**Universidade do Porto**
**Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física**

# Estudo comparativo, fisiológico, antropométrico e motor entre futebolistas de diferente nível competitivo e velocistas, meio-fundistas e fundistas de atletismo

**José Augusto Rodrigues dos Santos**
**1995**

Universidade do Porto
Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física

# 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 no ramo de Ciências do Desporto, especialidade de Biologia do Desporto, nos termos do Art. 6 nº2 do Decreto-Lei 388/70 de 18 de Agosto

**José Augusto Rodrigues dos Santos**

**1995**

Aos meus filhos
Tatiana
Igor
Dinis
Por quem continuo o esforço de viver mais alto

À Sofia
Por se ter constituido como o farol que
me orientou no mar encapelado da
minha existência

## Agradecimentos

Na subida da montanha da vida, onde me procuro cumprir o melhor que posso e sei, tenho realizado muitos percursos sozinho.

No entanto, os momentos mais altos da minha realização humana, têm tido a participação de OUTROS.

OUTROS que materializaram a solidariedade na consecução deste trabalho.

Desejo salientar o apoio que as seguintes pessoas e instituições me outorgaram. Pare eles o meu respeitoso agradecimento.

- Ao Centro de Medicina Desportiva do Porto, na pessoa do seu director, a possibilidade da consecução prática deste trabalho. Constituiu-se este, como mais uma prova cabal da eficácia da colaboração entre a FCDEF-UP e o CMD do Porto

- Ao Prof. Doutor Ovídio Costa, por ter aceitado a responsabilidade de me orientar

- Ao Prof. Doutor Hans Appell, por ter aceitado a co-orientação deste trabalho

- Ao Dr. José Ramos, o apoio na consecução de muitas provas de esforço

- Aos técnicos do Centro de Medicina Desportiva do Norte
  Maria de Lurdes Oliveira
  António Silva Costa Matos
  Helder Pimentel Sequeira Dias
  Pela prestimosa colaboração na realização das provas de esforço, que ultrapassou os limites das exigências profissionais

- Aos desportistas que se constituiram como as amostras deste trabalho, bem como aos respectivos técnicos e clubes, pela paciência e espírito de colaboração demonstrados

No balanço final deste trabalho, mais do que os méritos ou deméritos intrínsecos, salientaram-se, como padrão de referência, as sinergias da amizade.

É muito bom ter amigos que não nos pedem mais do que o nosso respeito e amizade.

Obrigado:

- Nelson Puga. Sofreste comigo os dissabores do percurso. As máquinas avariadas, os atletas que faltavam, a angústia do esgotamento dos prazos. Soubeste ser sempre o braço amigo que não me deixou ir abaixo. Sem ti não tinha conseguido

- Rui Garcia. Foste meu aluno, monitor, colega e chefe. Mas acima de tudo, foste o amigo, que me disciplinou a actividade anárquica e me permitiu ser melhor professor. As tuas críticas, porque alicerçadas na amizade, ajudaram-me a superar algumas das minhas insuficiências. O teu exemplo e a tua cultura têm sido referenciais importantíssimos para mim

- José Soares. Não quiseste ser meu orientador e tem-lo sido tantas vezes. O nosso, já longo, percurso comum nesta casa, sofreu alguns entorses mas nunca rupturas, pois além do carinho que sempre te tive, soubeste merecer sempre o meu respeito ao te constituires como um dos mais fortes motivos de orgulho desta faculdade

- José Maia. Se algo te dei como professor, conseguiste retribuir com juros. O mês de estudo e reflexão que me permitiste vivenciar ao teu lado, constituiu-se, não só como factor determinante na sedimentação do meu trabalho, mas também como momento de admiração do teu rigor, humanismo e capacitação científica

- Eunice Lebre. Assisti com prazer à metamorfose duma enfatuada menina lisboeta numa colega maravilhosa, cuja solicitude e espírito de colaboração me fez granjear o respeito e admiração

- Rui Garganta. Pela tua paciência e tolerância para as minhas limitações estatísticas. Pela ajuda e revisão da parte da Antropometria. Por seres um amigo fantástico

- Júlio Garganta. Por seres um homem do desporto, com cultura e desinteressadamente amigo. Os teus conselhos foram muito úteis, porque alicerçados no rigor e competência profissional

- Silvestre Pereira, Diogo Fazenda, Ludgero Silva, Carlos Almeida, José Sousa e Sérgio Varela, Carla Sofia, Marcelino Silva, Luísa Silva, Paulo Lourenço, Manuel Costa e Helder Palavras, atletas de eleição que me permitiram realizar no terreno muitos dos meus investimentos teóricos

- Jorge Bento e António Marques. Porque muito do que sou profissionalmente, a vós o devo, porque o devo à escola que vocês criaram.

A afirmação da nossa Faculdade na Academia e na Cidade, desbravando os caminhos da valorização, superando os acidentes de percurso, capitalizando energias e vontades, foi realizada à custa do vosso fervor e empenhamento.

O orgulho que sinto em pertencer a esta casa devo-o à carta de alforria que vocês forçaram a Universidade a assinar.

António Marques e Jorge Bento ensinaram-me que o poder só serve, como cimento aglutinador da realização colectiva. Que a vossa lição perdure

- Paulo Santos e Manuel António. Pela ajuda preciosa na consecução da bibliografia

- Os meus companheiros. Paula Brandão, Ramiro Rolim, Carlos Araújo, Fernando Tavares, Amândio Graça, José Oliveira, Pedro Sarmento, José Virgílio e António Natal, porque gosto deles, porque são especiais, porque os respeito, porque fazem desta escola um lugar saudável de trabalho

- À minha querida irmã, pela sua tolerância para com os meus orgulhosos desvarios. Nenhum orgulho pateta pode diminuir a força e importância do que vivemos em comum

- Ao António José Lopes Pereira. Pelo amor que te tenho. Por uma vida a dois, nos bons e maus momentos. Por saber que se a vida um dia faltasse, os meus filhos teriam sempre um pai.

**1. Considerações Prévias** 1

**2. Introdução** 13

2.1. Colocação do Problema 14

2.2. Objectivo Principal 15

2.3. Objectivos Secundários 16

2.3.1. Caracterização fisiológica, antropométrica e motora de jogadores de futebol da 1ª Divisão, Divisão de Honra, 2ª Divisão e 3ª Divisão. Análise comparativa com base em vários indicadores. 16

2.3.2. Caracterização fisiológica, antropométrica e motora de velocistas, meio-fundistas e fundistas do atletismo. Análise comparativa com base em vários indicadores. 16

**3. Revisão da literatura** 17

3.1. Antropometria 18

3.1.1. Análise do somatótipo 19

3.1.1.1. Determinação do somatótipo 19

3.1.1.2. Classificação somatotipológica em vários desportos 22

3.1.1.3. Análise do somatótipo do futebol 24

3.1.1.4. Análise do somatótipo no atletismo 27

3.1.2. Composição corporal 28

3.1.2.1. Determinação da composição corporal 31

3.1.2.2. Composição corporal no futebol 36

3.1.2.3. Composição corporal no atletismo 39

3.2. Testes Motores - Avaliação da Força 42

3.2.1. Algumas considerações àcerca da força 42

3.2.2. Avaliação da força explosiva dos membros inferiores 46

3.2.2.1. Teste de força explosiva. Componente contráctil (SJ) 46

3.2.2.2. Teste de força explosiva. Componente elástica (CMJ) 47

3.2.2.3. Teste de potência mecânica do salto vertical 47

3.2.3. Valores de referência em várias modalidades desportivas da potência dos músculos extensores dos membros inferiores 47

3.2.4. Valores de referência no futebol da potência dos músculos extensores dos membros inferiores 49

3.2.5. Valores de referência no atletismo da potência dos músculos extensores dos membros inferiores 51

3.3. Condicionantes Fisiológicas do Exercício 52

3.3.1. Consumo máximo de oxigénio ($VO_2max$) 52

3.3.1.1. $VO_2max$ em função da modalidade desportiva 70

3.3.1.2. $VO_2$max no futebol 71
3.3.1.3. $VO_2$max nas corridas do atletismo 76
3.3.2. Análise da cinética do lactato 82
3.3.2.1. Caracterização fisiológica do lactato 82
3.3.2.2. Cinética do lactato 87
3.3.2.2.1. Lactato e músculo esquelético 88
3.3.2.2.2. Lactato e miocárdio 90
3.3.2.2.3. Lactato e hepatócito 91
3.3.2.2.4. Factores exógenos e lactato 91
3.3.2.3. Diferenças de concentração de lactato entre fluidos 94
3.3.2.4. A lactatémia após prova de esforço progressiva 96
3.3.2.5. A mobilização glicolítica no futebol 97
3.3.2.6. A mobilização glicolítica nas corridas do atletismo 102
3.3.3. Limiar anaeróbio 103
3.3.3.1. Limiar anaeróbio respiratório ($L_{AN}$) 104
3.3.3.2. Limiar anaeróbio metabólico (limiar láctico) 105
3.3.3.3. Controvérsia acerca do conceito limiar anaeróbio 106
3.3.3.4. Análise comparativa entre o limiar láctico e o $L_{AN}$ 108
3.3.3.5. Influência da dieta no limiar anaeróbio láctico 110
3.3.3.6. Outras considerações sobre o $L_{AN}$ 111
3.3.3.7. Limiar anaeróbio individual ($L_{AN}I$) 112
3.3.3.8. Validação prática do conceito de $L_{AN}$ 114
3.3.3.9. Estudo do $L_{AN}$ no futebol 114
3.3.3.10. Estudo do $L_{AN}$ nas corridas do atletismo 116
3.4. Caracterização do Futebol 125
3.4.1. Introdução 125
3.4.2. Caracterização do jogo 126
3.4.2.1. Análise dos deslocamentos-tipo 127
3.4.2.2. Análise dos deslocamentos em função da posição ocupada pelo jogador em campo 128
3.4.2.3. Diferenciação de níveis de jogo 130
3.4.3. Caracterização fisiológica 131
3.4.3.1. Frequência cardíaca (FC) 131
3.4.3.2. Temperatura corporal 133
3.4.3.3. Perfil ideal do futebolista 133
3.5. Caracterização das Corridas do Atletismo 135
**4. Material e métodos** **140**

4.1. Caracterização das Amostras 141
4.2. Avaliação dos Indicadores Fisiológicos 142
4.2.1. Avaliação dos indicadores respiratórios 142
4.2.2. Avaliação da frequência cardíaca 143
4.2.3. Avaliação de indicadores metabólicos 144
4.3. Avaliação dos Indicadores Antropométricos 144
4.3.1. *Instrumentarium* 145
4.3.2. Medidas antropométricas 145
4.3.3. Determinação do somatótipo 146
4.3.4. Avaliação da composição corporal 148
4.4. Avaliação dos Indicadores de Força Explosiva (Testes Motores) 148
4.4.1. Avaliação da impulsão vertical 148
4.4.1.1. Teste da componente contráctil (SJ) 148
4.4.1.2. Teste da componente elástica (CMJ) 149
4.4.1.3. Teste de potência mecânica do salto vertical 149
4.4.1.4. Análise dos testes e fórmulas de conversão 150
4.5. Procedimentos Estatísticos 151
**5. Apresentação dos resultados 152**
5.1. Avaliação dos Indicadores Fisiológicos 154
5.1.1. Consumo máximo de oxigénio ($VO_2max$), frequência cardíaca após prova máxima de esforço (FCmáx) e velocidade ao $VO_2max$ ($vVO_2max$) 155
5.1.1.1. Estudo da variabilidade inter-equipas de futebol 155
5.1.1.1.1. Em função do nível competitivo das equipas 155
5.1.1.1.2. De acordo com a especialização funcional 156
5.1.1.2. Atletismo 157
5.1.1.3. Resultados comparativos entre futebolistas e velocistas, meio-fundistas e fundistas do atletismo 158
5.1.2. Análise da economia de corrida ($E_{c-16}$) 160
5.1.2.1.Estudo da variabilidade inter-equipas de futebol 160
5.1.2.1.1. Em função do nível competitivo das equipas 160
5.1.2.1.2. De acordo com a especialização funcional 162
5.1.2.2. Atletismo 162
5.1.2.3. Resultados comparativos entre futebolistas e velocistas, meio-fundistas e fundistas do atletismo 163
5.1.3. Análise da economia de corrida aos 20 $km.h^{-1}$ ($E_{c-20}$) 164
5.1.3.1. Estudo da variabilidade inter-equipas de futebol 164
5.1.3.1.1. Em função do nível competitivo das equipas 164

5.1.3.1.2. De acordo com a especialização funcional 166
5.1.3.2. Atletismo 166
5.1.3.3. Resultados comparativos entre futebolistas e velocistas, meio-fundistas e fundistas do atletismo 167
5.1.4. Limiar anaeróbio ventilatório 168
5.1.4.1. Estudo da variabilidade inter-equipas de futebol 169
5.1.4.1.1. Em função do nível competitivo das equipas 169
5.1.4.1.2. De acordo com a especialização funcional 170
5.1.4.2. Atletismo 171
5.1.4.3. Resultados comparativos entre futebolistas e velocistas, meio-fundistas e fundistas do atletismo 172
5.1.5. Análise da cinética do lactato 173
5.1.5.1.Estudo da variabilidade inter-equipas de futebol 173
5.1.5.1.1. Em função do nível competitivo das equipas 173
5.1.5.1.2. De acordo com a especialização funcional 174
5.1.5.2. Atletismo 174
5.1.5.3. Resultados comparativos entre futebolistas e velocistas, meio-fundistas e fundistas do atletismo 175
5.2. Avaliação dos Indicadores Somáticos 177
5.2.1. Estudo do somatótipo 177
5.2.1.1. Estudo da variabilidade inter-equipas de futebol 177
5.2.1.1.1. Em função do nível competitivo das equipas 177
5.2.1.1.2. De acordo com a especialização funcional 178
5.2.1.2. Atletismo 179
5.2.1.3. Resultados comparativos entre futebolistas e velocistas, meio-fundistas e fundistas do atletismo 180
5.2.2. Composição corporal 180
5.2.2.1. Estudo da variabilidade inter-equipas de futebol 181
5.2.2.1.1. Em função do nível competitivo das equipas 181
5.2.2.1.2. De acordo com a especialização funcional 182
5.2.2.2. Atletismo 183
5.2.2.3. Resultados comparativos entre futebolistas e velocistas, meio-fundistas e fundistas do atletismo 184
5.3. Avaliação Motora 185
5.3.1. Avaliação da impulsão vertical e da potência mecânica média 185
5.3.1.1. Estudo da variabilidade inter-equipas de futebol 185
5.3.1.1.1. Em função do nível competitivo das equipas 185

5.3.1.1.2. De acordo com a especialização funcional 185
5.3.1.2. Atletismo 186
5.3.1.3. Resultados comparativos entre futebolistas e velocistas, meio-fundistas e fundistas do atletismo 187
5.2. Amostras Especiais 189
5.2.1. Futebolistas de elite 189
5.2.2. Futebolistas de raça negróide 189
**6. Discussão dos Resultados** **191**
6.1. Indicadores Fisiológicos 192
6.1.1. Indicadores respiratórios 192
6.1.2. Lactato sanguíneo 226
6.2. Indicadores Somáticos 236
6.2.1. Somatótipo 236
6.2.2. Composição corporal 241
6.3. Força explosiva dos membros inferiores 249
**7. Conclusões** **260**
7.1. Futebol 261
7.1.1. Análise ao nível das equipas 261
7.1.2. Análise ao nível dos jogadores em função da posição específica em campo 263
7.2. Atletismo 265
7.3. Futebol *versus* Atletismo 267
**8. Bibliografia** **269**

# 1. Considerações prévias

O único conhecimento que vale é o que se nutre de incerteza.
O único conhecimento que vive é o que se mantém à temperatura
da sua própria destruição.

