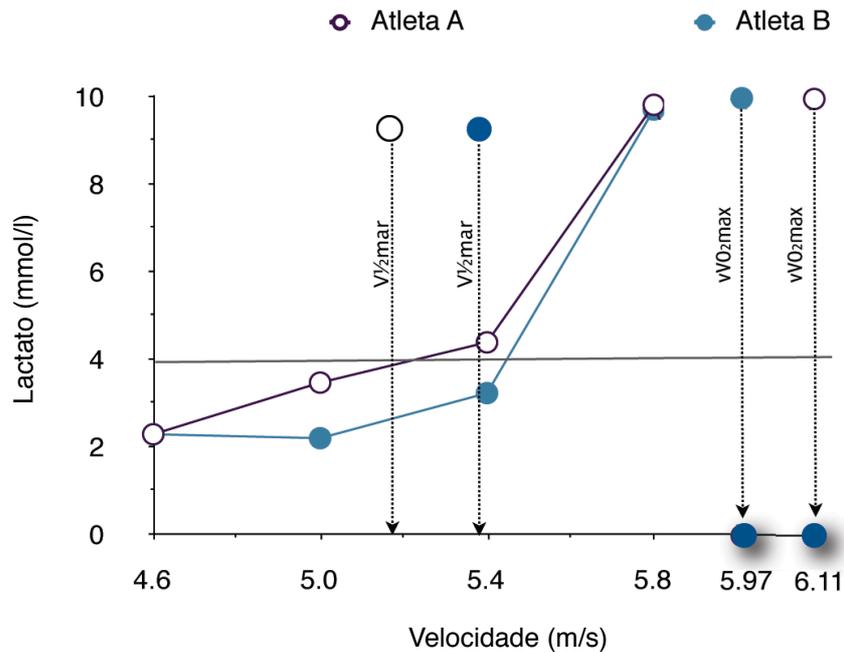
---

<sup>12</sup> - Uma análise aos ranking de 2006, mostra-nos que dos 10 melhores atletas de 5.000 metros, 7 estão igualmente referenciados entre os 20 melhores corredores de ½ maratona.

estudo situa-se a 88.7% da  $v\dot{V}O_2\text{max}$ , o que está bem perto dos resultados de outros estudos com atletas de nível similar (86.6%<sup>Lacour et al., 1991</sup>) e acima dos resultados com atletas de níveis de rendimento mais baixos ( $80.4 \pm 4.8$  <sup>Lacour et al., 1991</sup>). Podemos ainda verificar uma correlação muito significativa entre a  $V_4$ , quando expressa em função da  $v\dot{V}O_2\text{max}$  e o rendimento na prova de  $\frac{1}{2}$ maratona ( $r=0.88$ ,  $p<0.05$ ). Contudo, estes valores não justificam, para estes corredores, a utilização da  $V_4$  entendida em função da  $v\dot{V}O_2\text{max}$ , já que os níveis de correlação entre a  $V_4$  são superiores aos obtidos quando esta é relativizada à  $v\dot{V}O_2\text{max}$ . Aliás, se tivermos por base que a  $V_4$  está muito mais associada ao rendimento nas provas de longa duração do que a  $v\dot{V}O_2\text{max}$  (Jones, 1998; Bragada 2003), facilmente poderemos concluir que estabelecer correlações entre a  $V_4$  relativizada à  $v\dot{V}O_2\text{max}$  e o rendimento à  $\frac{1}{2}$ maratona, irá contaminar este indicador com uma influência anaeróbia elevada<sup>13</sup> e menos relacionável com um esforço com mais de uma hora de duração. Como exemplo prático podemos referir um dos atletas que obteve o valor mais elevado de  $v\dot{V}O_2\text{max}$  (22 km/h), com uma  $V_4$  (5.230m/s) particularmente modesta, obteve a 14<sup>a</sup> marca entre os 20 atletas da amostra. Na figura 61, podemos ver esse atleta (atleta A) comparado com um dos atletas que obteve um dos melhores resultados na  $\frac{1}{2}$ maratona (atleta B). De facto, é possível perceber, através deste gráfico, que a obtenção de uma  $v\dot{V}O_2\text{max}$  mais elevada pelo atleta A não se repercutiu numa melhor prestação competitiva. Este facto ficou a dever-se a um menor limiar anaeróbio deste atleta que não lhe permitiu correr na prova a uma velocidade igual ou superior à conseguida pelo atleta B. Neste sentido, os nossos resultados sugerem-nos que a utilização do limiar anaeróbio deverá ser o indicador privilegiado para ser associado ao rendimento em provas de longa duração.

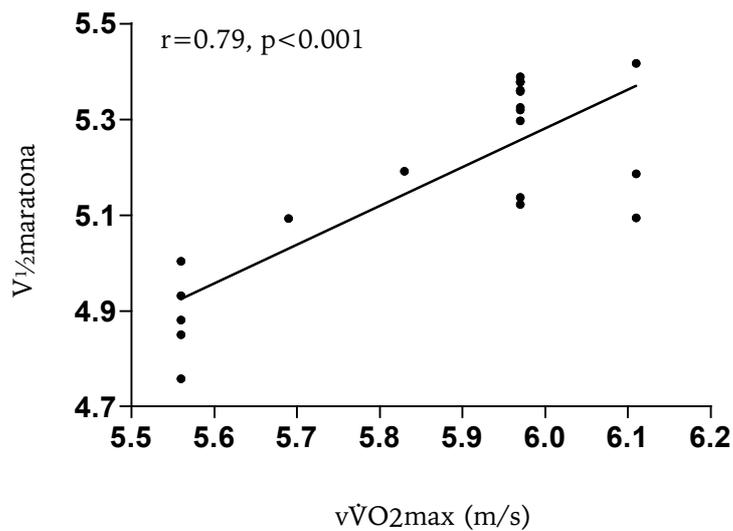
---

<sup>13</sup> - Sem que fosse o objectivo deste trabalho, fizemos aleatoriamente algumas recolhas de lactato sanguíneo imediatamente após os testes de determinação da  $v\dot{V}O_2\text{max}$ . Todos os resultados que obtivemos foram superiores a 10 mmol/l. Se tivermos ainda em conta as elevadas lactatemias encontradas na determinação da  $v\dot{V}O_2\text{max}$  em outros estudos (Billat et al., 1995a; Berthoin et al., 1996), facilmente podemos concluir da existência de um elevado contributo anaeróbio na realização deste teste.



**Figura 61** - Representação gráfica comparativa de resultados do teste de determinação do limiar anaeróbio e da  $v\dot{V}O_2\text{max}$  de dois atletas da amostra. É possível observar que o atleta mais rápido em competição possui um limiar anaeróbio mais elevado e que o facto de ter uma  $v\dot{V}O_2\text{max}$  inferior ao atleta com pior resultado não o impediu de obter um dos melhores resultados em competição. De realçar a grande proximidade da velocidade à  $\frac{1}{2}$ maratona com a velocidade do limiar anaeróbio, especialmente quando comparada com a  $v\dot{V}O_2\text{max}$ .

No que diz respeito à  $v\dot{V}O_2\text{max}$ , os valores obtidos pelos atletas da amostra evidenciaram uma média de  $5.86 \pm 0.21$  m/s ( $21.13 \pm 0.72$  km/h). Este valor está muito próximo de resultados de outros estudo realizados com corredores de  $\frac{1}{2}$ maratona (Billat et al., 1994a; Billat et al., 1994b; Billat et al., 1995a). A  $v\dot{V}O_2\text{max}$  mostrou-se ainda correlacionável com o rendimento na prova de  $\frac{1}{2}$ maratona (figura 62).



**Figura 62** - Correlação entre a velocidade à  $\frac{1}{2}$ maratona e a  $v\dot{V}O_2$ max.

Estes valores ficam muito perto dos obtidos por Billat et al. (1994a) com corredores de  $\frac{1}{2}$ maratona ( $r=0.73$ ), contudo tal como nesse estudo, os nossos resultados mostram um número relativamente elevado de corredores com idêntica  $v\dot{V}O_2$ max. Curiosamente, tal como nos estudo de Billat et al. (1994a), temos basicamente 4 velocidades distintas onde se distribuem todos os atletas. Assim, e apesar da elevada correlação encontrada, estes resultados não possuem um elevado poder discriminativo entre diferentes níveis de rendimento, sendo por isso, um indicador de pouca utilidade para comparar corredores ou prever aumentos na prestação competitiva na  $\frac{1}{2}$ maratona.

A  $v\dot{V}O_2$ max mostrou igualmente uma elevada correlação com a  $V_4$  ( $r=0.90$ ,  $p<0.01$ ), o que está de acordo com resultados obtidos noutros estudos similares (Lacour et al., 1991; Jones et al., 1998), mostrando que, frequentemente, a melhoria de um indicador é acompanhada por evoluções positivas no outro. Tendo em conta que diversos estudos evidenciam que estes dois indicadores fisiológicos são os que mais se relacionam com evoluções na prestação competitiva (Jones, 1998; Bragada 2003), os mesmos deverão ser monitorizados com regularidade ao longo do processo de treino deste tipo de corredores.

No que diz respeito ao Tlim, os resultados obtidos no nosso estudo ( $5.09 \pm 1.53$  min) mostram que os atletas da amostra apresentam valores que estão de acordo com o descrito na literatura (Ramsbottom et al., 1994; Billat et al., 1994c; Billat et al., 1995a), com particular destaque para o valor de  $5.25 \pm 1.31$  min encontrado por Billat et al. (1995b) numa amostra de corredores com um tempo final de prova muito próximo dos atletas da nossa amostra.

Podemos também verificar a existência de uma correlação entre o Tlim com o tempo à competição (competição) ( $r=0.48$ ,  $p<0.05$ ), a  $v\dot{V}O_2\text{max}$  ( $r=0.46$ ,  $p<0.05$ ) e a  $V_4$  ( $r=0.53$ ,  $p<0.05$ <sup>14</sup>). Estes resultados estão em conformidade com outros trabalhos que evidenciam a existência de correlação entre o resultado na  $\frac{1}{2}$ maratona e o Tlim (Billat et al., 1994a; Billat et al., 1994c; Billat et al., 1995b). No que diz respeito à relação entre o Tlim e a  $v\dot{V}O_2\text{max}$ , os nossos resultados apesar de se correlacionarem de uma forma moderada, ficam aquém dos resultados de Billat et al. (1994d) que obteve uma correlação de  $r=0.86$ . De facto, os atletas com superior  $v\dot{V}O_2\text{max}$  não apresentam um Tlim inferior, sugerindo que, no caso do nosso estudo, os atletas com a  $v\dot{V}O_2\text{max}$  mais elevada têm uma tendência para igualmente manterem o esforço a essa velocidade durante mais tempo. Este facto poderá dever-se ao facto destes atletas possuírem menor capacidade de recorrerem ao sistema anaeróbio para manterem durante mais tempo o seu esforço à  $v\dot{V}O_2\text{max}$ . Esta influência anaeróbia parece ocorrer em testes de determinação do Tlim (Billat, 2003) e como tal, tendo em conta que as adaptações provocadas pelo treino destes corredores serão fundamentalmente no sistema aeróbio, independentemente do tempo de esforço à  $v\dot{V}O_2\text{max}$ , os corredores com melhor perfil aeróbio poderão ter tendencialmente melhores resultados tanto na  $v\dot{V}O_2\text{max}$  como no Tlim.

A determinação da  $V_4$ , obtida através do T2v, evidenciou uma ligeira sobrevalorização ( $+0.07$  m/s) relativamente ao valor determinado pelo teste de determinação do limiar anaeróbio por patamares de intensidade progressiva ( $5.27$  vs  $5.20$  m/s). Assim, a diferença entre estes dois valores de  $V_4$  é de  $2.6$  s/

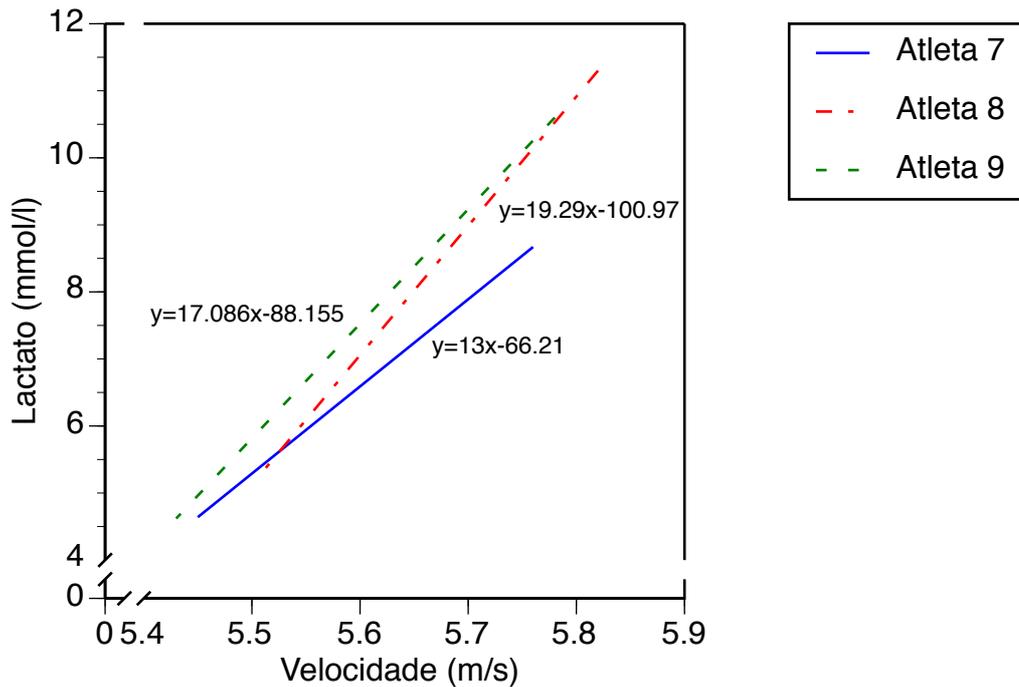
---

<sup>14</sup> - Billat et al. (1994d), obtiveram um valor muito semelhante ao nosso na correlação entre o Tlim e a  $V_4$  ( $r=0.59$ ,  $p<0.05$ ), com corredores de  $\frac{1}{2}$ maratona.

km, sendo que, o valor da correlação entre a  $V_4$ , determinada através do T2v e a competição mostrou-se altamente significativa ( $r=0.92$ ,  $p<0.01$ ), tal como sucedeu relativamente à  $V_4$ , determinada através do teste de determinação do limiar anaeróbio ( $r=0.95$ ,  $p<0.01$ ). Deste modo, é possível conseguir-se uma boa discriminação da capacidade de rendimento nas provas de  $\frac{1}{2}$ maratona, através da  $V_4$ , determinada apenas com dois patamares segundo o protocolo do T2v. Ainda assim, tendo em conta a elevada semelhança da velocidade obtida pelo teste de determinação do limiar anaeróbio e a velocidade de competição, justifica-se a sua utilização já que o T2v promoverá uma sobrevalorização induzida por uma contribuição mais acentuada do sistema anaeróbio, na repetição realizada à intensidade máxima.

Contudo, um dos aspectos mais relevantes deste teste parece-nos estar ligado à identificação de diferentes taxas de crescimento de lactato sanguíneo entre diferentes atletas, no sentido de melhor identificar distintos níveis de rendimento entre atletas. De facto, e apesar de termos visto que a  $V_4$  por si só tem uma correlação muito elevada com o rendimento na  $\frac{1}{2}$ maratona, a verdade é que nem sempre ter melhor  $V_4$  significará obter melhor prestação competitiva. Neste sentido fomos estudar os resultados do T2v entre atletas cujos valores da  $V_4$  não têm correspondência com o resultado competitivo.

Na figura 63, podemos verificar o que ocorre entre 3 atletas cujos valores da  $V_4$  não se relacionam com a prestação na  $\frac{1}{2}$ maratona. O atleta 7 tem melhor resultado competitivo apesar de uma  $V_4$  mais desfavorável quando comparada com os atletas 8 e 9. Contudo, tal como podemos ver na figura, o declive da recta obtido no T2v é inferior aos outros 2 atletas, o que poderá justificar o melhor nível de rendimento competitivo.

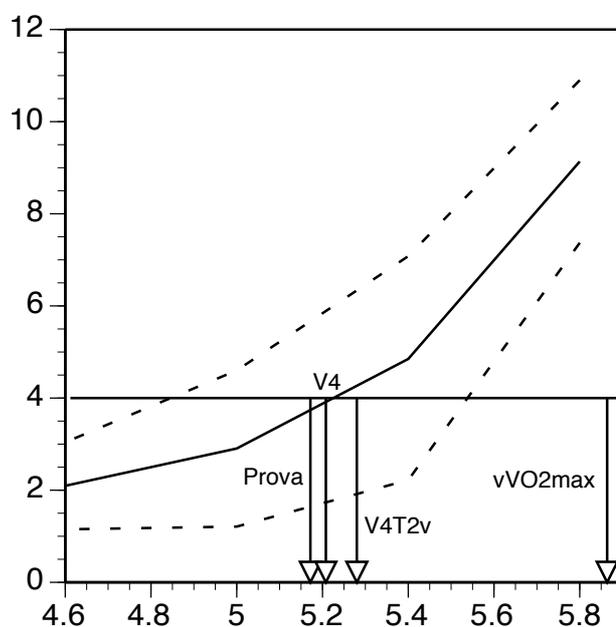


**Figura 63** - Rectas e equações da regressão obtidas através do T2v, para 3 atletas. De realçar o melhor nível competitivo do atleta 7 em relação aos outros 2, apesar do seu limiar anaeróbio ser inferior.