Edgar Morin

A produção científica no domínio das ciências biológicas é percorrida por um sentimento de perda do conceito de totalidade, que se prende com a necessidade de tornar operativos e funcionais os instrumentos de análise e investigação.

A evolução do conhecimento científico foi realizada a partir de "traições" sucessivas ao saber primeiro - a filosofia, cuja lógica interna dava um certo sentido de integração e organização aos saberes parciais.

O conhecimento científico é gerado pela tensão desenvolvida entre a explicação reducionista (analítica) e a explicação holista (global), cuja dinâmica de confronto não deve ser considerada como bloqueante, mas antes como ponto de partida para a elaboração de nexos de prescrutação da realidade cada vez mais evoluídos.

Como assevera Edgar Morin (Morin,1977) não podemos substimar o progresso científico e tecnológico determinado pelas pretensões reducionistas. A tentativa de esclarecimento da realidade primeva levou à descoberta da molécula, depois do átomo e finalmente da partícula. O acervo de constatações científicas que este esforço heurístico provocou, determinou o avanço num vasto campo de actividades de inquestionável importância.

As possibilidades heurísticas do reducionismo assentam no postulado de que "os elementos constitutivos de um sistema, por mais complexo que seja, são totalmente definíveis por um certo número de características estáveis, acessíveis através do estudo analítico, e que são suficientes para determinar o seu comportamento em qualquer junção com outros elementos" (Delattre,1981,p.44).

As falências conceptuais da abordagem reducionista, que ao seleccionar unidades manipuláveis e de efeitos verificáveis, estendeu "uma sombra sobre a organização" (Morin,1977) que redundou numa perda de contacto com a complexidade que assiste ao real.

Como reacção aos postulados reducionistas desenvolveram-se à luz da teoria dos sistemas (Von Bertalanffy,1973) os nexos da abordagem

holista, cuja orientação metodológica assentou no conceito de que o todo é mais do que a soma das partes.

Holismo e reducionismo procurando simplificar o problema da unidade complexa, não conseguem por si só superar as dificuldades heurísticas que lhe são inerentes. Como diz Pascal (citado por Morin,1977,p.121) "considero impossível conhecer as partes sem conhecer o todo, bem como conhecer o todo sem conhecer as partes em particular".

Assim emerge o problema base de toda a investigação científica: mesmo que por motivos de operacionalidade se tenha, em determinados momentos, de perder o fio organizador de toda a realidade complexa, se tenham de perder de vista o vasto e emaranhado jogo de inter-relações entre os elementos, a procura da eficácia na análise dos elementos do sistema não pode nunca alhear-se da procura incessante de promoção do conhecimento integrador, que dê sentido ao adquirido.

A validação dos conhecimentos adquiridos sobre os elementos pode num sistema ultra-simplificado ser conseguida pela verificação das características dos próprios elementos; no entanto nos sistemas complexos essa validação é impossível, já que o nível organizacional de um sistema determina os nexos intrínsecos em que podem ser explicados os elementos que o constituem.

Como diz Morin (1973) aquilo que pode ser verdade para um sistema de baixa complexidade em que as restrições, ou seja, o grau de liberdade é diminuto, é um erro fulcral para um sistema com um grau de complexidade muito acentuado.

Um exemplo saliente que corrobora estas elucubrações é dado pela análise dos efeitos da talidomina nas senhoras grávidas. Quando estas droga foi testada em ratos os efeitos focomélicos não se verificaram. Nas mulheres e fêmeas dos símios a ingestão de talidomina em determinado período de gravidez detonou as anomalias marcantes duma degeneração biológica (Balbi e Balbi,1982)

Neste caso singular, verificou-se o desrespeito pela consideração do sistema como unidade global organizada de inter-relações entre elementos, cuja especificidade é dada pelo grau de complexidade e organização que o caracteriza. O que era eficaz num sistema de complexidade inferior foi fatal para um sistema de nível organizacional superior.

Muitos efeitos paradoxais (perversos) que se manifestam em tentativas de intervenção consciente sobre um dado sistema, advêm do facto de não serem equacionadas as relações de causalidade provocadas pela intervenção no sistema. Inteligir os mecanismos de regulação de um sistema auto-regulado poderá evitar a emergência de efeitos antagónicos que só acontecem por desconhecimento dos limites de intervenção num

sistema, que deve ser realizado sempre, em função do seu nível organizacional.

Portanto o nó górdio da problemática da investigação científica não é nunca o da abordagem reducionista ou holista; o problema coloca-se quando as noções de complexidade e organização se perdem como referenciais, e jogamos com os dados de forma aleatória, nunca permitindo a emergência de ordem (estacionária) no mar de desordem dos nossos pressupostos investigativos.

A ideia de unidade complexa não nos permite recorrer a instrumentos de análise simplistas e simplificadores. Mesmo que a falácia dos meios não nos permita inteligir as qualidades e propriedades emergentes da organização e unidade global, devemos equacioná-las como factores de tensão que nos evite a sedimentação de certezas, certos que os comportamentos dos elementos dum sistema complexo embora possam em si ser facilmente verificáveis, são de difícil penetração quando interagem e se transformam em factores instáveis de unidade.

Sabemos que o todo é mais que a soma das partes, porque a interacção das partes no todo fazem emergir qualidades e propriedades novas. Segundo Morin (1977) o todo é também menos que a soma das partes, porque estas ao integrarem-se no todo perdem parte das qualidades ou propriedades que lhes são correspondentes, e que as caracterizam quando consideradas isoladamente (restrição). Por fim assume-se como axiomático o conceito de que o todo é diferente da soma das partes, pois não podemos reduzir a descrição de um sistema a níveis meramente quantitativos, já que o processo integrativo dum elemento num todo deverá ser consubstanciado muito mais nas transformações qualitativas que se constituem como índices do nível organizacional do sistema, do que nas alterações quantitativas. Como diz Morin (1977 p.111) " um sistema é um todo que toma forma ao mesmo tempo que os seus elementos se transformam"; chama-se a este processo morfogénese sistémica.

A integração no todo dos elementos constitutivos de um sistema podem aumentar o seu grau de liberdade (nos organismos pluricelulares as células individuais vivem menos tempo do que viveriam se estivessem isoladas (Balbi e Balbi,1982)) ou podem-no reduzir (toda a relação organizacional exerce restrições ou imposições sobre os elementos ou partes que lhe correspondem (Morin,1977)). A consciência de que a morfogénese sistémica pode ser simultaneamente libertadora e restritiva é a pedra de toque de deve assistir a todas as conceptualizações humanas. Considerar o homem em situação como um sistema aberto, hipercomplexo e organizado é dar o primado ao pragmatismo consequente, erradicar as análises simplistas e reforçar as armas para a ingente aventura humana de descobrir mais humanidade.

O nível de abordagem deste trabalho, intencionalmente reducionista, preocupar-se-á unicamente com a manifestação visível, de alguns elementos dos sistemas estudados, permitindo assim a recolha de dados, que num primeiro momento validem e justifiquem o tipo de abordagem adoptado e se constituam como factores potencialmente heurísticos para abordagens com preocupações mais integrativas.

O paradigma mecanicista (reducionista) apetrecha o investigador com instrumentos operativos mais simples para a interpretação científica da realidade. Embora redutora, a abordagem mecanicista permite conhecer parte do todo pela soma dos pormenores das partes.

O desporto como campo privilegiado de estudo e investigação tem sofrido também os efeitos disjuntores de abordagens segmentares.

O desporto como realidade plural, não pode ser completamente apreendido pela análise das partes que o constituem. Uma realidade onde se interpenetram activa e concomitantemente várias expressões humanas (biológica, antropológica, sociológica, psicológica, etc...), não pode ser plenamente conhecida pela utilização de instrumentos de análise redutores. No entanto se a seriedade e humildade científicas assistirem ao estudo deste multímodo fenómeno social, ter-se-ão também de reconhecer as limitações implícitas da abordagem holística.

Como diz Rosnay (1977) para investigar o infinitamente pequeno descobrimos o microscópio, para penetrar nos segredos do infinitamente grande criamos o telescópio, para a penetração consequente do infinitamente complexo não temos aparelho que nos auxilie, a não ser "um cérebro e uma inteligência e uma lógica desarmadas perante a imensa complexidade da vida e da sociedade" (p.9).

Conscientes das dificuldades que nos assistem na penetração da realidade, recorremos umas vezes aos instrumentos de redução outras aos instrumentos de globalização, abordagens forçosamente incompletas, pois ambas têm algo de redutor.

O primado da penetração holística da realidade desportiva também é disjuntora, pois não permite e por vezes anula a validação das partes constitutivas do sistema. O parcial prescrutado é também muito importante para a tentativa ciclópica de compreender a totalidade. Por vezes o estudo do elemento pode ter força heurística suficiente para perceber o todo que o integra.

Aceitamos, como pressuposto de partida, que a procura de objectividade no processo de investigação é feita a expensas da perda da noção de complexidade; mas esta também não é tarefa para todos. A abordagem do complexo deve ser feita por etapas, e como exercício de ginástica mental dos epistemólogos. A abordagem sistémica da realidade pressupõe um esforço integrador de métodos e técnicas de várias disciplinas (Rosnay,1977), que extravasa das abordagens historicamente

datadas (reducionismo e holismo), e que se consubstancia numa nova maneira de inteligir a realidade.

Para a investigação científica a redução é sinónimo de operacionalidade, de possibilidade de penetração duma dada realidade. Se os caminhos são muitos e se escolhemos um, é porque não queremos ficar parados, e porque rejeitamos decidir as nossas opções científicas pelo método da moeda ao ar.

Uma tese de doutoramento deve alicerçar o nível de preocupações emergentes de um trajecto prático (uma boa teoria é já uma prática - Gomes, P., comunicação pessoal) e eleger uma série de pressupostos que se devem constituir como alicerces do processo de investigação, sempre que possível, conotado com os nossos interesses.

Não existem trabalhos menores e investigação científica; existem sim formas inconsequentes de estudo, trabalho e reflexão. Como diz Umberto Eco (Eco,1984) não há nenhum tema que seja verdadeiramente estúpido se o trabalho for inteligente.

O esboroamento do saber é condição "sine qua non" para a penetração da realidade. A dissecação analítica é o instrumento heurístico fundamental para acrescentar selectividade à realidade que pretendemos conhecer. O trabalho de validar ontologicamente os dados carreados é esforço doutros sectores da "inteligentzia" académica.

Centremo-nos outra vez no caso da Talidomina. Foi testada em ratos e demonstrou-se segura e eficaz. Quando foi utilizada nos humanos deu a catástrofe humana que todos conhecemos. O mal não foi do método analítico que propiciou o avanço científico. Foi da validação ecológica que não respeitou as normas da saúde pública.

O cientista que pega no microscópio não está preocupado com o sentido social, ético e ontológico das suas descobertas. A investigação é um acto solitário de criação que em si mesma se justifica. A sua validação ecológica corresponde a outros níveis de preocupações.

Produzir investigação científica é saber conjugar no tempo os momentos de análise e os momentos de síntese. O primado de um ou outro é determinado pelos níveis de penetração duma dada realidade, que desejamos obter.

O conhecimento racional do mundo reside sempre num certo equilíbrio entre representação analítica e representação sintética das coisas (Delattre,1981). Os dois tipos de conhecimento são mutuamente interdependentes, e seria ilusório pensar conseguir-se um conhecimento unificado integrador de todo os conhecimentos susceptíveis de serem considerados científicos. A tensão de procura desse conhecimento integrador é importante como húmus vivificador de novos conhecimentos, mas **a disjunção genésica** (que perpassa toda a realidade) só por hipótese se pode apreender na totalidade.

A unificação é mais uma fase dinâmica do conhecimento do que um ponto terminal absoluto, e absolutamente conseguido.

Nas ciências da natureza, o verdadeiro problema consiste em encontrar a adequação entre a linguagem teórica utilizada, as observações que se pretendem relatar e as questões a que se deseja responder.