A taxa de crescimento do lactato em relação ao aumento da velocidade não tem sido muito estudada, mas é evidente a sua importância para uma interpretação mais profunda dos resultados de avaliação de corredores (Borch et al., 1993; Pedro, 2006). Neste sentido, torna-se possível diferenciar capacidade de rendimento, tendo em atenção não apenas o limiar anaeróbio, mas incluindo uma leitura atenta das taxas de crescimento do lactato de acordo com o aumento da velocidade de corrida (Pedro, 2006).

Se tivermos ainda em consideração que é possível que atletas atinjam elevadas concentrações lácticas em esforços de aproximadamente uma hora, atingindo concentrações por vezes superiores a 10 mmol/l (Hoogeveen et al., 1997), facilmente se depreende a importância de não descurarmos uma observação atenta às taxas de crescimento do lactato em relação à velocidade de corrida. Aliás, os resultados do T2v representados na figura 2 constituem um exemplo que nos sugere um meio de explicar diferentes níveis de rendimento nos casos em que o limiar anaeróbio poderá não ter força diferenciadora suficiente.

Sintetizando (figura 64), podemos verificar que, entre todos os testes efectuados com os corredores de ½ maratona, o limiar anaeróbio fornece-nos resultados de grande importância para discriminar níveis de rendimento entre atletas. Apesar da  $V_4$ , determinada por extrapolação das rectas de regressão do teste de duas velocidades, apresentar uma velocidade superior à obtida pelo teste de determinação do limiar anaeróbio, poderá ser igualmente utilizada para diferenciar os níveis de prestação dos atletas. Contudo, o dado mais relevante deste teste consiste na observação das taxas de crescimento do lactato em relação à velocidade que, associadas ao teste da  $V_4$ , poderão eventualmente constituir um instrumento fundamental de forma a melhor explicar diferentes níveis de prestação entre atletas.



**Figura 64** - Representação gráfica das velocidades de corrida, determinadas pelo teste de determinação do limiar anaeróbio ( $V_4$ ), resultado da competição (prova),  $V_4$  extrapolada pelo T2v e  $v\dot{V}O_2\max$ . É possível observarmos a representação da média dos valores obtidos para os 20 atletas no teste do limiar anaeróbio (—), bem como os respectivos desvios padrão (---).

É ainda evidente que a  $v\dot{V}O_2\max$  apresenta-se demasiado elevada para poder ser utilizada como referência para estes corredores (figura 64), apesar de se correlacionar moderadamente com o resultado competitivo.

Um aspecto final que consideramos fundamental refere-se ao facto de que os nossos resultados sugerem a necessidade de se encontrarem novas formas de avaliação capazes de exprimir novas realidades no processo de treino de corredores de elevado nível desportivo. Estes resultados vêm no seguimento de algumas das propostas para futuras investigações propostas por Jung (2003), quando refere a necessidade de se evoluir noutras áreas capazes de melhorar o nível de rendimento de corredores, quando o  $\dot{V}O_2\text{max}$ ,  $v\dot{V}O_2\text{max}$ , limiar anaeróbio ou outras variáveis mais utilizadas na avaliação de corredores atingem um aparente limite. Os nossos resultados sugerem que uma avaliação que exprima de uma forma mais completa os fenómenos biológicos que ocorrem durante um esforço máximo mais ou menos prolongado, será um passo importante na identificação de novas metodologias de treino capazes de fazer ultrapassar níveis de rendimento. Nesta perspectiva, pensamos ter deixado algumas importantes pistas de investigação futura.

A monitorização do treino de corredores é necessária particularmente durante fases de treino de maior sobrecarga de modo a que o treinador possa recolher informação que lhe permita tomar as melhores opções no acto prescritivo do treino e responder à necessidade do princípio da individualização, já que cada atleta irá reagir de forma distinta e adaptar-se diferentemente ao processo de treino que lhe é administrado. A relevância desta monitorização está bem fundamentada na revisão de Smith (2003), que sugere que a avaliação e formulação da planificação do treino tem de ser cuidadosamente desenhada quando se pretende obter elevados níveis de rendimento. Este é um trabalho que falta aprofundar na realidade do Atletismo nacional, e este trabalho parece-nos deixar uma enorme quantidade de propostas de trabalho com vista a contribuir para essa monitorização do treino de corredores de meio fundo e fundo.



## 7. CONCLUSÕES



## 7. Conclusões

As principais conclusões e reflexões decorrentes da análise e discussão dos resultados sugerem que:

(i) o limiar anaeróbio traduzido pela  $V_4$ , é um bom indicador na diferenciação da capacidade de rendimento em todas as distâncias competitivas avaliadas, especialmente nos 5000m e ½maratona. No entanto, em algumas provas a  $V_5$  mostrou-se mais discriminativa dos níveis de rendimento. Contudo, em especial nas distâncias de 800m e 1500m, existem outros factores que devem ser considerados para explicar níveis distintos de prestação competitiva;

(ii) para além do elevado poder explicativo que parece ter relativamente à prestação competitiva na prova de ½maratona, o limiar anaeróbio, expresso pela  $V_4$ , apresenta uma velocidade de corrida praticamente idêntica à utilizada pelos atletas durante a competição. Este resultado sugere que esta velocidade poderá ser muito útil para a prescrição do treino destes corredores;

(iii) a  $v\dot{V}O_2\text{max}$  contribui para diferenciar níveis de rendimento mas, entre atletas com valor competitivo semelhante, mostra-se insuficiente para explicar diferentes níveis de prestação. Por outro lado, a  $v\dot{V}O_2\text{max}$  não é o parâmetro que melhor explica diferenças de rendimento nos 800m e 1500m;

(iii) a avaliação anaeróbia, efectuada através do T2v, mostra-se particularmente útil na discriminação de rendimento em 800m. Contudo, o T2v parece igualmente útil, no estudo de distâncias superiores. Este teste ao determinar de uma forma mais simplificada a  $V_4$ , permite uma mais fácil

operacionalização no terreno da avaliação de corredores de 5000m e ½maratona. Os resultados do T2v permitem ainda discriminar corredores cujos níveis aeróbios são idênticos.

(iv) os resultados obtidos a partir do T2v permitem obter dados susceptíveis de explicar diferentes níveis de rendimento competitivo. Deste modo, e em particular nos corredores de 800m e 1500m, o T2v poderá constituir um meio eficaz para avaliar a contribuição anaeróbia específica para cada distância competitiva. Contudo, será ainda necessária investigação adicional para se chegar a resultados mais conclusivos, nomeadamente na análise da relação dos declives e áreas obtidos a partir deste teste, com a *performance*;

(v) os declives e áreas, obtidos a partir do T2v, tendem a perder relação com o resultado competitivo, à medida que aumenta a distância de prova, apesar de sugerirem uma boa capacidade explicativa de diferentes níveis de rendimento para atletas com níveis aeróbios semelhantes, nas distâncias competitivas mais elevadas.

(vi) o Tlim, ao contrário do esperado, não fornece contributos de relevo que permitam explicar diferentes níveis de prestação para cada um dos grupos de corredores avaliados.

(vii) não existe uma diferenciação clara nos níveis aeróbios e anaeróbios obtidos entre corredores de 800 e 1500m, bem como, entre atletas de 5000m/ ½maratona. Estes resultados sugerem problemas metodológicos ao nível do treino dos corredores portugueses que justificam um estudo mais profundo.

## 8. BIBLIOGRAFIA



## 8. Bibliografia

1. Abe D, Sakaguchi Y, Tsushimochi H, Endo M, Miyake K, Miyahiro S, Kanamaru K e Niihata S (1999). Assessment of long-distance running performance in elite male runners using onset of blood lactate accumulation. *Appl Human Sci*, 18 (2): 25-29.
2. Abrantes J (2006). Análise ao treino de Rui Silva. *Revista Atletismo*, 300: 43-47.
3. Acevedo E, Goldfarb A (1989). Increased training intensity effects on plasma lactate, ventilatory threshold and endurance. *Med Sci Sports Exerc*, 21 (5): 563-568.
4. Ahmaidi S, Collomp K, Caillaud C e Préfaut C (1992). Maximal and functional aerobic capacity as assessed by two graduated field methods in comparison to laboratory exercise testing in moderately trained subjects. *Int J Sports Med*, 13 (3): 243-248.
5. Ali Almarwaey O, Jones A e Tolfrey K (2003). Physiological correlates with endurance running performance in trained adolescents. *Med Sci Sports Exerc*, 35 (3): 480-483.
6. Ali Almarwaey O, Jones A e Tolfrey K (2004). Maximal lactate steady state in trained adolescent runners. *J Sports Sci*, 22: 215-225.
7. Allen W, Seals D, Hurley B, Ehsani A e Hagberg J (1985). Lactate threshold and distance running performance in young and older endurance athletes. *J Appl Physiol* 58 (4): 1281-1284.
8. Åstrand P-O, Hultman E, Juhlin-Dannfelt e Reynolds G (1986). Disposal of lactate during and after *J Appl Physiol*, 61 (1): 338-343.
9. Aunola S e Rusko H (1992). Does anaerobic threshold correlate with maximal lactate steady state? *J Sports Sci*, 10: 309-323.
10. Bangsbo J (1996). Oxygen deficit: a measure of the anaerobic energy production during intense exercise? *Can J Appl Physiol*, 21 (5): 350-363.
11. Basset D e Howley E (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Med Sci Sports Exerc*, 32: 70-84.
12. Beneke R (1995). Anaerobic threshold, individual anaerobic, and maximal lactate steady state in rowing. *Med Sci Sports Exerc*, 27: 863-867.
13. Beneke R e Duvillard S (1996). Determination of maximal lactate steady state response in selected sports event. *Med Sci Sports Exerc*, 28: 241-246.
14. Beneke R (2003). Methodological aspects of maximal lactate steady state - implications for performance testing. *Eur J Appl Physiol*, 89: 95-99.
15. Beneke R, Hutler M, Von Duvillard S, Sellens M e Leithäuser R (2003). Effect of test interruptions on blood lactate during constant workload testing. *Med Sci Sports Exerc*. 35 (9): 1626-1630.
16. Berg K (2003). Endurance training and performance in runners. *Sports Med*, 33 (1): 59-73.
17. Berg A., Stippig J., Keul J., e Huber G. (1980). Bewegungstherapie und ambulante coronargruppen. Zur beurteilung der leistungsfähigkeit und belastbarkeit von patienten

- mit coronarer herzkrankeheit. Dtsch. Z. Sportmed, 31 (7): 199-204.
18. Bergman B, Wolfel E, Butterfield G, Lopaschuk G, Casazza G, Horning M e Brooks G (1999). Active muscle and whole body lactate kinetics after endurance training in men. *J Appl Physiol*, 87 (5): 1684-1696.
  19. Berthoin S, Gerbeaux M, Turpin E (1994). Comparison of two field tests to estimate maximum aerobic speed. *J Sports Sci* (12): 355-362.
  20. Berthoin S, Baquet G, Mantéca F, LenseL-Corbeil G and Gerbeaux M (1996a). Maximal aerobic speed and running time to exhaustion for children 6 to 17 years old. *Pediatric Exercise Science*, 8: 234-244.
  21. Berthoin S, Pelayo P, LenseL Corbeil G, Robin H e Gerbeaux M (1996b). Comparison of maximal aerobic speed as assessed with laboratory and field measurements in moderately trained subjects. *Int J Sports Med*, 17 (7): 525-529.
  22. Berthon P, Fellmann N, Bedu M, Beaune B, Dabbonneville, Coudert J e Chamoux A (1997). A 5-min running field test as a measurement of maximal aerobic velocity. *Eur J Appl Physiol*, 75: 233-238.
  23. Billat V, Bernard O, Pinoteau J, Petit B e Koralsztein J (1993). Time to exhaustion at VO<sub>2</sub>max and lactate steady state velocity in sub elite long-distance runners. *Archives Internationales de Physiologie, de Biochimie et de Biophysique*, 102: 215-219.
  24. Billat V, Bernard O, Pinoteau J, Petit B e Koralsztein (1994a). Time do exhaustion at VO<sub>2</sub>max and lactate steady state velocity in sub elite long-distance runners. *Archives Internacionales de Physiologie, de Biochimie et de Biophysique*. 102: 215-219.
  25. Billat V, Dalmay F, Antonini M e Chassain A (1994b). A method for determining the maximal steady state of blood lactate concentration from two levels of submaximal exercise. *Eur J Appl Physiol*, 69: 196-202.
  26. Billat V, Renoux J, Pinoteau J, Petit B e Koralsztein (1994c). Times to exhaustion at 100% of velocity at VO<sub>2</sub>max and modelling of the time-limit/velocity relationship in elite long-distance runners. *Eur J Appl Physiol*, 69:271-273.
  27. Billat V, Renoux J, Pinoteau J, Petit B e Koralsztein (1994d). Reproducibility of running time to exhaustion at vVO<sub>2</sub>max in subelite runners. *Med Sci Sports Exerc*, 26, 2: 254-257.
  28. Billat V, Renoux J, Pinoteau J, Petit B e Koralsztein (1994e). Validation d'une épreuve maximale de temps limite à VMA (vitesse maximale aérobie) et à VO<sub>2</sub>max. *Science & Sports*, 9: 135-143.
  29. Billat V, Renoux J-C, Pinoteau J, Petit B e Koralsztein J-P (1995a). Hypoxémie et temps limite à la vitesse aérobie maximale chez des coureurs de fond. *Can J Appl Physiol*, 20 (1): 102-111.
  30. Billat V, Renoux J, Pinoteau J, Petit B e Koralsztein J (1995b). Times to exhaustion at 90, 100 e 105% of velocity at VO<sub>2</sub>max (Maximal Aerobic Speed) and critical speed in elite longdistance runners. *Archives of physiology and Biochemistry*, vol 103, 2: 129-135.
  31. Billat V (1996). Use of blood lactate measurements for prediction of exercise performance and for control of training: recommendations for long distance running. *Sports Med*, 22: 157-175.

32. Billat V, Beillot J, Jan J, Rochcongar P e Carre F (1996). Gender effect on the relationship of time limit at 100% VO<sub>2</sub>max with other bioenergetic characteristics. *Med Sci Sports Exerc*, 28 (8): 1049-1055.
33. Billat V e Koralsztein J (1996). Significance of the velocity at VO<sub>2</sub>max and time to exhaustion at this velocity. *Sports Med*, 22: 90-108.
34. Billat V, Mille-Hamard L, Petit B e Koralsztein J (1999). The role of cadence on the VO<sub>2</sub>max slow component in cycling and running in triathletes. *Int J Sports Med*, 20: 429-437.
35. Billat V (2003). *Physiology et méthodologie de l'entraînement. De la théorie à la pratique*. De Boeck. Bruxelles.
36. Billat V, Sirvent P, Py G, Koralsztein e Mercier J (2003a). The concept of maximal lactate steady state. A bridge between biochemistry and sport science. *Sports Med*, 33 (6): 407-426.
37. Billat V, Lepretre P, Heugas A, Laurence M, Salim D e Koralsztein J (2003b). Training and bioenergetics in elite male and female Kenyan runners. *Med Sci Sports Exerc*, 35: 297-304.
38. Billat V, Lepretre P, Heugas A, Koralsztein J (2004). Energetics of middle-distance running performances in male and female junior using track measurements. *Jap J Physiol*, 54: 125-135.
39. Blondel N, Berthoin S e Lensel G (2001). Relationship between run times to exhaustion at 90, 100, 120, 140% of VO<sub>2</sub>max and velocity expressed relatively to critical velocity and maximal velocity. *Int J Sports Med*, 22: 27-33.
40. Borch K, Ingjer F, Larsen S, Tomten S (1993). Rate of accumulation of blood during graded exercise as a predictor of 'anaerobic threshold'. *J Sports Sci*, 11 (1) - 49-55.
41. Bosquet L, Léger L e Legros P (2002). Methods to determine aerobic endurance. *Sports Med*, 32 (11): 675-700.
42. Bouchard C, Taylor A e Simoneau J (1991). Testing anaerobic power and capacity. In: MacDougall J, Wenger H e Green H (Eds), *Physiological testing of the high performance athlete*. Champaign: Human Kinetics.
43. Boutcher S, Seip R, Hetzler R, Pierce E, Snead D e Weltman A (1989). The effects os specificity of training on rating of perceived exertion at the lactate threshold. *Eur J Appl Physiol*, 59: 365-369.
44. Boyle T (1997). Approaching 800 meters through 400 meters. In Jarver J (Eds), *Middle Distances: Contemporary theory, technique and training* (117-123). Mountain View: Tafnews.
45. Bragada J (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 da Universidade do Porto.
46. Brook N (1998). *Endurance running events*. Birmingham: British Athletic Federation.
47. Brooks G, Dubouchaud H, Brown M, Sicurello J e Butz C (1999). Role of mitochondrial lactate dehydrogenase and lactate oxidation in the intracellular lactate shuttle. *Proc Nat Acad Sci*, 96: 1129-1134.