Se conseguirmos evitar quer as simplificações absurdas quer as generalizações excessivas, teremos ganho a nossa batalha pessoal da construção de um trabalho, em que nos propomos ir mais longe dentro dos limites do nosso perto.

Os vários níveis da investigação desportiva privilegiam num momento a decomposição analítica e posterior reconstrução sintética, e noutro, a consideração dos fenómenos de uma forma global não se preocupando com os elementos constitutivos do objecto.

Quando os fenómenos a estudar são complexos os instrumentos utilizados para o estudo, devem, pelo menos como preocupação fundamental, respeitar essa complexidade. Isso por vezes é impossível, e daí a recorrência aos estudos *in vitro* , que se por um lado reduzem o campo de estudo, qualquer que ele seja, permitem pelo menos promover um certo tipo de conhecimento (obviamente reduzido) que dentro dos seus limites se pode constituir como suficientemente validador do esforço heurístico.

No campo desportivo é difícil promover estudos integrativos, porque as dimensões ou expressões dessa realidade plural são imensas. No entanto a cientificação parcelar do fenómeno desportivo pode carrear níveis de conhecimento que ultrapassem os contornos das suas limitações. A necessidade de especialistas que saibam cada vez mais de cada vez menos é fundamental para o avanço e progresso do desporto; no entanto urge criar uma nova classe de investigadores, que mais do que generalistas sejam especialistas da integração, como diz Rosnay (1977) especialistas sintetizadores.

O esforço organizacional e metodológico no desporto vem de muito longe. As raízes da cientificação da prática desportiva remontam à antiga Helade, berço da primeira prova desportiva com pregnância cultural e social. Remonta a 776 A.C. o início dos Jogos Olímpicos, momento de união dos povos da antiga Grécia, em que as guerras entre cidades-estado eram substituídas por provas desportivas.

A primeira prova desportiva consistiu numa corrida pedestre de 160 metros (supostamente a distância percorrida por Hércules em apneia), que assim se constituiu como o primeiro evento desportivo datado, a partir do qual podemos considerar que nasceu o desporto organizado.

A corrida ganha assim um estatuto sócio-cultural determinante, que corresponde à importância que assume como factor básico na preparação do guerreiro.

Podemos considerar que as corridas pedestres assumem o papel da génese da actividade desportiva como factor de aculturação.

Da corrida como função natural ao Atletismo como práxis cultural vai um caminho longo de organização que deu origem à emergência de novos conceitos, entre os quais o treino se evidencia.

A força social do feito Atlético levou à especialização, à cientificação e ao profissionalismo.

A estruturação metodológica do treino desportivo é, em parte muito significativa, subsidiária da evolução científica e metodológica do Atletismo, que desde sempre se constituíu como campo privilegiado de investimento teórico e científico.

Como quase todas as modalidades desportivas se consubstanciam em actos de correr, saltar, lançar, emergiu com naturalidade uma certa consonância em alguns processo de treino do Atletismo e o treino noutros desportos, nomeadamente nos Jogos Desportivos Colectivos.

A assimilação dos processos de treino do Atletismo por outros desportos, embora natural, foi feita por vezes de forma mecanicista, sem cuidar das especificidades funcionais características de cada modalidade.

Em alguns desportos em que os níveis de organização funcional e complexidade são idênticos aos do Atletismo, os nexos de causalidade entre o treino e o rendimento desportivo podem ser decalcados dessa modalidade desportiva. Noutros desportos, como no caso do Futebol, a lógica do rendimento assenta, antes de tudo, na superior riqueza das inter-relações dos elementos que o constituem, da acentuada complexidade dos nexos que suscita e num nível de organização mais elaborado, donde emergem propriedades funcionais qualitativamente diversas do Atletismo.

A caracterização do treino no atletismo evidencia o primado do condicional, enquanto o futebol pôe a ênfase no coordenativo, no relacional, no comunicacional, no integrativo.

As dominantes espaciais, temporais e concepcionais das duas modalidades são substancialmente diferentes. Se uma aproximação reducionista do atletismo nos permite com maior ou menor acuidade inteligir o seu nível estrutural e organizacional, no caso do futebol, uma abordagem desse tipo obnubilaria a complexidade organizacional que lhe está inerente, e que á causa primeira da sua riqueza diversa (pedagógica, estética, social, etc.).

A relação de causalidade que se consegue estabelecer com facilidade em muitas modalidades desportivas entre vários indicadores de performance e êxito desportivo, podem ser mascarados no futebol, pois a riqueza e complexidade deste jogo, em que o aleatório pode por vezes ser determinante, não permite estabelecer com clareza as fronteiras do êxito.

Num modalidade desportiva individual (atletismo) ou colectiva de baixo nível de complexidade (remo) o valor desportivo individual é

garantia quase segura de um eficaz desempenho desportivo. No Futebol, pode acontecer (e acontece sobejas vezes) que uma equipa formada por executantes e atletas de eleição não consegue pôr em jogo eficazmente o teor das suas qualidades. Esta disjunção assenta antes de tudo na impossibilidade de estabelecer determinismos em sistemas de grande grau e complexidade.

Uma abordagem reducionista pode ser eficaz no atletismo porque o meio é bastante simplificado. No futebol, o meio é complexo surgindo assim a imposibilidade de validação duma abordagem redutora.

Se o homem em si, é já um sistema deveras complexo. O homem em situação é um sistema infinitamente complexo. As dificuldades de penetração científica no estudo do homem em situação são acrescidas quando a situação é complexa, já que é difícil determinar a força das relações que o homem estabelece com o meio que o envolve.

Daí a recorrência a estudos *in vitro* que se por um lado anulam a força do envolvimento por outro permitem a manipulação operativa, e a recolha de informação acerca dos elementos em estudo.

O nosso estudo pretende vislumbrar os pontos de similitude entre dois tipos de desportistas: especialistas dos vários tipos de corridas do atletismo e futebolistas. Nos primeiros a performance é sempre determinada pelo correr mais rápido, na luta contra o tempo; nos segundos a luta é diversa, os "inimigos" são muitos, pelo que se torna difícil discernir hierarquias para os factores em jogo. Nuns o funcional-condicional é elevado à categoria fundamental, noutros o funcional-condicional deve ser sempre relativizado ao funcional-integrativo (concepcional, relacional, comunicacional, etc.).

É relativamente fácil fazer investigação em Atletismo, porque a validação dos dados não é muito complexa. Daí sempre se ter constituído como campo privilegiado de investigação, já que se podem construir com facilidade nexos entre os dados do laboratório e do terreno (treino e competição). A simulação do esforço de corrida em laboratório é mais ou menos conseguida; a simulação do esforço do futebolista é impossível em laboratório, advindo daí a dificuldade de validação dos dados laboratoriais. Daí a recorrência sistemática a modelos estandardizados laboratoriais para a caracterização dos jogadores de futebol. No livro Science and Football II (1991) editado em 1991 por T. Reilly, J. Clarys e A. Stibbe, não aparece nenhum estudo integrativo que valide os aspectos comunicacionais, informacionais e de funcionalidade específica. A análise reducionista foi assumida em pleno pelos investigadores integrantes deste livro, e assim produziram informação que pese embora os seus limites, nos permitem inteligir alguns nexos caracteriais.

Os estudos desse livro fragmentaram-se em várias áreas. A saber:

- Perfil da condição física dos futebolistas - 11 estudos
- Dominantes fisiológicas do treino - 9 estudos

- Caracterização fisiológica do jogo - 6 estudos
- Análise do jogo por computador (níveis de eficácia, perfil dos deslocamentos, médias de remates, paragens, tempo de posse de bola, etc...) - 8 estudos
- Análise do Campeonato do Mundo de Futebol de 1990 (tratamento estatístico de algumas variáveis) - 5 estudos
- Abordagem psicológica - 6 estudos
- Abordagem auxológica - 10 estudos
- Abordagem biomecânica - 7 estudos
- Abordagem médica - 14 estudos
- Direcção e Treino - 8 estudos

Como podemos averiguar nem um só estudo integrador. A dificuldade de tal tarefa desmotiva o empenhamento científico na tentativa de abordar o futebol como totalidade. A pulverização do conhecimento em várias investigações é condição *sine qua non* da operacionalização dos estudos. Temos de desdramatizar este estado de situação, pois pensamos que tem mais valor científico um bom estudo parcelar do que um mau estudo global-integrador, partindo da hipótese (meramente teórica) de que tal estudo é possível.

Quando é difícil penetrar o todo, pega-se na parte. E se esta parte for analisada com seriedade científica poderá carrear informação de importância fundamental para a caracterização do todo.

O estudo científico do futebol é muito recente; o do Atletismo antecedeu-o, pelo que o acervo de trabalhos de índole teórica e científica no Atletismo é de tal modo importante, que por vezes provoca noutros desportos a aceitação acrítica dos seus conteúdos e conceitos de treino.

As transferências incorrectas para outras actividades desportivas e de lazer, dos conceitos base do Atletismo, leva a abordagens reducionistas que não têm em consideração a complexidade específica de cada actividade desportiva.

Pensamos ser importante ter em consideração que o conteúdo de um conceito referente a um dado objecto, deve ser reequacionado quando o objecto muda de meio, pois a simples mudança de meio pode detonar diferentes propriedades funcionais.

Tomemos como referência que a simples alteração de um amino-ácido numa cadeia peptídica produz uma proteína com propriedades biológicas diferentes.

Esta preocupação deve orientar de forma inequívoca todo o processo de estudo e investigação, sob pena de incorrermos em análises abstractas, desfazadas da realidade.

Julgamos que o lugar charneira que o Atletismo desempenha no campo da investigação científica, assenta no facto do investimento teórico, científico e metodológico propiciado pela preparação dos grandes campeões de meio-fundo e fundo do passado (Silva,1981).

Antes de qualquer outra modalidade desportiva o Atletismo, desenvolveu métodos de treino específicos visando a potenciação das capacidades que lhe correspondem. Antes do renascimento olímpico em 1896, já em Inglaterra o treino sistemático de corrida era uma realidade, menos com objectivos de competição desportiva e mais como preparação para a guerra (Silva,1981).

O pioneirismo científico e metodológico do Atletismo naturalmente contaminou a concepção de treino de outros desportos. Era natural e em alguns casos os frutos foram positivos. Pensamos que a especificidade das várias modalidades desportivas não anula um certo princípio organizador que é comum a todas, e que se consubstancia, entre outras coisas no perfil adaptativo que é desenvolvido.

Pensamos que a corrida do futebol é específica. O salto no futebol é específico, bem como é específico o lançamento no futebol.

Localizando-nos no âmbito das preocupações deste trabalho, pensamos que as adaptações induzidas pelas técnicas específicas do futebol, aproximam-se em maior ou menor grau das provocadas pelo atletismo.

Assim recorrendo à análise segmentar do perfil adaptativo dos vários especialistas das corridas do atletismo, tentaremos descobrir o que estes desportistas apresentam de comparável com os futebolistas.

A verificação de similitudes caracteriais (fisiológicas, somáticas e motoras) justificará ou não a adopção de modelos de treino do atletismo no futebol.

Com este estudo pretendemos encontrar pontos de analogia entre os dois tipos de desportistas, comparando os respectivos perfis parcelares que atrás evidenciamos e justificar a que nível se justifica a aproximação dos processos de treino.

Várias perguntas estão subjacentes a este trabalho:

- Será que os modelos de treino do futebol são exclusivos deste desporto?

-Será que um futebolista pela prática exclusiva dos "skills" da sua modalidade consegue desenvolver e manter um vocabulário gestual sobejamente rico e diversificado para dar resposta às exigências do jogo, bem como a potenciação global das Qualidades Motoras, que erradiquem os eventuais pontos fracos do seu desenvolvimento pessoal ?

- Será que se justifica a recorrência metódica, inteligente e integrada a pautas de treino doutros desportos, desde que seja na construção de uma base funcional e nunca como modelo primacial de treino ?

Pensamos, avançando desde já com algumas das nossas perspectivas, que existem alguns pontos de contacto no perfil adaptativo de futebolistas e dos vários especialistas do atletismo, que em parte justificam a penetração dos métodos de treino do atletismo no futebol.

Recorrendo à validação de alguns indicadores fisiológicos, somáticos e motores, procuraremos determinar as similitudes funcionais-adaptativas de futebolistas e de vários especialistas das corridas do atletismo.

# 2. Introdução

O esforço para o estudo e caracterização do desporto e desportistas portugueses somente na última década começou a receber participações sistemáticas visando colmatar um défice atávico de informação científica, sem a qual qualquer evolução é fruto dos circunstancialismos e não duma acção inteligente e programada.

Pensamos, no entanto, que esses esforços de estudo e reflexão teórica e científica necessitam de continuidade, para que o rastreio da realidade desportiva seja uma realidade.

Vários estudos de caracterização multifactorial dos desportistas portugueses têm sido levados a cabo pela FCDEF-Universidade do Porto, pela FMH e UTAD, pelo que a prossecução deste trabalho tenderá a colaborar, dentro da sua dimensão, com os desideratos expressos por essa tarefa global.

As dificuldades de penetração no desporto de alto nível, que aconteciam no passado (principalmente no futebol senior de nível elevado), começam agora a ser eliminadas, pela progressiva consciencialização dos responsáveis para a necessidade de estudar profundamente a sua actividade, no sentido de criar mecanismos de intervenção que propiciem uma intervenção técnica qualitativamente superior.

As ilacções de índole teórica e científica que podemos carrear com os nossos trabalhos, podem e devem constituir-se como apoios seguros duma prática no terreno racional e consequente, que erradique o voluntarismo e a transposição mecânica de práticas e conceitos.

Os dados conjugados das várias ciências que estudam o universo desportivo ganharão importância social e cultural, quando ultrapassem os limites específicos e se constituam como referências para a transformação qualitativa do processo de treino.

Eis o alvo deste estudo.