48. Brooks G (2000). Intra- and extra-cellular lactate shuttles. *Med Sci Sports Exerc*, 32: 790-799.
49. Brooks G, Fahey T, White T and Baldwin K (2000). *Exercise Physiology: Human bioenergetics and its applications* (3<sup>rd</sup> edition). California: Mayfield Publishing Company.
50. Buffington, S.; Sucec, A.; Burks, J.; Trone, D. (2000). Terminal blood lactate concentrations for distance runner for races from 400 m to 10 km. *Med Sci Sports Exerc*, 32(5), S882.
51. Bunc V., Heller J., Nowak J. e Leso J. (1982). Determination of the individual anaerobic threshold. *Proceedings of XXII<sup>nd</sup> World Congress on Sports Med.* Viena.
52. Canova R (2004). Development of strength endurance: the key to improve in middle and long distance events. *EACA Coaching Congress*. Abano Terme. Italy.
53. Carter H, Jones A e Doust J (1999). Effect of incremental test protocol on the lactate minimum speed. *Med Sci Sports Exerc*, 31: 837-845.
54. Carter H, Jones A e Doust J (1999). Effect of six weeks of endurance training on the lactate minimum speed. *J Sports Sci*, 17: 957-67.
55. Coen B, Urhausen A e Kindermann W (2000). Individual anaerobic threshold: methodological aspects of its assessment in running. *Int J Sports Med*, 22: 8-16.
56. Coetzer P, Noakes T, Sanders B, Lambert M, Bosch A, Wiggins T e Dennis S (1993). Superior fatigue resistance of elite black South African distance runners. *J Appl Physiol*, 75 (4): 1822-1827.
57. Colaço P (1999). Avaliação da capacidade aeróbia e anaeróbia em corredores juniores de meio fundo. Dissertação apresentada às provas de mestrado. Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física da Universidade do Porto.
58. Colaço P. (2000). Relação entre o limiar aeróbio-anaeróbio e a performance em competições de corta-mato. *Treino Total*, 0: 4-8.
59. Colaço P, Santos P, Rodrigues dos Santos J (2002). A utilização do teste de duas velocidades para avaliação da prestação anaeróbia em corredores de 400m e 800m. III Simpósio internacional em treinamento desportivo – Actas (230). Universidade Federal da Paraíba.
60. Colaço, P; Bragada, J; Pedro F (2004). Determinação da velocidade máxima aeróbia em atletas de elite e em indivíduos moderadamente treinados através de um teste laboratorial e um de terreno. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, 4 (2): 239.
61. Conley D e Krahenbuhl G (1980). Running economy and distance running performance of highly trained athletes. *Med Sci Sports Exerc*, 12: 357-360.
62. Conconi F, Ferrari M., Ziglio P, Doroggetti P. e Codeca L. (1982). Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners. *J Appl Physiol*, 52 (4): 869-873.
63. Connet R., Gayeski T. e Honig C. (1984). Lactate accumulation in fully aerobic, working, dog gracilis muscle. *Am J Physiol*, 246: H120-H128.
64. Costill D e Fox E (1969). Energetics of marathon running. *Med Sci Sports*, 1:81-86.
65. Costill D, Thomason H e Roberts E (1973). Fractional utilization of the aerobic capacity

- during distance running. *Med Sci Sports Exerc*, 5: 248-252.
66. Coyle E, Coggan A, Hopper M e Walters T (1988). Determinants of endurance in well-trained cyclists. *J Appl Physiol*, 64: 2622-2630.
  67. Coyle E (1995). Integration of the physiological factors determining endurance performance ability. *Exerc Sport Sci Rev*, 23: 26-64.
  68. Craig I e Morgan D (1998). Relationship between 800-m running performance and accumulated oxygen deficit in middle-distance runners. *Med Sci Sports Exerc*, 30 (11): 1631-1636.
  69. Dabonneville M, Berthon P, Vaslin P e Fellmann N (2003). The 5 min running field test: test and retest reliability on trained men and women. *Eur J Appl Physiol*, 88: 353-360.
  70. Daniels J (1998). *Daniels' Running Formula*. Human Kinetics. Champaign.
  71. Davis J., Vodak P., Wilmore J., Vodak J. e Kurtz P. (1976). Anaerobic threshold and maximal aerobic power for three modes of exercise. *J. Appl. Physiol.*, 41 (4): 544-550.
  72. Davis J. Frank M, Whipp B, Wasserman K (1979). Anaerobic threshold alterations caused by endurance training in middle-aged man. *J Appl Physiol*, 46 (6): 1039-1046.
  73. Demarie S, Koralsztein J e Billat V (2000). Time limit and time at  $\dot{V}O_2$ max, during a continuous and an intermittent run. *J Sports Med Phy Fitness*, 40: 96-102.
  74. Demarle A, Heugas A, Slawinski J, Tricot V, Koralsztein J e Billat V (2003). Whichever the initial training status, any increase in velocity at lactate threshold appears as a major factor in improved time to exhaustion at the same severe velocity after training. *Archives of Physiology and Biochemistry*, 111 (2): 167-176.
  75. Denis C, Dormois D e Lacour JR (1984). Endurance training,  $VO_2$ max, and OBLA: a longitudinal study of two different age groups. *Int J Sports Med*, 5: 167-173.
  76. Dennis S e Noakes T (1998). Physiological and metabolic responses to increasing work rates: relevance for exercise prescription. *J Sports Sci*, 16: S77-S84.
  77. Dennis C., Linossier M., Dormois D., Padilla S., Getssant A., Lacour J. e Inbar O. (1992). Power and metabolic responses during supramaximal exercise in 100m and 800m runners. *Scand J Med Sci Sports*, 2: 52-69.
  78. Di Prampero P, Atchou G Brückner J e Moia C (1986). The energetics of endurance running. *Eur J Appl Physiol*, 55: 259-266.
  79. Di Prampero P, Capelli C, Pagliaro P, Antonutto G, Girardis M, Zamparo P e Soule R (1993). Energetics of best performances in middle-distance running. *J Appl Physiol*, 74 (5): 2318-2824.
  80. Donovan C e Brooks G (1983). Endurance training affects lactate clearance, not lactate production. *Am J Physiol*, 244: E83-E92.
  81. Donovan C e Pagliassotti M (1989). Endurance training enhances lactate clearance during hyperlactatemia. *AM J Physiol Endocrinol Metab*, 257: E782-789.
  82. Donovan C e Pagliassotti M (2000). Quantitative assessment of pathways for lactate disposal in skeletal muscle fiber types. *Med Sci Sports Exerc*, 32: 772-777.
  83. Duffield R, Dawson B e Goodman C (2005a). Energy contribution to 400-metre and 800-

- metre track running. *J Sports Sci*, 23 (3), 299-307.
84. Duffield R, Dawson B e Goodman C (2005b). Energy contribution to 1500- and 3000 metre track running. *J Sports Sci*, 23 (10), 993-1002.
  85. England P, Powers S, Dodd S, Callender T e Brooks E (1984). The effect of acute thermal dehydration on blood lactate accumulation during incremental exercise. *J Sports Sci*, 2: 105-111.
  86. Esteve-Lanao J, Juan A, Earnest C, Foster C e Lucia A (2005). How do endurance runners actually train? Relationship with competition performance. *Med Sci Sports Exerc*, 37, 3: 496-504.
  87. Faccioni A (1991). Training and the 800m event. *Modern Athlete and Coach*, 29 (2): 3-5.
  88. Farrel P, Wilmore J, Coyle E, Billing J e Costill D (1979). Plasma lactate accumulation and distance running performance. *Med Sci Sports*, 11 (4): 338-344.
  89. Favier R, Constable S, Chen M e Holloszy J (1986). Endurance exercise training reduces lactate production. *J Appl Physiol*, 61 (3): 885-889.
  90. Föhrenbach R., Mader A. e Hollmann W. (1987). Determination of endurance capacity and prediction of exercise intensities for training and competition in marathon runners. *Int. J. Sports Med.*, 8: 11-18.
  91. Föhrenbach R (1991). Leistungsdiagnostik, trainingsanalyse und steuerung bei lauferinnen und läufern verschiedener laufdisziplinen. Hartung-Gorre Verlag. Konstanz.
  92. Foss M e Keteyian S (1998). Fox's physiological basis for exercise and sport. Dubuque: MacGraw-Hill.
  93. Foster C, Fitzgerald D e Spatz P (1999). Stability of the blood lactate-heart rate relationship in competitive athletes. *Med Sci Sports Exerc*, 31 (4): 578-582.
  94. Foxdal P, Sjodin A e Sjodin B (1996). Comparasion of blood lactate concentrations obtained during incremental and constant intensity exercise. *Int J Sports Med*, 17: 360-365.
  95. Gaesser G e Poole D (1996). The slow component of oxygen uptake kinetics in humans. In: Holloszy J (Ed.), *Exerc Sport Sci Rev*: 35-70.
  96. Gastin P (2001a). Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. *Sports Med*, 31 (10): 725-741.
  97. Gastin P (2001b). Re-evaluating high intensity energy contributions. *VCE Bulletin – Supplement 2*, 162: 1-4.
  98. Gettman L, Ward P e Hagan R (1982). A comparison of combined running training and weight training with circuit weight training. *Med Sci Sports Exerc*, 14 (3): 229-234.
  99. Graham T. (1996). Oxygen deficit: Introduction to the assumptions and the skepticism. *Can J Appl Physiol*. 21 (5): 347-349.
  100. Grant S, Craig I, Wilson J e Aitchison T (1997). The relationship between 3 km running performance and selected physiological variables. *J Sport Sci*, 15 (4): 403-410.
  101. Green H., Daub B., Painter D., Houston M. e Thomson J. (1979). Anaerobic threshold and muscle fiber type, area and oxidative enzyme activity during graded cycling. *Med.*

- Sci. Sports, 11: 113-114.
- 102.Green H, Sutton J, Coates G, Ali M e Jones S (1991). Response of red cell and plasma volume to prolonged training in humans. *J Appl Physiol*, 70: 1810-1815.
- 103.Gullstrand L, Sjodin B e Svedenhag J (1994). Blood sampling during continuous running and 30-second intervals on a treadmill. *Scand J Med Sci Sports*, 4: 239-242.
- 104.Hagberg J, Coyle E (1983). Physiological determinants of endurance performance as studied in competitive racewalkers. *Med Sci Sports Exerc.*, 15: 287-289.
- 105.Hambrecht J, Fiehn E, Marburger C, Muth T, Offner B, Kubler W e Shuler G (1985). Effect of an acute B-Adrenergic blockade on the relationship between ventilatory and plasma lactate threshold. *Int J Sports Med*, 16 (4): 219-224.
- 106.Hardman A e Williams C (1983). Exercise metabolism in runners. *Br J Sports Med*, 17 (2):96-101.
- 107.Heazlewood I (1984). Pay attention to anaerobic training. *Athletics Coach*, 22 (3): 29-31.
- 108.Heck H., Mader A., Hess G., Mucke S., Muller R. e Hollmann W. (1985) Justification of the 4-mmol/l Lactate Threshold. *Int J Sports Med*, 6: 117-130.
- 109.Heck H (1990). Laktat in der Leistungsdiagnostik. Hofmann Schorndorf.
- 110.Hickson R, Rosenkoetter M, Brown M (1980). Strength training effects on aerobic power and short-term endurance. *Med Sci Sports Exerc*; 12 (5): 336-339.
- 111.Hill D (1999). Energy system contributions in middle-distance running events. *J Sports Sci*, 17: 477-483.
- 112.Hogan M (2001). Fall in intracellular PO<sub>2</sub> at the onset of contractions in *Xenopus* single skeletal muscle fibers. *J Appl Physiol*, 90: 1871-1876.
- 113.Hoogeveen A, Hoogsteen J e Schep G (1997). The maximal lactate steady state in elite endurance athletes. *Jpn J Physiol*, 47: 481-485.
- 114.Housh T, Johnson G, McDowell S, Housh D e Pepper, M (1992). The relationship between anaerobic running capacity and peak plasma lactate. *J Sports Med Phys. Fitness*, 32 (2): 117-122.
- 115.Hughson R e Green H (1982). Blood acid-base and lactate relationships studied by ramp work tests. *Med Sci Sports Exerc*, 14: 297-302.
- 116.Hurley B, Hagberg J, Allen W, Seals D, Young J, Cuddihee R e Holloszy J (1984). Effect of training on blood lactate levels. *Respirat Environ Exercise Physiol*, 56 (5): 1260-1264.
- 117.Ivy J, Withers R, Van Handel P, Helger D e Costill D (1980). Muscle respiratory capacity and fiber type as determinants of the lactate threshold. *J Appl Physiol*, 48 (3): 523-527.
- 118.Jacobs I (1986). Blood lactate. Implications for training and sports performance. *Sports Med*, 3: 10-25.
- 119.Jacobs I e Kaiser P (1982). Lactate in blood, mixed skeletal muscle and FT or ST fibres during cycle exercise in man. *Acta Physiol Scand*, 114: 461-466.
- 120.James N., Adams G. e Wilson A. (1985). Determination of anaerobic threshold by

- respiratory frequency. *Int. J Sports Med*, 6 (4): 238.
121. Jones A e Doust J (1996). The Conconi test is not valid for estimation of the lactate turnpoint in runners. *J Sports Sci*, 15: 385-394.
122. Jones A e Doust J (1998). The validity of the lactate minimum test for determination of the maximal lactate steady state. *Med. Sci Sports Exerc*, 31: 1299-1306.
123. Jones A (1998). A five year physiological case study of an Olympic runner. *Br J Sports Med*, 32: 39-43.
124. Jones A, Carter H, Doust J (1999a). Effect of six weeks of endurance training on parameters of aerobic fitness. *Med Sci Sports Exerc*, 31: S1379.
125. Jones A, Carter H e Doust J (1999b). A disproportionate increase in  $VO_{2max}$  coincident with lactate threshold during treadmill exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 31: 1299-1306.
126. Jones A e Carter H (2000). The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. *Sports Med*, 29:373-386.
127. Jones A (2006). The physiology of the world record holder for the women's marathon. *Int Journal Sports Sci*, 1(2).
128. Jung A (2003). The impact of resistance training on distance running performance. *Sports Med*, 33 (7): 539-552.
129. Kaikonen H, Yrjama M, Siljander E (2000). The effect of heart rate controlled low resistance circuit weight training and endurance on maximal aerobic power in sedentary adults. *Scand J Med Sci Sports*, 10: 211-215.
130. Karlsson J, Sjödin B, Jacobs I e Kaiser P (1981). Relevance of muscle fibre type to fatigue in short intense and prolonged exercise in man. *Human muscle fatigue: physiological mechanisms*. Pitman Medical, London.
131. Keul J., Simon G., Berg A., Dickhuth H., Goertler I. e Kübel R. (1979). Bestimmung der individuellen anaeroben Schwelle zur Leistungsbewertung und Trainingsgestaltung. *Dtsch. Z. Sportmed.*, 30 (7): 212-218.
132. Kindermann K, Simon G, Keul J (1978). Dauertraining-Ermittlung der optimalen Trainingsherfrequenz und Leistungsfähigkeit. *Leistungssport*, 8 (1): 34-39.
133. Krüger J (1991). Standardisierte Feldtests - am Beispiel Kanu-Rennsport.
134. Krüger J (1995). Schwimmen und Geländelauf im Modernen Fünfkampf. Cavalina. Hamburg.
135. Kuipers H, Verstappen F, Keize H, Geurten P e Van Kranenburg G (1985). Variability of aerobic performance in the laboratory and its physiologic correlates. *Int J Sports Med*, 6: 197-201.
136. Kumagai S, Tanaka K, Matura Y, Matsuzaka A, Hirakoba K e Asano K (1982). Relationships of the anaerobic threshold with the 5 km, 10 km e 10 miles races. *Eur J Appl Physiol*, 49: 13-23.
137. Kumagai S, Nishizumi M e Tanaka K (1987). Lactate threshold and distance running performance. *J Human Ergology*, 16 (1).
138. Lacour J, Montmayeur A, Dormois D, Gacon G, Padilla S e Vial C (1989). Validation de

- l'épreuve de mesure de la vitesse maximale aérobie (VMA) dans un groupe de coureurs de haut niveau. *Sci Motricité*, 7: 3-8.
139. Lacour J, Bouvat E e Barthélèmy J (1990a). Post-competition blood lactate concentrations as indicators of anaerobic energy expenditure during 400-m e 800-m races. *Eur J Appl Physiol*, 61: 172-176.
140. Lacour J, Padilla-Magunacelaya S, Barthélèmy J, e Dormois D (1990b). The energetics of middle-distance running. *Eur J Appl Physiol*, 60: 38-43.
141. Lacour J, Padilla-Magunacelaya S, Chatard J, Arsac L and Barthelemy J (1991). Assessment of running velocity at maximal oxygen uptake. *Eur J Appl Physiol*, 62, 2: 77-82.
142. Lajoie C, Laurencelle L e Trudeau F (2000). Physiological responses to cycling for 60 minutes at maximal lactate steady state. *Can J Appl Physiol*, 25: 250-261.
143. Léger L e Lambert J (1982). A maximal multistage 20m shuttle run test to predict  $\dot{V}O_2$ max. *Eur J Appl Physiol*, 49: 1-12.
144. Léger L, Mercier D, Gadoury C e Lambert J (1988). The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *S Sports Sci*, 6: 93-101.
145. Londeree B (1997). Effect of training on lactate/ventilatory thresholds: a meta analysis. *Med Sci Sports Exerc*, 29: 837-843.
146. Macintosh B, Esau S e Svendahl K (2002). The lactate minimum test for cycling: Estimation of the maximal lactate steady state. *Can J Appl Physiol*, 27: 232-249.
147. MacCarthy J, Agre J, Graf B, et al., (1995). Compatibility of adaptive response with combining strenght training on endurance performance and muscle characteristics. *Med Sci Sports Exerc*, 27 (3): 429.436.
148. MacRae H, Dennins S, Bosh A e Noakes T (1992). Effects of training on lactate production and removal during progressive exercise in humans. *J Appl Physiol*, 72: 1649-1656.
149. Mader A, Liesen H, Heck H, Philippi H, Rost R, Schürch P and Hollmann W (1976). Zur Beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit im Labor. *Sportarzt. Sportmed.*, 24 (4), 80 (5), 26 (5).
150. Mader A, Madsen O e Hollmann W (1980). Zur beurteilung der laktaziden energiebereitstellung fur trainings-und wettkampfleistungen im schwimmen. *Leistungssport*, 10: 263-279.
151. Mader A. (1991). Evaluation of the endurance performance of marathon runners and theoretical analysis of the test results. *J. Sports Med. and Phys. Fitness*, Vol. 31 (1): 1-19.
152. Maffulli N, Capasso G e Lancia A (1991). Anaerobic threshold and performance in middle and long distance running. *J Sports Med Phys Fitness*, 31: 332-338.
153. Majaro J, Vollmer J, Darras J, Mahmoud J, Pelletier B e Viale C (1994). Le demi-fond & le fond: generalites. In: Marajo J (Eds), *Entraîneur Federal. (II)*. Cran-Gevrier: Association dès Entraîneurs Français d'Athlétisme.
154. Malina R, Bouchard C and Bar-Or O (2004). *Growth, Maturation and Physical Activity* (2nd edition). Champaign; Human Kinetics.