## 2.1. Colocação do Problema

O pioneirismo do Atletismo no campo da organização metodológica do treino, bem como a facilidade de evidenciação das capacidades motoras que lhe são inerentes e que têm correspondência com outros desportos, tem levado ao desenvolvimento de modelos de treino e controle decalcados do Atletismo.

Tal situação também se verifica no futebol, com maior incidência naquelas equipas cujo departamento técnico é integrado pelo denominado preparador físico.

A abordagem correcta do desenvolvimento da condição física do futebolista, pressupõe dois momentos: um de desenvolvimento geral, em que os meios inespecíficos de treino ganham importância, e outro de potenciação específica, cuja prosecução de deve alicerçar nos fundamentos do jogo.

Os contributos teóricos e metodológicos para o desenvolvimento da condição física do futebolista são vários (Ferrández,1986; Carrillo,1982; Seguí,1981), normalmente pondo a ênfase no treino inespecífico.

Desde 1983 que a obra de Carlos Alvarez del Villar "La preparacion fisica del futbol basada en el atletismo", tem sido utilizada por alguns técnicos de futebol, como referência para o treino.

As concepções metodológicas de Villar alicerçam-se nas similitudes estruturais (biomecânicas) entre alguns "skills" do futebol e do atletismo.

Será que além da correspondência biomecânica outras correspondências se poderão encontrar entre os atletas das duas modalidades desportivas ?

Este trabalho consubstancia-se na procura de eventuais similitudes fisiológicas, somáticas e motoras, que apoiem a utilização de alguns modelos de treino no futebol retirados do atletismo.

## 2.2. Objectivo Principal

**Estudo Comparativo do Perfil Fisiológico, Antropométrico e Motor do Jogador de Futebol Senior Profissional de diferentes níveis competitivos com os vários Especialistas de Corridas do Atletismo.**

Procurar-se-ão evidenciar as semelhanças ou dissemelhanças somáticas e funcionais entre futebolistas e velocistas, meio-fundistas e fundistas do Atletismo, a partir da análise dos seguintes indicadores:

- Consumo máximo de oxigénio
- Velocidade atingida ao nível do $VO_2max$
- Frequência cardíaca em teste ergométrico máximo
- Expressão da cinética do lactato sanguíneo após prova de esforço máxima
- Limiar anaeróbio ventilatório determinado em teste ergométrico
- Economia de corrida, determinada pela medição de um indicador ventilatório ($VO_2$), às velocidades de 16 e 20 $km.h^{-1}$
- Avaliação da composição corporal
- Determinação do somatótipo
- Avaliação da força explosiva dos membros inferiores

## 2.3. Objectivos Secundários

De acordo com os pressupostos teóricos inseridos na introdução procurar-se-á, através deste estudo, dar um contributo para a caracterização (a partir dos indicadores referidos no ponto 2.2.) dos futebolistas portugueses.

### 2.3.1. Caracterização fisiológica, antropométrica e motora de jogadores de futebol da 1ª Divisão, Divisão de Honra, 2ª Divisão e 3ª Divisão. Análise comparativa com base em vários indicadores.

Tentaremos, com base nos dados recolhidos, evidenciar uma eventual correspondência entre o nível competitivo das várias equipas que serviram como amostra, e a caracterização específica a partir dos indicadores fisiológicos, antropométricos e motores.

De igual forma procuraremos estabelecer o perfil global diferenciador dos futebolistas, à luz da respectiva especialização funcional.

### 2.3.2. Caracterização fisiológica, antropométrica e motora de velocistas, meio-fundistas e fundistas do Atletismo. Análise comparativa com base em vários indicadores.

Visar-se-à a caracterização fisiológica, antropométrica e motora dos vários especialistas das corridas do Atletismo. Tentaremos de igual forma definir o perfil competitivo dentro de cada amostra, a partir dos dados estudados. Foi preocupação do estudo conseguir praticantes de Atletismo do mais alto nível nacional, permitindo assim estabelecer valores de referência dentro de cada grupo particular, antes mesmo das comparações intra-grupais.

Tentaremos de igual forma vislumbrar dentro de cada sub-amostra, os marcadores que eventualmente diferenciem o nível de competitivo.

# 3. Revisão da literatura

## 3.1. Antropometria

A antropometria consubstancia um ramo de estudo do homem, com múltiplas implicações, e que pode funcionar como instrumento heurístico se soubermos relativizar a importância dos dados obtidos.

A Antropometria não é uma ciência, mas somente um conjunto de técnicas que devem ser vistas como um meio, e não como um fim em si mesmas. A excessiva valorização da antropometria retira-lhe validade científica, já que deve ser considerada como instrumento útil de análise e validada na consciência dos seus limites e insuficiências.

As técnicas e instrumentos de análise antropométricos permitirão acrescentar selectividade na penetração cognitiva do fenómeno humano, neste caso particular desportivo, permitindo inteligir correlações, similitudes ou diferenciações que permitirão uma melhor caracterização das populações (amostras) que se pretendem estudar.

No campo específico do desporto a análise sistemática dos parâmetros antropométricos permite-nos ainda estabelecer algumas associações entre a especificidade funcional de cada atleta e as respectivas características dimensionais. Em algumas modalidades desportivas (e.g. culturismo), emerge, claramente, uma correlação entre o perfil configuracional dos atletas e a respectiva actividade. Noutras modalidades desportivas (e.g. futebol) não existe um caracterização somática específica.

De igual forma a análise do rendimento numa dada disciplina desportiva releva da importância dos factores antropométricos, não raras vezes instituídos como factores preditivos na detecção de talentos (Garganta,1992).

É preocupação deste estudo:

- identificar o tipo morfológico dos futebolistas portugueses, quer globalmente quer de acordo com a respectiva especificidade funcional
- identificar o tipo morfológico dos vários especialistas das corridas do atletismo
- tentar descortinar eventuais similitudes morfológicas entre os futebolistas e os vários especialistas das corridas do atletismo.

Conquanto no âmbito do Atletismo, e nos grupos que pretendemos estudar (fundistas, meio-fundistas e velocistas), a caracterização antropométrica em função da especialidade desenvolvida é mais facilmente exequível, no âmbito do Futebol a correlação entre a especialização funcional e o tipo somatotipológico é mais difícil de encontrar.

Julgamos, no entanto, que a especialização funcional no futebol apresenta uma certa correspondência com determinados perfis dimensionais, sendo de realçar os casos dos guarda-redes e defesas-centrais, que normalmente apresentam um morfótipo bem determinado.

Tentaremos demonstrar no decurso do trabalho a correspondência entre as especializações funcionais dos atletas em estudo e o desenvolvimento ou manifestação de um certo e determinado somatótipo, bem como a definição da composição corporal das populações em estudo.

### 3.1.1. Análise do somatótipo

#### 3.1.1.1. Determinação do somatótipo

Ao determinarmos o somatótipo estamos a definir o perfil morfológico global do indivíduo, ou seja, o seu tipo físico, cuja estrutura assenta no jogo de 3 variáveis, denominadas componentes primárias.

São elas (Sheldon,1940):

**Endomorfismo** - que evidencia o predomínio das vísceras digestivas e a tendência para a adiposidade (adiposidade relativa)

**Mesomorfismo** - que expressa a solidez esquelética e o perfil da musculatura (muscularidade relativa)

**Ectomorfismo** - que indicia o predomínio da linearidade e a fragilidade estrutural (linearidade relativa).

O somatótipo é estabelecido a partir da análise das 3 componentes primárias (Endo, Meso e Ectomorfismo), expressas em séries de 3 algarismos que representam pesos ou cotações encontrados para as componentes primárias (Sobral,1985).

As fórmulas desenvolvidas para o cálculo das componentes primárias do somatótipo serão apresentadas no capítulo de material e métodos.

O valor de cada componente expressa a força específica na relação com as outras duas. Embora partindo da hipótese dos limites superiores da escala de valores poderem ser ultrapassados, os dados obtidos pelos vários estudos situam-se segundo Carter e Heath (1990):

- Endomorfismo 0.5 a 16
- Mesomorfismo 0.5 a 12
- Ectomorfismo 0.5 a 9

Na consideração global das 3 componentes, considera-se como valores baixos os que fiquem entre 0.5 e 2.5; valores médios entre 3 e 5; valores altos entre 5.5 e 7; acima de 7 os valores são considerados como extremamente altos.

A título explicativo apresentamos o exemplo indicado por Carter e Heath (1990), que nos permite vislumbrar a localização das variáveis primárias em função de um tipo físico específico.

Quadro 1. O peso como factor discriminativo de dois somatótipos (Carter e Heath,1990)

| Factores | Sujeito A | Sujeito B |
|---|---|---|
| Altura (cm) | 175.0 | 175.0 |
| % Gordura | 5% | 5% |
| % Massa Magra | 95% | 95% |
| Peso (kg) | 71 | 48 |
| IPR (Índice ponderal recíproco)* | 43.0 | 48.27 |
| Somatótipo | 1 - **6** - 2 | 1 - 2 - **6** |

* IPR = Altura (cm) / raís cúbica do Peso (kg)

O índice ponderal recíproco (IPR) é tanto maior, quanto mais baixo e pesado for o sujeito. Este índice expressa a relação do peso com a altura.

Apresentam-se de seguida, alguns índices ponderais recíprocos de vários sujeitos, em que se vislumbram algumas relações estabelecidas entre os dados antropométricos e somatotipológicos. Podemos verificar a relação entre alguns valores extremos do somatótipo com o índice ponderal recíproco. Este índice, por si só, não consegue caracterizar plenamente um sujeito.

Quadro 2. Relação entre o somatótipo e o índice ponderal recíproco (Carter e Heath,1990)

| Altura | Peso | Somatótipo | IPR |
|---|---|---|---|
| 182.5 | 51.4 | 1.5 - 2.0 - **8.0** | 49.09 |
| 173.2 | 80.7 | 2.0 - **8.0** - 1.0 | 40.09 |
| 161.7 | 86.2 | **10.0** - 5.5 - 0.5 | 36.61 |
| 171.5 | 100.5 | 4.0 - **9.0** - 0.5 | 36.89 |

Numa amostra homogénea o IPR varia pouco. No entanto como podemos verificar no quadro 2, o mesmo índice ponderal pode corresponder a um sujeito obeso em extremo ou a um sujeito de marcado perfil atlético. O índice ponderal recíproco nos denominados jogos desportivos colectivos apresenta pouca variabilidade. Por exemplo, o IPR de várias amostras de jogadores europeus e latino-americanos de futebol situa-se entre os 42.0 e os 42.2.

Quanto à análise somatotipológica, importa referir que existem diversas variáveis secundárias que podem afectar a avaliação de um sujeito, embora o método de Heath e Carter, por nós utilizado, não entre em linha de conta com estas **variáveis secundárias** para a referida avaliação.

Segundo Carter e Heath (1990) podemos apontar as seguintes:

**Displasia** - corresponde à desarmonia entre regiões corporais. O corpo pode ter um somatótipo no tronco e pernas e outro na cabeça e pescoço.

**Ginandromorfismo** - assenta na expressão bisexual de um corpo

**Textura** - corresponde à descrição da harmonia física, simetria e beleza

**Hirsutismo** - índice de pilosidade corporal.

Embora, estas variáveis secundárias não tenham interferência directa na definição e cálculo do somatótipo, podem alterar o perfil configuracional, já que o somatótipo consubstancia o jogo harmonioso das várias dimensões corporais.

O método para o cálculo do somatótipo utilizado no presente estudo, é o proposto por Heath e Carter, já que a expressão do seu ecumenismo é um factor a ter em conta, e que nos permite uma amplitude de comparações que de todo interessa a um trabalho de índole científica.

De acordo com Carter e Heath (1990), a partir das projecções na somatocarta podemos estabelecer as seguintes 13 categorias somatotípicas:

**Endomorfo Equilibrado** - endomorfismo é dominante; mesomorfismo e ectomorfismo são iguais (ou não diferem mais de 0,5)

**Mesomórfico endomorfo** - endomorfismo é dominante; mesomorfismo é maior que ectomorfismo

**Mesomorfo-endomorfo** - endomorfismo e mesomorfismo são iguais (ou não diferem mais de 0,5); ectomorfismo é menor

**Endomórfico mesomorfo** - mesomorfismo é dominante; endomorfismo é maior que ectomorfismo

**Mesomorfo Equilibrado** - mesomorfismo é dominante; endomorfismo e ectomorfismo são menores e iguais (ou não diferem mais que 0,5)

**Ectomórfico mesomorfo** - mesomorfismo é dominante; ectomorfismo maior que endomorfismo

**Mesomorfo-ectomorfo** - mesomorfismo e ectomorfismo são iguais (ou não diferem mais de 0,5); endomorfismo é menor

**Mesomórfico ectomorfo** - ectomorfismo é dominante; mesomorfismo é maior que endomorfismo

**Ectomorfo Equilibrado** - ectomorfismo é dominante; endomorfismo e mesomorfismo são menores e iguais (ou não diferem mais de 0,5)

**Endomórfico ectomorfo** - ectomorfismo é dominante; endomorfismo é maior que o mesomorfismo

**Endomorfo-ectomorfo** - endomorfismo e ectomorfismo são iguais (ou não diferem mais de 0,5); mesomorfismo é menor

**Ectomórfico endomorfo** - endomorfismo é dominante; ectomorfismo é maior que o mesomorfismo

**Central** - nenhuma componente excede em mais de um ponto qualquer das outras; todas as componentes têm valores compreendidos entre 2 e 4.

### 3.1.1.2. Classificação somatotipológica em vários desportos

Uma das constatações óbvias na análise somática do desporto, diz respeito à abrangência que o caracteriza. No culturismo, no salto em altura e nas corridas de fundo, o perfil somático dos atletas é nitidamente diferenciador, o que consubstancia a especificidade dessas modalidades. No entanto quando consideramos os vários desportos como um todo, essas diferenças esbatem-se.

Atentemos nos dados que a literatura nos carreia.

A distribuição somatotípica dos atletas pertencentes às diferentes modalidades do programa olímpico (Jogos de 1968 e 1976), encontrava-se nos seguintes valores médios: 2.0-5.0-2.5. Cerca de 50% da amostra enquadravam-se dentro destes valores médios (Carter e Heath,1990).

Brief (1986) verificou os mesmos valores médios de somatótipo (2.0-5.0-2.5) para os atletas de 10 desportos nos IX Jogos Bolivarianos da Juventude (Venezuela).

Embora se aceite como natural uma grande variabilidade entre os atletas das várias modalidades desportivas, salienta-se dos dados atrás apresentados a prevalência do mesomorfismo na população de atletas. Os dados indiciam que da prática desportiva emerge, em maior ou menor grau, uma clara expressão de muscularidade.

Se nos reportarmos, a algumas modalidades em particular, denota-se um perfil somático perfeitamente diferenciador quanto a outras modalidades; no entanto, dentro de cada modalidade a variabilidade do somatótipo é reduzida.

Os dados obtidos no Campeonato do Mundo Amador de Culturismo, realizado no Egipto, permitiram estabelecer que, malgrado as diferenças entre peso e altura entre as várias classes (4) em competição, o somatótipo era idêntico (Carter e Heath,1990).

Um culturista com uma cotação inferior a 8 para a componente mesomorfa não tem grandes hipóteses de êxito, em qualquer classe. De igual forma um endomorfismo igual ou superior a 2, não dá grandes hipóteses de êxito a um culturista em competição (Carter e Heath,1990).

O Mr. USA Profissional 1975 apresentava um somatótipo de 1.5-9.5-1.0.

Apresentam-se de seguida alguns valores de referência:

Quadro 3. Perfil somatotípico relativo a várias modalidades desportivas (Carter e Heath,1990)

| Amostra | n | Endo | Meso | Ecto |
|---|---|---|---|---|
| Canoagem (J.O. México e Montreal) | 61 | 1.8 | 5.4 | 2.6 |
| Culturismo (Camp. Mundo 1981-Cairo) | 66 | 1.6 | 8.7 | 1.2 |
| Basquetebol (J.O. México) | 63 | 2.0 | 4.3 | 3.5 |
| Ginástica (J.O. Montreal) | 11 | 1.4 | 5.8 | 2.5 |
| Andebol (Equipa Nacional 1977) | 16 | 2.0 | 5.1 | 2.8 |
| Hóquei em Campo (Índia,1984) | 30 | 3.2 | 3.8 | 2.7 |
| Judo (J.O. Montreal) Classe 60-79,9 kg | 9 | 1.9 | 6.4 | 1.5 |
| Classe 80-89,9 kg | 4 | 2.2 | 6.5 | 1.2 |
| Remo (C.Mundo 1985) Pesos Ligeiros | 144 | 1.6 | 4.0 | 3.4 |
| (Austrália 1986) Pesos Pesados | 7 | 2.0 | 5.2 | 3.0 |
| Voleibol (Olímpicos USA - 1983) | 13 | 2.3 | 4.4 | 3.4 |
| Ténis (Profissionais,1977) | 33 | 2.2 | 4.6 | 3.0 |
| Ciclismo (J.O. México e Montreal) | 118 | 1.8 | 5.0 | 2.8 |

A análise somatotipológica ganha importância heurística, quer pelas relações que estabelece quer como factor preditivo.

Passamos a sumarizar os aspectos que segundo Carter e Heath (1990) apresentam relevância na análise do somatótipo:

1. Uma dada modalidade desportiva induz um certo padrão somatotípico correlacionado positivamente com a *performance*.

2. Em várias modalidades desportivas os atletas de elite são mais mesomórficos e menos endomórficos que os grupos de não-atletas de referência.

3. Em alguns desportos, os atletas apresentam um somatótipo bem definido; noutros denota-se uma grande dispersão entre somatótipos (e.g. futebol e atletismo), com casos extremos como poderemos analisar no decurso deste estudo.

4. A amplitude de variação de somatótipos é maior nos jogos desportivos colectivos que nos desportos individuais. Isto devido à especialização funcional de cada atleta.

5. Quanto maior for o nível competitivo dentro de um desporto menores serão as variações entre somatótipos.

6. Os somatótipos dos jovens atletas de elite são similares aos dos adultos de igual nível. Apresentam, no entanto, uma menor tendência para a mesomorfia (rapazes) e para a endomorfia (raparigas). Quer os rapazes quer as raparigas são mais ectomórficos que os adultos.

Apresenta-se como referência o perfil somatotípico de algumas populações de desportistas jovens portugueses:

Quadro 4. Perfil somatotípico médio de desportistas juniores portugueses, do sexo masculino e de diferentes modalidades desportivas

| Amostra | n | Endo | Meso | Ecto | Autor |
|---|---|---|---|---|---|
| Voleibol Elite | 13 | 2.2 | 3.8 | 3.1 | Janeira et al.,1991 |
| Basquetebol Elite | 21 | 2.0 | 3.8 | 4.2 | Janeira et al.,1991 |
| Futebol Elite | 20 | 2.3 | 4.8 | 2.5 | Garganta, 1991 |

Da análise do quadro anterior ressalta o índice de muscularidade dos futebolistas e a expressiva linearidade dos basquetebolistas, o que está de acordo com caracterização somática específica dessas modalidades desportivas.

A manifestação de altos índices de robustez muscular no futebol começam nos escalões etários mais jovens. Os dados de Viviani e Casagrande (1991) comprovam essa asserção. Verifica-se de igual forma, nos desportistas jovens, valores médios mais baixos de endomorfia, o que está de acordo com estudos por nós realizados (Santos,1994).

Quadro 5. Perfil somatotípico médio de jovens futebolistas italianos de alto nível (Viviani e Casagrande,1991)

| Idade | n | Endo | Meso | Ecto |
|---|---|---|---|---|
| 13.08 ± 0.5 | 50 | 1.9 ± 0.7 | 4.4 ± 1.0 | 3.2 ± 0.9 |

7. A alimentação, o treino e o crescimento podem alterar o somatótipo.

8. Os testes de condição física tendem a correlacionar-se positivamente com o mesomorfismo, negativamente com o endomorfismo e variavelmente com o ectomorfismo. Uns somatótipos estão mais correlacionados com a força, outros com a velocidade e outros com a resistência.

9. Não existe nenhuma relação entre o somatótipo e a flexibilidade e coordenação neuro-muscular.

10. O somatótipo é útil, como base de aconselhamento de jovens na escolha duma actividade desportiva para a qual apresentam um perfil mais adaptado, e, onde podem obter à partida mais rendimento.

### 3.1.1.3. Análise do somatótipo do futebol

Como podemos averiguar no concernente à caracterização somática dos futebolistas jovens, nos adultos, os dados carreados pelos vários estudos indiciam uma superior expressão da componente mesomorfa do somatótipo.

O estudo da dispersão em volta da primeira (endo) e terceira (ecto) componentes do somatótipo, pode-nos fornecer alguns indicadores acerca da especialização funcional dos jogadores de futebol, já que existe uma tendência generalizada dos atletas para o mesomorfismo.

É lógico que a expressão do mesomorfismo será tanto mais acentuada quanto maior a importância dada a alguns factores de treino (e.g.treino de força), bem como do processo de desenvolvimento desportivo desde a infância (excluindo como é óbvio a influência das determinantes genéticas).

Apresentamos de seguida alguns valores de somatótipo em futebolistas de acordo com a posição em jogo.

Quadro 6. Perfil somatotípico do futebol em função da especialização funcional (Ramadan e Byrd,1987)

| | Defesas | Médios | Avançados |
|---|---|---|---|
| **Endomorfismo** | 2.00 ± 0.29 | 1.63 ± 0.25 | 2.10 ± 0.55 |
| **Mesomorfismo** | 4.19 ± 0.70 | 4.63 ± 0.43 | 4.45 ± 0.65 |
| **Ectomorfismo** | 2.29 ± 0.39 | 2.38 ± 1.11 | 1.90 ± 0.82 |

Pela análise do quadro 6 podemos constatar os valores muito baixos de ectomorfismo dos avançados da selecção do Kuwaite, o que indicia menores valores de altura em relação aos restantes jogadores. O perfil somatotípico dos jogadores asiáticos é diferente do dos europeus, como podemos verificar, ao compararmos com o quadro que se segue.

Quadro 7. Perfil somatotípico de futebolistas colegiais em função da especialização funcional (Bell e Rhodes,1975)

| | Defesas n = 20 | Médios n = 18 | Avançados n = 16 |
|---|---|---|---|
| **Endomorfismo** | 3.0 | 3.0 | 3.0 |
| **Mesomorfismo** | 5.0 | 5.0 | 4.5 |
| **Ectomorfismo** | 2.5 | 2.5 | 3.0 |

De igual forma à caracterização global dos futebolistas verifica-se uma tendência para o mesomorfismo nos futebolistas colegiais ingleses. No entanto, são de salientar os altos valores médios da componente endomorfa do somatótipo, que indicam uma percentagem elevada de gordura corporal.

Embora, o aumento da idade atenue a expressão da linearidade e acentue os índices de adiposidade, como podemos averiguar no quadro 7 os valores de endomorfia dos jovens futebolistas ingleses extravasam da normalidade da população global de futebolistas.

Quadro 8. Perfil somatotípico de futebolistas jovens e elite junior

| Amostra | n | Idade (anos) | Altura (cm) | Peso (kg) | Endo | Meso | Ecto | Autor |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Futebolistas Jovens Itália | 50 | 13.1 ± 0.5 | 158.0 ± 8.7 | 49.7 ± 8.9 | 1.9 ± 0.7 | 4.5 ± 1.0 | 3.2 ± 0.9 | Vivianni e Casagrande (1991) |
| Elite-Junior Portugal | 20 | 16.1 ± 0.4 | 171.1 ± 4.5 | 65.8 ± 5.1 | 2.3 ± 0.5 | 4.8 ± 0.7 | 2.5 ± 0.5 | Garganta (1991) |

Podemos constatar que quanto mais jovem, menor é a expressão do endomorfismo. Ao compararmos os colegiais ingleses com a elite portuguesa, verificamos que o endomorfismo é a única componente do somatótipo que os diferencia. Isto pode indiciar diferentes níveis competitivos, diferenças ao nível de treino e/ou empenhamento social na actividade.

Centremos seguidamente a nossa análise no somatótipo de várias equipas seniores de diferente nível competitivo.

Quadro 9. Perfil somatotípico de futebolistas de diferentes países

| Amostras | Endo | Meso | Ecto | Autor |
|---|---|---|---|---|
| Checoslováquia 1ª Div. (1968) | 2.3 ± 0.9 | 5.9 ± 0.8 | 2.0 ± 0.7 | Stepnicka (1977) |
| Kuwaite Equipa Nacional | 2.1 ± 0.5 | 4.5 ± 0.7 | 2.1 ± 0.8 | Ramadan e Byrd (1987) |
| Inglaterra 1ª Divisão | 2.6 ± 0.2 | 4.2 ± 0.2 | 2.7 ± 0.2 | White et al. (1988) |
| Hungria Elite | 2.1 | 5.1 | 2.3 | Apor (1988) |
| Itália 1ª Divisão | 1.9 | 4.7 | 2.5 | Viviani e Casagrande (1991) |
| Brasil Profissionais | 2.8 ± 1.0 | 4.2 ± 1.1 | 2.1 ± 1.0 | Pinto (1978) |
| Brasil Equipa Nacional | 2.6 ± 0.6 | 4.7 ± 1.1 | 2.3 ± 0.8 | De Rose et al. (1983) |
| Brasil Profissionais | 2.2 | 4.8 | 2.3 | Matsudo (1986) |

A variabilidade no somatótipo expressa no quadro acima apresentado apresenta géneses múltiplas. Ao analisarmos o somatótipo das várias equipas de futebol constantes do quadro anterior, e relacionando-o com o correspondente aos futebolistas mais jovens, podemos retirar algumas ilacções:

1ª Existe um perfil médio somatotípico mais ou menos estável para o mesmo nível competitivo

2ª Quanto mais jovem é o atleta, maior expressão tem a componente ectomorfa e menos a endomorfa

3ª A elite junior apresenta valores médios de somatótipo semelhantes à elite senior
4ª Os futebolistas do leste europeu apresentam uma tendência mesomorfa muito marcante, do que os restantes futebolistas, o que indicia preocupação elementares com o treino da força
5ª O futebol dito tecnicista (Brasil) alterou em 8 anos a filosofia do treino, com potenciação inequívoca dos factores físicos da *performance*, que se reflectem nas alterações do somatótipo. Actualmente os jogadores brasileiros são menos gordos, mais altos e de superior robustez muscular
6ª Os valores de endomorfismo, em geral, serão tanto mais baixos quanto mais alto o nível competitivo, o que está de acordo com o expresso na literatura em relação a outras modalidades desportivas.

### 3.1.1.4. Análise do somatótipo no atletismo

A análise somatotipológica das várias populações integrantes do atletismo evidencia as diferenças de configuração corporal das várias especialidades.

Se dividirmos as várias especialidades do atletismo em 4 grandes grupos (corridas de velocidade, corridas longas, saltos e lançamentos) conseguem-se detectar algumas diferenças somáticas, que são mais evidentes no caso dos lançadores.