155. Marcell T, Hawkins S, Terpenning K, Hyslop D E, Wisdell R (2003). Longitudinal analysis of lactate threshold in male and female master athletes. *Med Sci Sports Exerc*, 35 (5): 810-817.
156. Martin D e Coe P (1997). *Better training for distance runners*. Champaign. Human Kinetics.
157. Maud P e Foster C. (1995). *Physiological assessment of human fitness*. Human Kinetics Books. Champaign. Illinois.
158. McGuiggin M e Schneider D (1993). Plasma cyclic AMP and blood lactate responses to cycling in untrained male subjects. *Int J Sports Med*, 14 (7): 362-367.
159. Medbø J e Sejersted O (1985). Acid-Base and electrolyte balance after exhausting exercise in endurance-trained and sprint-trained subjects. *Acta Physiol Scand*, 125: 97-109.
160. Medbø J, Mohn A, Tabata I, Bahr R, Vaage O e Sejersted O (1988). Anaerobic capacity determined by maximal accumulated O deficit. *J Appl Physiol*, 64: 50-60.
161. Medbø J. e Burgers S. (1990). Effect of training on the anaerobic capacity. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 22: 501-507.
162. Medbø J. (1996). Is the maximal accumulated oxygen deficit an adequate measure of the anaerobic capacity? *Can. J. Appl. Physiol.*, 21 (5): 370-383.
163. Monte A (1988). "Pruebas de esfuerzo y ergómetros". In Shephard R. e Åstrand P. (Eds) *Libro Olímpico de la Medicina Deportiva*. (tr. it. de Ramon Balius i Juli. Barcelona: Ediciones Doyma, S.A.). 123-155.
164. Morgan D, Baldini F e Manrin P (1989). Ten kilometer performance and predicted velocity at  $\dot{V}O_2$ max among well-trained male runners. *Med Sci Sports Exerc*, 21: 78-83.
165. Muñoz A, Santisbeban R, Rubio M, Riber C, Agüera E, Castéjon F (1999). Relationship between slope of the plasma lactate accumulation curve and working capacity in Andalusian horses. *Acta Vet Brno*, 68: 41-50.
166. Murase Y, Kobayashi K, Kamei S e Matsui H (1981). Longitudinal study of aerobic power in superior junior athletes. *Med Sci Sports Exerc*, 13: 180-184.
167. Myburgh K, Viljoen A e Tereblanche S (2001). Plasma lactate concentration for self-selected maximal effort lasting 1h. *Med Sci Sports Exerc*, 33: 152-156.
168. Newsholme E, Blomstrand E, McAndrew e Parry-Billings M (1992). Biochemical causes of fatigue and overtraining. In: Shephard R e Åstrand P (Eds), *Endurance in sport*: 351-364. London: Blackwell.
169. Nicholson R e Sleivert G (2001). Indices of lactate threshold and their relationship with 10-km running velocity. *Med Sci Sports Exerc*, 33 (2): 339-342.
170. Nigg B, De Boer R e Fisher V (1995). Changes in running pattern during a treadmill running. *Med Sci Sports Exerc*, 27: 98-105.
171. Noakes T (2000). Physiological capacity of the elite runner. In: Bangsbo J e Larsen H (Eds), *Running & science*: 19-47. Copenhagen: Institute of exercise and sports sciences – University of Copenhagen.

172. Novo L e Santos P (2002). Predição da performance competitiva nos 5000/10000m com base no limiar aeróbio-anaeróbio. In: Santos e Rodrigues dos Santos (Eds). *Investigação aplicada em atletismo. Um contributo da FCDEF.UP para o desenvolvimento do meio-fundo e fundo*: 191-194.
173. NSA Round Table (1996). Speed in 800 metres. *New Studies in Athletics*, 11: 7-22.
174. Nummela A e Rusko H (1995). Time course of anaerobic and aerobic energy expenditure during short-term exhaustive running in athletes. *Int J Sports Med*, 16 (8): 522-527.
175. Nummela A., Mero A., Stray-Gundersen J. e Rusko H. (1996). Important determinants of anaerobic running performance in male athletes and non-athletes. *Int. J. Sports Med.*, 17(S2): S91-96.
176. Nummela A, Hamalainen I, Rusko H (2007). Comparison of maximal anaerobic running tests on a treadmill and track. *J Sports Sci*, 25: 87-96.
177. O'Brien M, Viguie C, Mazzeo R e Brooks G. (1993). Carbohydrate dependence during marathon running. *Med Sci Sports Exerc*, 25: 1009-1017.
178. Olbrecht J (2000). *The science of winning: planning, periodizing and optimizing swim training*. Swimshop. Luton. England.
179. Olesen H, Raabo E, Bangsbo J e Secher N (1994). Maximal oxygen deficit of sprint and middle distance runners. *Eur J Appl Physiol*, 69: 140-146.
180. Oyono-Enguelle S, Marbach J, Heitz A, Ott C e Gartner M (1990). Lactate removal ability and graded exercise in humans. *J Appl Physiol*, 68 (3): 905-911.
181. Padilla S, Bourdin M, Barthelemy J e Lacour J (1992). Physiological correlates of middle-distance running performance. *Eur J Appl Physiol*, 65: 561-566.
182. Paiva, M (1995). *Escola Portuguesa de meio fundo e fundo, mito ou realidade? Dissertação apresentada às provas de aptidão pedagógica e capacidade científica. Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física da Universidade do Porto.*
183. Palmer A (1997). *Validation of a new lactate threshold assessment protocol. Dissertação apresentada às provas de Doutoramento. University of Kansas.*
184. Papadopoulos C, Doyle J, LaBudde B, Rupp J, Brandon L, Benardot D e Martin D (2003). Relationships between blood lactate parameters and endurance performance. *Med Sci Sports Exerc*, 35 (5): 498.
185. Pedro F (2006). *Avaliação aeróbia de corredores de meio fundo. Dissertação apresentada às provas de mestrado. Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.*
186. Péronnet F e Thibault G (1989). Mathematical analysis of running performance and world running records. *J Appl Physiol*, 67 (1): 453-465.
187. Pessenhofer H., Schwabergger G. e Schimid P. (1981). Zur bestimmung des individuellen aerob-anaeroben übergangs. *Dtsch. Z. Sportmed.*, 32 (1): 15-17.
188. Pompeu F, Flegner A, Santos M e Gomes P (1997). Predição do desempenho na corrida de 5.000m por meio de testes no laboratório e no campo, para corredores de fundo. *Rev Paul Educ Fís*, 11 (1): 78-89.
189. Poole N (1999). Dave Moorcroft – analysis of a champion. *BMC News*, 3 (7): 6-12.