Atentemos no quadro que se segue:

Quadro 10. Valores médios do somatótipo no Atletismo (Adaptado de Carter e Heath,1990)

| Amostra | n | Endo | Meso | Ecto |
|---|---|---|---|---|
| Atletismo (Olímpicos 1960,1968 e1976) | | | | |
| 100m, 200m, 110 MB | 107 | 1.7 | 5.2 | 2.8 |
| 400m, 400 MB | 64 | 1.5 | 4.6 | 3.4 |
| 800m, 1500m | 56 | 1.5 | 4.3 | 3.6 |
| 3000m, 5000m, 10.000m | 58 | 1.4 | 4.2 | 3.7 |
| Maratona | 32 | 1.4 | 4.4 | 3.4 |
| Peso, Disco e Martelo | 28 | 3.2 | 7.1 | 1.1 |

Da análise do quadro anterior salientam-se os valores elevados dos lançadores, similares aos dos culturistas, mas que se diferenciam destes no respeitante aos valores da componente endomorfa. Tal facto é natural, já que a eficiência biomecânica dos lançamentos é conseguida, em parte, à custa do peso dos lançadores, peso esse que é conseguido não só à custa da massa magra potenciada pelo trabalho de musculação, mas também pelo acúmulo duma certa quantidade de gordura corporal.

Nos especialistas das várias corridas denotamos, normalmente, uma atenuação do perfil endomorfo que se relaciona com a extensão da prova. Os velocistas apresentam um perfil mesomorfo mais nítido que os meio-fundistas e fundistas, enquanto os índices de ectomorfismo, só diferenciam com clareza os especialistas de 100, 200 e 110 MB.

Outros estudos, apresentam resultados similares aos do estudo de Carter e Heath (1990).

Quadro 11. Valores médios do somatótipo no Atletismo

| Amostra | n | Somatótipo | Autor |
|---|---|---|---|
| Corredores (global) | 12 | 1.4 - 3.6 - 3.3 | Viviani e Casagrande (1991) |
| Lançadores italianos | 10 | 2.9 - 5.9 - 1.1 | " |
| Fundistas Olímpicos | 34 | 1.5 - 4.6 - 3.6 | Carter, 1970 |
| Velocistas (100, 200 m) | 31 | 1.8 - 5.3 - 3.0 | Stepnicka, 1986 |
| Salto em Altura | 15 | 1.6 - 5.5 - 2.8 | " |
| Salto em comprimento | 10 | 2.1 - 5.7 - 2.8 | " |
| Peso | 9 | 3.6 - 7.3 - 1.0 | " |
| Martelo | 8 | 3.3 - 6.7 - 1.6 | " |
| Disco | 5 | 3.5 - 6.3 - 1.6 | " |
| Dardo | 5 | 2.7 - 6.1 - 1.9 | " |
| Meio-fundistas juniores | 47 | 2.1 - 3.7 - 4.2 | Thorland et al.,1981 |
| Velocistas juniores | 24 | 2.3 - 4.5 - 3.4 | " |
| Lançadores juniores | 18 | 3.9 - 5.8 - 2.1 | " |
| Saltadores juniores | 16 | 2.4 - 4.2 - 4.0 | " |

Da análise do quadro anterior salientam-se as seguintes verificações:

- o perfil somático distinto dos lançadores em relação aos outros especialistas do atletismo
- expressão do ectomorfismo mais acentuada nos atletas mais jovens, facto que se evidencia de igual forma noutras modalidades desportivas
- o agrupamento dos vários especialistas das corridas do atletismo num só grupo, escamoteia a caracterização somática específica de cada especialidade.

### 3.1.2. Composição corporal

Vários estudos epidemiológicos relacionam a obesidade com uma série de doenças (e.g. hipertensão, diabetes mellitus, doença cardíaca coronária, ansiedade, depressão, diminuição da tolerância ao calor, bem

como certas anormalidades bioquímicas e metabólicas), pelo que o estabelecimento do perfil corporal de um indivíduo é fundamental para o conhecimento do seu nível de obesidade, bem como dos perigos que lhe estão inerentes (Pollock e Jackson,1984).

No âmbito desportivo o excesso de gordura está relacionado com uma maior susceptibilidade para as lesões, bem como com uma maior dificuldade de obter uma boa condição física.

Assim, a avaliação da composição corporal é um importante indicador relativo à prestação atlética, já que o excesso de peso supérfluo agrava os gastos energéticos, dificulta a coordenação e diminui o rendimento.

No entanto uma relação clara entre a composição corporal óptima e o rendimento desportivo ainda é difícil de estabelecer, já que embora exista um largo acervo de resultados que caracterizam a composição corporal dos desportistas, torna-se difícil validar esses dados em função da disparidade de fórmulas e metodologias utilizadas na recolha e análise dos dados. Acresce a isto a dificuldade de determinar quais os limites óptimos de gordura corporal para uma dada modalidade desportiva (Jackson e Pollock,1982).

A utilização de uma dada fórmula para a detecção da composição corporal no desporto, é específica para uma dada população (Jackson,1984), o que dificulta imenso as possibilidades de comparação entre modalidades desportivas.

Acresce a isto, a dificuldade emergente das manipulações, umas voluntárias outras involuntárias que dificultam a validação quer dos dados quer dos métodos experimentais (Pollock e Jackson,1984).

No momento actual, devido às dificuldades operativas e de concepção, as conclusões dos vários estudos devem ser estabelecidas com todo o cuidado.

Tomemos como exemplo o caso dos nadadores. Em termos gerais, é aceite como natural, que o índice de gordura está correlacionado negativamente com a *performance*; no entanto parece que uma certa percentagem de gordura é benéfica aos nadadores, pois a diminuição da densidade vai-lhes melhorar os níveis de flutuabilidade.

No entanto verificaram-se duas constatações aparentemente contraditórias ( Sinning et al.,1984; Pendergast et al.,1978):

1ª Entre os nadadores, os mais aptos apresentavam menor índice de gordura

2ª Entre os nadadores-maratonistas os mais eficientes são as mulheres, que apresentam maior percentagem de gordura corporal.

A análise do processo de averiguação da composição corporal permite-nos constatar duas dificuldades:

- uma relacionada com os problemas metodológicos
- uma segunda, com o processo de validação dos dados.

Não será no entanto difícil de estabelecer uma correlação positiva entre a percentagem de massa magra e a *performance* na maioria dos desportos, já que, quanto menor for o peso supérfluo de um atleta mais económico ele será.

Importa referir que a composição corporal dos atletas é, não só, afectada pelos factores do envolvimento (e.g. o treino) como por outro conjunto de factores a que chamaremos biológicos (e.g. a matriz genética).

A idade, sexo e raça afectam indubitavelmente o perfil de composição corporal, quer de atletas quer de não atletas.

Malina et al. (1982) procuraram hierarquizar os diferentes factores, intervenientes na determinação da composição corporal de vários atletas olímpicos (309 homens de 46 países e 147 mulheres de 25 países).

Encontraram duas componentes principais:

1. **Gordura**, expressa pelo somatório de 6 pregas cutâneas
2. **Padrão anatómico da distribuição da gordura** (relação extremidades/tronco).

O tratamento estatístico dos resultados exprimiu:

As variações da primeira componente principal são explicadas da seguinte forma:

**Sexo** - explica 22 a 31% da variação
**Desporto** - 19%
**Raça** - 3%
**Idade** - 1 a 3%

As variações da segunda componente principal, justificam-se:

**Sexo** - 28 a 35%
**Idade** - 4 a 7%
**Raça** - 2%
**Desporto** - 2%

Os resultados sugerem que:

A - As diferenciações sexuais constituem-se como o factor dominante na definição da composição corporal dos atletas

B - A actividade desportiva (e o treino consequente) é um factor muito importante na definição do perfil de obesidade (e massa magra) nos atletas.

C- A idade parece alterar o padrão de distribuição anatómica do tecido adiposo subcutâneo. Importa, no entanto, referir que enquanto os corredores, velocistas e saltadores apresentam um padrão de gordura mais centrado no tronco, os nadadores apresentam o padrão de gordura mais centrado nas extremidades (Malina et al.,1982).

Neste aspecto particular do nosso estudo, além da comparação entre os grupos por nós escolhidos, procuraremos estabelecer comparações com outras amostras (nacionais e internacionais) bem como com outras modalidades desportivas.

### 3.1.2.1. Determinação da composição corporal

A avaliação da composição corporal tem como objectivo determinar as várias componentes estruturais do corpo humano. Podemos evidenciar 3 grandes componentes, que se constituem como estrutura-base do corpo (Ward et al.,1984):

- Massa Muscular (composta por 72% de água, 20% de proteínas, minerais e ácidos gordos)
- Massa Óssea (basicamente composta por minerais e água, a que se acresce uma dada percentagem de proteínas e gordura)
- Massa Gorda (composta numa percentagem muito importante (60-95%) de ácidos gordos e água).

A Massa Gorda, objecto de múltiplas avaliações pela sua importância epidemiológica, é de todas as componentes estruturais do corpo aquela com maior índice de variabilidade. É constituída por dois depósitos básicos (Katch e Katch,1984):

• Gordura Essencial, situada na medula óssea, cérebro e restantes orgãos de regulação da homeostasia corporal. Existem dificuldades óbvias em determiná-la com exactidão; estima-se em cerca de 3% nos homens e 12% nas mulheres.

• Gordura Armazenada, composta pelos depósitos de tecido adiposo, espalhados um pouco por todo o corpo. É uma reserva nutricional e protectora. Engloba o tecido gordo que envolve os vários orgãos, protegendo-os de eventuais traumatismos, e o panículo adiposo subcutâneo. Esta gordura armazenada é estimada em cerca de 12% para os homens e 15% para as mulheres.

A avaliação das várias componentes do corpo humano tem manifesta importância nos mais variados campos. No entanto, tal tarefa não é fácil de realizar, pelo menos com as metodologias actuais, já que se cada compartimento, tecido ou orgão apresenta uma composição química invariante quanto aos seus elementos constitutivos, no concernente às percentagens com que cada elemento entra na composição dos vários tecidos, denota-se uma manifesta variabilidade.

Pese embora essa constatação, alguns métodos de avaliação corporal apresentam uma satisfatória fiabilidade, e podem-se constituir como instrumentos úteis de estudo e investigação.

Existem várias concepções para a compartimentação do corpo (Maia,1989):

O **modelo de 2 compartimentos** que fracciona a massa corporal em Massa Magra e Massa Gorda.

O **modelo de 3 compartimentos** que fracciona a massa corporal em Massa Magra (Celular), Massa Gorda e Massa Residual ou, Massa Gorda, Massa Magra e Água Corporal Total.

O **modelo de 4 compartimentos** que fracciona a massa corporal em Massa Gorda, Massa Proteica, Massa Mineral e Água ou, Massa Gorda, Massa Muscular, Massa Óssea e Massa Residual.

O modelo de 2 compartimentos é o mais utilizado. Pese embora as críticas que lhe estão circunscritas (Wilmore,1983), apresenta uma capacidade operatória superior aos outros modelos (Ward et al,1984).

A determinação da composição corporal pode ser feita pelo Método Directo (que estuda os cadáveres por processos químicos) o que obviamente só nos interessa como referência, e por vários Métodos Indirectos.

Centralizando-nos nos métodos indirectos mais importantes, podemos subdividi-los segundo Maia (1989) em:

- Métodos Laboratoriais (e.g. Densitometria)
- Métodos Clínicos ou de Terreno (e.g. cálculo antropométrico da composição corporal).

Pensamos que o quadro de Lohman (1984) sintetiza os procedimentos técnicos circunscritos à avaliação das vários componentes da composição corporal, e cuja operacionalidade está inversamente relacionada com a "leveza" dos custos.

Quadro 12. Técnicas de medição de gordura, massa magra, músculo e osso (Lohman,1984)

| Gordura e Massa Magra | Músculo | Osso |
|---|---|---|
| Densitometria<br>Hidrometria<br>Espectrometria ($^{40}K$)<br>Ultrasons<br>Radiografia<br>Condutividade eléctrica<br>Activação neutrónica<br>RMN<br>Tomografia computarizada | Espectrometria ($^{40}K$)<br>Ultrasons<br>Radiografia<br>Activação neutrónica<br>RMN<br>Tomografia computarizada<br>Excreção de creatinina<br>Creatinina sérica<br>3-Metilhistidina urinária | Absorciometria fotónica<br>Radiografia<br>Activação neutrónica<br>RMN<br>Tomografia computarizada |

A imensa panóplia de técnicas, algumas das quais altamente sofisticadas e onerosas, demonstra a possibilidade hodierna de estimar com grande grau de fiabilidade a composição corporal, evitando os erros processuais inerentes aos métodos de terreno. No entanto a recorrência aos métodos antropométricos consubstancia a possibilidade de, duma forma mais expedita e menos dispendiosa atingir o mesmo desiderato.

## Densitometria

A utilização da densidade corporal para estimar a composição corporal tem a sua origem nos anos de 1930, quando a Marinha Norte-Americana desenvolveu um método prático para calcular a gordura

corporal em indivíduos engajados em testes de mergulho (Wilmore,1983). O método densitométrico utiliza a pesagem hidrostática, corrigindo o valor pelo volume de ar residual pulmonar e do trato gastrointestinal (Maia,1989).

Este método apresenta várias limitações, e a sua utilização redundou em resultados discrepantes, quando utilizados em populações diferentes. A densitometria, normalmente sobreestima a percentagem de gordura corporal quando comparada com a determinação por equações antropométricas (Wilmore,1983). O cálculo da percentagem de gordura a partir da densidade corporal, como no caso da proposta de Siri (1961) pode ter uma certa fiabilidade para algumas populações adultas, mas já não respeita a imaturidade química das crianças e jovens, como foi comprovado por Slaughter et al. (1988), pelo que a generalização da fórmulas não é recomendável.

As dificuldades de validação absoluta dos métodos densitométricos são uma realidade, já que segundo Wilmore et al. (1974) podem sobreestimar o cálculo da percentagem de gordura corporal, como de igual forma, podem encontrar valores de gordura negativos (Adams et al.,1982). Valores negativos de gordura são impossíveis, pois tal com Behnke e Wilmore (1974) sustenta, existe um mínimo indispensável (2 a 5%) de gordura, necessário para suster os processos vitais.