190. Powers SK, Dodd S e Garner R (1984). Precision of ventilatory and gas exchange alterations as a predictor of the anaerobic threshold. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 52: 173-177.
191. Quirion A, Brisson G, Laurencelle L, DeCarufel D, Audet A, Dulac S, Ledoux A e Vogelaere P (1988). Lactate threshold and onset of blood lactate accumulation during incremental exercise after dietary modifications. *Eur J Appl Physiol*, 57 (2): 192-197.
192. Ramsbottom R, Nevill A, Nevill M, Newport S e Williams C (1994). Accumulated oxygen deficit and short-distance running performance. *J Sports Sci*, 12: 447-453.
193. Ribeiro J, Hughes R, Fielding W, Holden W e Knuttgen H (1986). Metabolic and ventilatory responses to steady state exercise relative to lactate threshold measurements. *Eur. J Appl Physiol*, 55: 215-221.
194. Richardson R, Noyszewski E, Leigh J e Wagner P (1998). Lactate efflux from exercising human skeletal muscle: Role of intracellular PO<sub>2</sub>. *J Appl Physiol*, 85: 627-634.
195. Roecker K, Schotte O, Niess A, Hortasman T e Dickhuth H (1998). Predicting competition performance in long-distance running by means of a treadmill test. *Med Sci Sports Exerc*, 30 (10): 1552-1557.
196. Robergs R, Chwalbinski-Moneta J, Mitchell J, Pascoe D, Houmard J e Costill D (1990). Blood lactate threshold differences between arterialized and venous blood. *Int J Sports Med*, 11: 446-451.
197. Rodrigues dos Santos J (1995). Estudo comparativo, fisiológico, antropométrico e motor entre futebolistas de diferente nível competitivo e velocistas, meio-fundistas e fundistas de atletismo. Dissertação apresentada às provas de doutoramento. Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física da Universidade do Porto.
198. Saltin B, Larsen N, Terrados N (1991). Aerobic exercise capacity at sea level and at altitude in Kenian boys, junior and senior runners compared with Scandinavian runners. *Scand J Med Sci Sports*, 1: 18-24.
199. Saltin B, Kim C, Terrados N, Larsen H, Svedenhag J e Rolf C (1995). Morphology, enzyme activities and buffer capacity in leg muscles of Kenyan and Scandinavian runners. *Scand J Med Sci Sports*, 5: 222-230.
200. Santos P (1995). Controlo do treino em corredores de meio fundo e fundo-avaliação da capacidade aeróbia com base no limiar láctico das 4 mmol/l determinado em testes de terreno. Dissertação apresentada às provas de doutoramento. Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física da Universidade do Porto.
201. Santos P (1996). Relação entre a capacidade aeróbia e a intensidade e o volume de corrida contínua em meio-fundo e fundo. *Revista Atletismo*, 173: 31-33.
202. Santos P (1998). Prediction of performance in the half-marathon from lactate-velocity relationship in a field test. *Med Sci Sports Exerc*, 30 (5). S36.
203. Santos P e Ascensão A. (1999). Maximal lactate-steady-state in young male runners. *Actas da conferência Internacional intitulada "Youth Sports in the 21<sup>st</sup> Century"*, Michigan.
204. Santos P e Maia J (2002). Estudo preditivo da intensidade de corrida na meia-maratona com base na relação lactato-velocidade obtida num teste de terreno. In: Santos e Rodrigues dos Santos (Eds). *Investigação aplicada em atletismo. Um contributo da FCDEF.UP para o desenvolvimento do meio-fundo e fundo*: 99-107.

205. Scott W, Yack J, Tucker C e Lin H (1988). Comparasion of vertical ground reaction forces during overground and treadmill walking. *Med Sci Sports Exerc*, 30 (10): 1537-1542.
206. Seiler K, Kjerland G (2006). Quantifying training intensity distribution in elite endurance athletes: is there evidence for an “optimal” distribution? *Scand J Med Sci Sports*, 16: 49-56.
207. Simon G., Berg A., Dickhuth H., Simon-Alt A. e Keul J. (1981). Bestimmung der anaeroben schwelle in abhängigkeit vom alter und von der leistungsfängigkeit. *Dtsch. Z. Sportmed.*, 32 (1): 7-14.
208. Sjödin B., Linnarson D., Wallenstein R., Schele R. e Karlsson J. (1979). The physiological background of onset of blood lactate accumulation (OBLA). *Proc. Int. Symp. Sports Biology. Viernmaki, Finlândia.*
209. Sjödin B e Jacobs I (1981). Onset of blood lactate accumulate and marathon running performance. *Int J Sports Med*, 2: 23-26.
210. Sjödin B, Jacobs I, e Svedenhag (1982). Changes in onset of blood lactate accumulation (OBLA) and muscle enzymes after training at OBLA. *Eur J Appl Physiol*, 49:45-57.
211. Sjödin B. e Svedenhag (1985). Applied physiology of marathon running. *Int. J. Sports Med.*, 2: 83-99.
212. Sleivert, G (1997). Training and competing in the mystery zone. *Sportscience News, Set-Out.*
213. Smith D (2003). A framework for understanding the training process leading to elite performance. *Sports Med*, 33 (15): 1103-1126.
214. Snyder A, Woulfe T, Welsh R e Foster C (1994). A simplified approach to estimating the maximal lactate steady state. *Int J Sports Med*, 15 (1): 27-31.
215. Spencer M, Gastin P e Payne W (1996). Energy system contribution during 400 to 1500 metres running. *New Stud Athlet*, 11 (4): 59-65.
216. Spencer M e Gastin P (2001). Energy system contribution during 200 to 1500m running in highly trained athletes. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 33 (1): 157-162.
217. Stainsby WN, Brooks GA (1990). Control of lactic acid metabolism in contracting muscles and during exercise. *Exerc Sports Sci Rev*, 18: 29-63.
218. Stegmann H. e Kindermann W. (1981). Modell zur bestimmung der individuellen anaeroben schwelle. In: *Sportmedizin für Breiten und Leistungssport*. Ed. Kindermann W. e Hort W. Gräfelting.
219. Stegmann H e Kindermann W. (1982). Comparasion of prolonged exercise tests at the individual anaerobic threshold of 4 mmol/l. *Int J Sports Med*, 3: 105-110.
220. Svedahl K e MacIntosh B (2003). Anaerobic threshold: the concept and methods of measurement. *Can J Appl Physiol*, 28 (2): 299-323.
221. Svedenhag J e Sjödin B (1985). Physiological characteristics of elite male runners in and off-season. *Can J Appl Sport Sci*. 10 (3): 127-133.
222. Swensen T, Harnish C, Beitman L e Keller B (1999). Noninvasive estimation of the maximal lactate steady state in trained cyclists. *Med Sci Sports Exerc*, 31: 742-746.

223. Tanaka K, Yoshiyuki M, Matsuzaka A, Hirakoba K, Kumagai S, Sun S e Asano K (1984). A longitudinal assessment of anaerobic threshold and distance-running performance. *Med Sci Sports Exerc*, 18 (3): 278-282.
224. Tanaka K, Watanabe H, Konishi Y, Mitsuzono R, Sumida S, Tanaka S, Fukuda T e Nakadomo F (1986). Longitudinal associations between anaerobic threshold and distance running performance. *Eur J Appl Physiol*, 55: 248-252.
225. Tegtbur U, Busse M e Braumann K (1993). Estimation of an individual equilibrium between lactate production and catabolism during exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 25: 620-627.
226. Tesh P, Wright J (1983). Recovery from short term intense exercise: its relation to capillary supply and blood lactate concentration. *Eur J Appl Physiol*, 52: 98-103.
227. Tjelta L e Enoksen E (2000). Training volume and intensity. In: Bangsbo J e Larsen H (Eds), *Running & science: 19-47*. Copenhagen: Institute of exercise and sports sciences – University of Copenhagen.
228. Tokmakidis S, Léger L e Piliandis T (1998). Failure to obtain a unique threshold on the blood lactate concentration curve during exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 77 (4): 333-342.
229. Tuimil J e Rodriguez F (2001). Effect of two types of interval training on maximal aerobic speed and on time to exhaustion. In: Mester J, King G, Strüder H, Tsolakidis E e Osterburg A (eds.). *Book of abstracts of the 6<sup>th</sup> Annual Congress of the European College of Sports Science: 660*.
230. Vandewalle H., Peres G. e Monod H. (1987). Standard anaerobic exercise steps. *Sports Med.* 4 (4):268-289.
231. Ward-Smith A (1985). A mathematical theory of running, based on the first law of thermodynamics, and its application to the performance of world class athletes. *J Biomech*, 18 (5): 337-349.
232. Ward-Smith A (1999). The bioenergetics of optimal performances in middle-distance and long-distance track running. *J Biomech*, 32: 461-465.
233. Wasserman, K., McIlroy, M. (1964). Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise. *Am. J. Cardiol.*, 14: 844-852.
234. Weyand P, Cureton K, Conley D e Sloniger M (1993). Percentage anaerobic energy utilized during track running events. *Med Sci Sports Exerc*, 25, S105.
235. Williams, C. (1997). Children's and adolescents' anaerobic performance during cycle ergometry. *Sports Med.*, 24 (4): 227-240.
236. Wilson, H (1988). *Running my way*. Suffolk: Sackville Books.
237. Wiswell R, Jaque T, Hawkins S, Tarpinning, Constantino N e Hyslop D (2000). Maximal aerobic power, lactate threshold, and running performance in master athletes. *Med Sci Sports Exerc*, 32 (6): 1165-1170.
238. Yeh M, Gardner R, Adams T, Yanowitz F e Crapo R (1983). "Anaerobic Threshold": Problems of determination and validation. *J. Appl. Physiol.*, 55: 1178-1186.
239. Yoshida T. (1984). Effect of exercise duration during incremental exercise on the determination of anaerobic threshold and the onset of blood lactate accumulation. *Eur J*

Appl Physiol, 53: 196-199.

240. Yoshida T, Chida M, Ichioka M e Suda Y (1987). Blood lactate parameters related to aerobic capacity and endurance performance. Eur J Appl Physiol, 56 (1): 7-11.

241. Zamparo P, Perini R e Peano C (2001). The self selected speed of running in recreational long-distance runners. Int J Sports Med, 22: 598-604.