A densidade total do corpo está condicionada pela densidade específica de cada uma das suas componentes. Se considerarmos o modelo dos dois compartimentos (e.g. Massa Gorda e Massa Magra), pressupõe-se que (Wilmore,1983):

1º as densidades da gordura e massa magra são conhecidas

2º as densidades das componentes são relativamente constantes entre os indivíduos

3º as densidades dos vários tecidos constitutivos da massa magra (e.g. osso e músculo) são constantes intra e inter-indivíduos, e a sua contribuição proporcional para a estimação da densidade corporal permanece constante

4º que os sujeitos medidos, diferem do modelo de referência (*phantom* ) no qual a equação de cálculo é baseada, somente em relação aos depósitos de gordura.

Ora, estas considerações não são correctas, já que se a densidade da gordura corporal, em adultos, é relativamente constante (0.900 $g.cc^{-1}$) e independente do sexo e idade, quanto à densidade da massa magra, esta parece ser muito variável (Clark et al.,1993). Essa variabilidade assenta nas diferenças do perfil mineral e hídrico de jovens e idosos, o que pode levar a sobreestimativas da percentagem de gordura corporal (Wilmore et al.,1974; Slaughter et al.,1988). Estas considerações são reforçadas por Clark et al. (1993) que encontraram variações nítidas no conteúdo mineral dos ossos, mesmo em populações adultas (39.1 ± 14.0 anos).

Em atletas podem acontecer subestimações, já que a densidade da massa magra é maior do que a assumida pelas equações que calculam a densidade total corporal (Equações de Siri e Brozek). Estas equações (que utilizam o modelo de 2 compartimentos) não são generalizáveis para todas as populações, e Wilmore (1983) aconselha o abandono do modelo de dois compartimentos e a escolha de modelos mais sofisticados de 3 ou 4 compartimentos.

No entanto, como vimos atrás, as dificuldades operativas dos modelos de 3 e 4 compartimentos, bem como a generalização do modelo de 2 compartimentos, tem eligido este como método heurístico fundamental em variados estudos.

## Cálculo antropométrico da composição corporal

Os problemas metodológicos do cálculo da densidade corporal por métodos laboratoriais (pesagem hidrostática) levaram ao desenvolvimento de métodos mais simplificados. Brozek e Keys, em 1951, foram os primeiros a estabelecer uma equação de regressão para a predição da densidade corporal a partir de medidas antropométricas (Wilmore,1983).

O nó górdio da predição da C.C. por métodos antropométricos assenta na utilização de uma equação que permita estimar o valor da densidade corporal. Várias fórmulas foram desenvolvidas e todas elas questionadas, pelo que, de momento, se torna difícil o desenvolvimento de equações genéricas de aplicabilidade universal.

A estimação da composição corporal por métodos antropométricos, apoiou-se em duas vias:

- pelo cálculo de índices ponderais a partir do peso e altura
- pela utilização de pregas de adiposidade subcutânea, perímetros e circunferências, individualmente ou combinados.

Pollock e Jackson (1984) comprovaram que as medidas das pregas de adiposidade subcutânea, perímetros e circunferências constituem-se como indicadores mais fiáveis e precisos para a determinação da C.C. do que os índices que utilizam o peso e a altura.

Para os mesmos autores a correlação entre a estimação hidrostática da densidade corporal com o índice ponderal é de r = 0.70; no entanto se a correlação for estabelecida em relação às pregas de adiposidade subcutânea, consideradas quer isoladamente quer combinadas com as circunferências, o índice de correlação é muito maior. O erro-padrão é substancialmente maior quando correlacionamos o índice ponderal com a densidade corporal (hidrostática) do que quando correlacionamos as pregas de adiposidade subcutânea.

Podemos ver isso, no quadro que se segue.

Quadro 13. Correlação entre a determinação hidrostática da densidade corporal (DC) e variáveis antropométricas (Pollock e Jackson,1984)

| Variáveis | Amostra Feminina n = 249 | | | Amostra Masculina n = 308 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | r | Erro Padrão (DC) | Erro Padrão (% Gordura) | r | E.P. (DC) | E.P. (%Gord) |
| Idade | -0.35 | 0.015 | 6.7 | -0.38 | 0.017 | 7.4 |
| Altura | -0.08 | 0.016 | 7.2 | -0.01 | 0.018 | 8.0 |
| Peso | -0.63 | 0.012 | 5.6 | -0.62 | 0.014 | 6.3 |
| Índice Ponderal # | -0.70 | 0.011 | 5.1 | -0.69 | 0.013 | 5.8 |
| Soma de 7 P.A.S. | -0.85 | 0.008 | 3.8 | -0.88 | 0.009 | 3.8 |
| Soma de 3 P.A.S * | -0.84 | 0.009 | 3.9 | -0.89 | 0.008 | 3.6 |
| Soma de 3 P.A.S ** | -0.83 | 0.009 | 4.0 | -0.86 | 0.009 | 4.1 |

# Índice Ponderal = Peso/Alt$^2$ (peso em kg e altura em metros)
* Medidas das 3 pregas de adiposidade subcutânea
- mulheres (tricipital, suprailíaca e crural)
- homens (peitoral, abdominal e crural)
** Medidas das 3 pregas de adiposidade subcutânea
- mulheres (tricipital, abdominal e suprailíaca)
- homens (peitoral, tricipital e subescapular)

O problema emergente da estimação da composição corporal por métodos antropométricos, assenta na necessidade de determinar equações que levem em consideração as potenciais alterações induzidas pela idade ao nível da densidade da gordura (interna e externa) e do osso, bem como da relação não-linear entre a gordura expressa pelas pregas de adiposidade subcutânea e a densidade corporal (Pollock e Jackson,1984).

Outros problemas, que se podem constituir como fundamentais, dizem respeito à escolha dos instrumentos de medição, aos procedimentos, bem como aos erros inter-observadores, provocados pela selecção imprópria dos locais de medição e da própria alteração de procedimentos levados a cabo por cada observador (Murray e Shephard,1988). No entanto estes autores constataram uma melhor predição em relação ao critério densitométrico, no uso da medição das pregas de adiposidade subcutânea do que com outras medidas antropométricas (altura, massa corporal, circunferências do pescoço e abdominal) mesmo quando se reconhece que que a margem de erro (por variância intra e inter-individual do observador) é superior nas medições das pregas.

Pensamos, no entanto, que o problema operativo mais importante, relacionado com a utilização de equações antropométricas para a determinação da composição corporal, diz respeito ao facto de que essas equações só apresentam validade para as amostras donde derivam (Malina,1980; Wilmore,1983). Esta especificidade inviabiliza, ou pelo

menos diminui, a força heurística, de comparações entre amostras diferentes.

### 3.1.2.2. Composição corporal no futebol

É muito difícil, senão impossível, determinar o denominado "valor ideal de percentagem de gordura" para a população sedentária; essa dificuldade é acrescida para a população de desportistas, porque temos de relativizar os dados quer à eficiência mecânica quer às necessidades de apoio energético.

Existe, no entanto, uma clara relação, com relevância estatística, entre o perfil corporal de um atleta e a sua actividade desportiva (Malina,1982).

É lógico que a *performance* está relacionada com uma diversidade de factores, no entanto estudos antropológicos realizados em atletas olímpicos evidenciaram o seguinte (Maia,1989):

- A *performance* e o êxito desportivos estão associados a valores baixos de massa gorda (MG) e a valores elevados de massa magra (MM).
- Evidenciam-se as diferenças dos valores de composição corporal entre praticantes de diversas modalidades
- Em relação aos sujeitos sedentários os atletas apresentam valores substancialmente diferentes de composição corporal.

Ao fim de vários anos de prática de uma dada modalidade desportiva desenvolve-se um perfil corporal específico que se relaciona de certa forma com o rendimento desportivo. A nitidez dessas transformações varia em função da modalidade (e.g. é mais fácil desenvolver um perfil corporal facilmente caracterizável na ginástica do que no futebol).

A caracterização dos futebolistas a partir dos dados da composição corporal é difícil, devido à grande variabilidade interindividual, já que nesta modalidade não existe uma clara relação entre a função e o perfil configuracional dos atletas. De igual forma é difícil discernir os índices de correlação entre a estrutura corporal e a excelência performativa.

O quadro seguinte apresenta os valores médios de adiposidade subcutânea em várias amostras de futebolistas de diferente nível competitivo.

Quadro 14. Composição corporal de algumas equipas de futebol de diferente nível

| Autor | Nível Competitivo | n | Peso | Altura | % Gord. |
|---|---|---|---|---|---|
| Raven et al. (1976) | Profissionais USA | 18 | 75.7 ± 1.9 | 176.3 ± 1.2 | 9.59 ± 0.73 |
| Novak et al. (1978) | Olímpicos Marrocos | 9 | 71.8 ± 6.6 | 174.1 ± 8.1 | 6.2 ± 1.9 |
| De Rose et al. (1983) | Equipa Nacional Brasil- Mundial1982 | 20 | 73.4 ± 5.8 | 176.2 ± 6.2 | 11.9 |
| Mathur e Igbokwe (1983) | Universitários Nigéria | 18 | 68.9 ± 6.4 | 175.1 ± 5.2 | 10.5 ± 1.5 |
| Rhodes et al. (1986) | Equipa Olímpica Canadá | 16 | 72.6 ± 6.2 | 177.3 ± 6.5 | 9.8 ± 2.1 |
| Ramadan e Byrd (1987) | Equipa Nacional Kuwaite | 18 | | | 8.9 ± 2.7 |
| White et al. (1988) | Prof. 1ª Div. Ingl. (Pré-época) | 17 | 76.7 ± 1.5 | 180.4 ± 1.7 | 19.3 ± 0.6 |
| Bunc et al. (1991) | Internacional (Checoslováquia) | 15 | 78.7 ± 6.2 | 182.6 ± 5.5 | 8.1 ± 2.7 |
| Puga et al. (1993) | Prof. 1ª Div (Portugal) | 21 | 73.6 ± 6.4 | 177.4 ± 6.5 | 10.9 ± 1.3 |
| Brewer e Davis (1991) | Profissionais Inglaterra | 15 | 75.0 ± 8.5 | | 11.0 ± 3.1 |
| Brewer e Davis (1991) | Semi-Prof. Inglaterra | 12 | 82.7 ± 8.2 | | 15.2 ± 3.7 |
| Heller et al. (1991) | Prof.-1ª Divisão Checoslováquia | 12 | 75.6 ± 3.4 | 183.0 ± 3.5 | 6.5 ± 2.5 |
| Causarano et al., (1991) | Prof. 1ª Divisão Grécia | 17 | | | 8.9 ± 1.3 |
| Tokmakidis et al. (1991) | Prof.-1ª Divisão (Grécia) | 99 | 74.5 ± 5.5 | 178.2 ± 5.1 | 9.2 ± 1.6 |
| Rahkila e Luhtanen (1991) | Equipa Nacional Finlândia | 31 | 76.0 ± 7.3 | 180.4 ± 4.3 | 12.4 ± 2.8 |
| Chin et al. (1992) | Prof.-1ª Divisão (Hong-Kong) | 24 | 67.7 ± 5.0 | 173.4 ± 4.6 | 7.3 ± 3.0 |

O quadro 14 sintetiza o perfil da composição corporal de várias equipas. As grandes variações que existem em alguns casos, denunciam de algum modo, as diferenças metodológicas dos protocolos utilizados.

Verifica-se, no entanto, que as equipas com superior nível competitivo apresentam menor percentagem de gordura corporal, e isto independentemente do protocolo de análise utilizado.

É interessante verificar o elevado índice de gordura (pré-época) dos jogadores integrantes da equipa profissional inglesa estudada por White e colaboradores. Somos levados a pensar na existência de um erro de análise, pois os valores são anormalmente altos, e não existe correspondência com o somatótipo cuja componente endomórfica é relativamente baixa (2.6 ± 0.2). Daí o cuidado a ter na recolha e tratamento dos dados, para evitar estas disparidades.

A análise das variações do perfil corporal em relação com a função predominante do jogador no terreno de jogo, permite constatar uma certa homogeneidade dos futebolistas, com excepção dos guarda-redes. O

quadro que apresentamos de seguida diz respeito a jogadores de futebol colegiais da Grã-Bretanha, cuja média de idades ronda os 20 anos.

Quadro 15. Composição corporal de futebolistas colegiais de acordo com a função específica (Bell e Rhodes, 1975)

| Posição | n | Altura (cm) | Peso (kg) | % Gordura |
|---|---|---|---|---|
| Guarda-Redes | 7 | 180.3 | 80.8 | 16.9 |
| Defesas | 20 | 176.8 | 72.5 | 14.7 |
| Médios | 18 | 173.4 | 68.1 | 14.6 |
| Avançados | 16 | 177.2 | 69.2 | 14.7 |

Embora possam ser considerados como um grupo homogéneo, os jogadores colegiais britânicos salientam-se pelos elevados valores de adiposidade, o que contrasta nitidamente com os jogadores profissionais, como podemos constatar no quadro seguinte:

Quadro 16. Composição corporal de jogadores de futebol profissionais (USA) de acordo com a posição específica (Raven et al.,1976)

| Posição | N | Altura (cm) | Peso (kg) | Gordura (%) |
|---|---|---|---|---|
| Guarda-Redes | 2 | 178.0 ± 2.2 | 86.4 ± 4.5 | 13.3 ± 0 |
| Defesas | 9 | 176.0 ± 1.9 | 73.6 ± 1.8 | 8.1 ± 1.2 |
| Médios | 2 | 175.0 ± 2.9 | 77.3 ± 3.6 | 10.6 ± 2.3 |
| Avançados | 5 | 176.3 ± 2.9 | 74.5 ± 5.5 | 10.7 ± 0.9 |

Na amostra de futebolistas estudados por Raven et al. (1976) denota-se os menores valores de adiposidade dos defesas. Estes dados são corroborados por outros autores (Bangsbo,1994).

Os valores da percentagem de gordura podem indiciar-nos o perfil competitivo de um jogador, que será tanto menor quanto maior for o peso de massa gorda (supérflua) que tiver de transportar. O problema fundamental diz respeito à dificuldade de saber quando é que uma dada percentagem de gordura se constitui como sobrecarga.

Na revisão da literatura efectuada emerge a referência a alguns valores muito baixos de gordura, que não têm correspondência competitiva. É no entanto de salientar que, por exemplo, os jogadores de Marrocos ou Kuwaite, devido às condições do seu envolvimento, devem normalmente apresentar percentagens de massa gorda menores que os futebolistas inglesas ou nórdicos.

### 3.1.2.3. Composição corporal no atletismo

Existem diversos estudos que pretendem estabelecer correlações entre o perfil corporal de um atleta e o seu nível de rendimento. Se em alguns desportos essa correlação é difícil de verificar, no Atletismo, nomeadamente nas corridas de meio-fundo e fundo, vários investigadores encontraram boas relações entre o perfil corporal e o rendimento desportivo (Pollock et al.,1977; Bale et al.,1986; Housh et al., 1988).

A partir da análise de alguns dados, podemos verificar uma relação entre o perfil corporal e a especialidade praticada, bem como em alguns casos verificar, de igual forma, a diferenciação corporal entre atletas de diferentes níveis dentro da mesma disciplina.

Mero et al. (1981) encontraram numa amostra de 25 velocistas, divididos em 3 grupos em função das marcas pessoais, uma relação entre o nível de *performance* e a percentagem de gordura corporal.

Quadro 17. Comparação de algumas características físicas e tempo aos 100 metros, em 3 grupos de velocistas de nível diferente (Mero et al.,1981)

| **Variáveis** | **Grupo A** (n = 9) | **Grupo B** (n = 8) | **Grupo C** ( n = 8) |
|---|---|---|---|
| Idade (anos) | 24.4 ± 3.9 | 22.5 ± 1.5 | 22.1 ± 2.6 |
| Peso (kg) | 76.7 ± 6.6 | 77.3 ± 7.4 | 75.3 ± 7.1 |
| Altura (cm) | 180 ± 10 | 1.84 ± 10 | 1.83 ± 10 |
| % Gordura | 10.2 ± 2.3 | 11.2 ± 1.0 | 12.6 ± 2.4 |
| % Fibras FT (*Vastus lateralis* ) | 66.2 ± 10.3 | 62.0 ± 7.0 | 50.4 ± 4.8 |
| Marca aos 100 m (s) | 10.7 ± 0.3 | 11.1 ± 0.3 | 11.5 ± 0.2 |

Pela análise do quadro, podemos reter, de igual forma a relação entre a percentagem das fibras FT e a *performance.* A percentagem de fibras de contracção rápida está directamente relacionada com a marca dos velocistas.

De igual forma o perfil somático em corredores de 10.000 metros, correlaciona-se com o nível de performance (Bale et al.,1986).

Quadro 18. Algumas variáveis discernindo a diversidade de nível de vários grupos de corredores de 10.000 metros (Bale et al,.1986)

| Variáveis | Grupo Elite n = 20 | Grupo Bom n = 20 | Grupo Médio n = 20 |
|---|---|---|---|
| Idade (anos) | 28.1 ± 3.0 | 25.0 ± 4.6 | 26.3 ± 7.5 |
| Peso (kg) | 64.4 ± 2.4 | 66.3 ± 5.0 | 69.2 ± 3.7 |
| Altura (cm) | 175.1 ± 3.8 | 179.9 ± 3.0 | 173.5 ± 9.5 |
| Densidade Corporal | 1.081 ± 0.001 | 1.075 ± 0.003 [ab] | 1.071 ± 0.005 [a] |
| % Gordura | 8.0 ± 0.5 | 10.7 ± 1.3 [ab] | 12.1 ± 1.5 [a] |
| Gordura (kg) | 5.2 ± 0.4 | 7.0 ± 1.2 [ab] | 8.3 ± 1.1 [a] |
| Nº anos de treino | 8.1 ± 2.2 | 5.2 ± 2.2 [ab] | 3.3 ± 1.8 [a] |
| Nº km/ semana | 109.1 ± 9.9 | 92.5 ± 12.1 [ab] | 61.3 ± 21.2 [a] |

[a] significativamente diferente dos corredores de elite ($p < 0.05$)
[b] significativamente diferente dos corredores bons ($p < 0.05$)

Da análise do quadro 18 retém-se a predição do rendimento a partir de algumas variáveis. Para Bale et al. (1986) as variáveis relativas ao treino (anos de treino e quilometragem semanal) conjugadas com o somatório das pregas cutâneas, justificava a variância na *performance* em 90.3 %.

Portanto a composição corporal parece ter certa força preditiva no rendimento desportivo, já que em atletas, se a força da matriz genética não for determinante, uma baixa percentagem de gordura corporal, consubstancia a síntese de múltiplos outros factores exógenos (e.g. treino, alimentação).

No entanto, em amostras de desportistas de nível competitivo muito aproximado, a percentagem de gordura corporal não apresenta nenhuma relação com a performance (Barnes,1981).

Em relação aos fundistas, Walters et al. (1991) concluíram da existência duma estreita relação entre a percentagem de gordura corporal e o ritmo de corrida expresso pelo tempo por quilómetro.

Ao analisarem 942 maratonistas, cuja média de gordura corporal era de 13% (amplitude 2%-28%), encontraram uma forte correlação entre a percentagem de gordura corporal e a *performance* na corrida da maratona.

A análise estatística que levaram a cabo, indiciou que 1% de aumento no peso corporal de um atleta afecta em cerca de 25 minutos o tempo final da maratona.

A percentagem de gordura corporal é uma variável que se correlaciona muito bem com a *performance* nas corridas, mas não deve ser equacionada em exclusivo, pois apresenta um largo espectro de correlações com imensas outras variáveis (Deason et al.,1991).

A economia de corrida ($E_C$) como factor determinante no rendimento em provas longas, é afectada negativamente com o aumento do peso corporal. A correlação entre o massa corporal e a $E_C$ é de 0.72 ($p < 0.001$) (Bourdin et al,1993).

Quadro 19. Percentagem de gordura corporal em alguns especialistas das provas de corrida do Atletismo

| Amostra | N | Peso (kg) | % Gordura | Autor |
|---|---|---|---|---|
| 3000 m obs. Pré-Olímpicos | 5 | 71.9 ± 1.0 | 9.2 ± 0.5 | Kenney e Hodgson 1985 |
| 5000 m Pré-Olímpicos | 8 | 64.5 ± 2.4 | 8.8 ± 1.3 | " |
| 800 m Elite-Finlândia | 6 | 69.9 ± 8.5 | 14.3 ± 3.7 | Rusko et al. 1978 |
| Fundistas Elite-Finlândia | 8 | 66.2 ± 3.2 | 8.4 ± 1.5 | " |
| Lançadores USA-nível mundial | 49 | 104.3 ± 10.7 | 12.8 ± 4.6 | Morrow et al. 1982 |
| Lançadores Juniores Olímpicos | 18 | 87.3 ± 8.4 | 13.9 ± 4.5 | Thorland et al. 1981 |
| Velocistas Juniores Olímpicos | 24 | 70.6 ± 6.1 | 8.4 ± 2.9 | " |
| Meio-fundistas Juniores Olímpicos | 47 | 62.9 ± 5.9 | 7.3 ± 2.3 | " |
| Velocistas Austrália - Elite | 4 | 66.8 ± 4.0 | 8.3 ± 5.2 | Withers e al. 1987 |
| Meio-fundistas Austrália - Elite | 3 | 66.7 ± 3.9 | 7.3 ± 3.0 | " |
| Fundistas Austrália - Elite | 11 | 64.2 ± 5.1 | 7.7 ± 3.4 | " |
| Lançadores Índia | 42 | | 23.9 ± 3.5 | Mokha e Sidhu 1987 |
| Saltadores Índia | 35 | | 19.2 ± 2.9 | " |
| Corredores Índia | 80 | | 19.7 ± 3.0 | " |

A análise do quadro anterior que concerne a várias amostras do atletismo, indicia-nos que:

- os valores exagerados do estudo de Mokha e Sidhu (1987), que não são corroborados por outros estudos, permitem pensar, ou da inadequação da fórmula utilizada ou a emergência de erros metodológicos
- valores muito elevados dos especialistas finlandeses dos 800 m
- os lançadores juniores cujo peso corporal é menor do que o dos lançadores adultos, apresentam valores mais elevados de gordura corporal, o que contraria os dados doutras especialidades

Os dados da literatura permitem concluir que o avanço da idade faz aumentar a percentagem de gordura corporal, mesmo em sujeitos que se

mantêm desportivamente activos (Pollock et al.,1974; Barnard et al.,1979).

## 3.2. Testes Motores - Avaliação da Força

### 3.2.1. Algumas considerações àcerca da força

É posição por nós defendida à longo tempo, de que somente existe uma Qualidade Física - A FORÇA. Todas as outras qualidades são *nuances* da força, ou seja, todas as expressões de movimento (e.g. flexibilidade, velocidade ou coordenação) radicam na possibilidade de um músculo ou grupo muscular desenvolver tensão, fazendo agir de forma particular as componentes estruturais e ultra-estruturais do músculo a partir de um comando cortical determinado.

A força consubstancia as propriedades viscoelásticas do músculo e as possibilidades mecânicas que lhe são inerentes.

A expressão de força de um dado grupo muscular está dependente de uma série de factores, que Fitts et al.(1991) resumem da seguinte forma:

- comando cortical
- comprimento e dimensão das fibras e dos músculos
- arquitectura muscular, tal como o ângulo e as propriedades físicas da ligação fibra-tendão bem como o quociente fibra/comprimento do músculo
- tipo de fibras
- *peak rate* do desenvolvimento de força
- número de pontes cruzadas em paralelo
- força desenvolvida por ponte cruzada
- índice máximo de desenvolvimento de força
- relação força-velocidade
- velocidade máxima de contracção das fibras
- relação força-cálcio
- relação força-frequência (potencial de acção em Hz)

A caracterização histoquímica dos músculos permite diferenciar três tipos de fibras: Fibras Tipo I, de contracção lenta, fibras Tipo II, de contracção rápida, que por seu lado se subdividem em IIa e IIb (Armstrong e Phelps,1984). Segundo Fitts et al. (1991) a capacidade para gerar tensão ($kg.cm^{-2}$) é similar em ambos os tipos de fibras. No entanto, as fibras Tipo II apresentam um pico mais alto no desenvolvimento de força, superior velocidade de contracção e potência desenvolvida.

Um músculo composto fundamentalmente por fibras de contracção rápida caracteriza-se por um atraso electromecânico menor, pico de força mais rápido e um tempo mais curto de relaxação (Komi,1979). O atraso electromecânico pode ser definido como o desfazamento entre o início da

actividade do EMG (electromiograma) e a tensão no músculo (Viitasalo,1980).

O músculo activado pode contrair-se de diversas formas. A contracção muscular consubstancia o estado do músculo quando o processo tensional é gerado através da activação dos filamentos de actina e miosina (Komi,1984).

Dependendo da carga externa, da direcção e magnitude a contracção muscular pode ser classificada como (Komi,1979; Komi,1984):

- Concêntrica. O músculo funciona em aceleração, encurtando-se (o momento de força é na mesma direcção das alterações das angulações articulares, e o trabalho mecânico é positivo)
- Isométrica. O músculo funciona em fixação, não existem alterações nem no comprimento do músculo nem nos ângulos articulares, e o trabalho é zero
- Excêntrica. O músculo funciona em desaceleração, alongando-se (o momento de força está em oposição à direcção das modificações das angulações articulares, e o trabalho mecânico é negativo).

O desenvolvimento máximo de força acontece nas contracções excêntricas. Para atingir um dado nível de força são activadas menos unidades motoras na contracção excêntrica que na concêntrica (Komi,1973), bem como é menor o consumo de oxigénio (Asmussen,1952).

A diferenciação entre os vários tipos de contracção é claro, no entanto, raramente acontecem isolados, já que o movimento normal pressupõe o jogo dos vários tipos de contracção.

Na corrida e nos saltos acontece uma sucessão de contracções excêntricas e concêntricas, que Komi (1984) denomina Ciclo Alongamento-Encurtamento.

Segundo Edman et al. (1982) a potenciação do movimento pelo alongamento na fase excêntrica é devido somente à energia elástica (potenciação químico-mecânica). Parece no entanto, que a potenciação de um movimento pelo pré-alongamento é não só devida à energia elástica armazenada na fase excêntrica como também pela estimulação do comando neural (arco reflexo). Bosco et al. (1982) calcularam que a potenciação do movimento depende em mais de 2/3 da energia elástica, e o restante pela activação dos arco-reflexos (fuso neuro-muscular e orgãos tendinosos de Golgi).

Independentemente das dúvidas que se possam levantar acerca dos mecanismos que potenciam um dado movimento pelo estiramento prévio, um facto é inquestionável, o de que a produção de força pelo músculo esquelético está dependente da velocidade de alongamento e encurtamento em ambos os tipos de contracção (concêntrica ou excêntrica) (Komi,1979).

Todos os indicadores conotados com a força podem ser potenciados pelo treino e relevam da especificidade do mesmo (Sale,1984).

Dois mecanismos fundamentais se evidenciam como responsáveis pelos processos adaptativos induzidos pelo treino de força:

- Adaptação neural
- Hipertrofia

O aumento da força de contracção voluntária pela acção dos mecanismos neurais, verifica-se aos seguintes níveis (Sale,1984):

1. aumento da activação dos músculos agonistas
2. maior eficácia da co-contracção dos músculos sinérgicos
3. aumento da inibição dos músculos antagonistas.

Num segundo momento, as adaptações qualitativas musculares induzem o aumento da área de secção transversa do músculo, por acentuação da síntese proteica, e consequentemente o aumento da força máxima voluntária (Soares,1990).

Uma das constatações mais importantes da análise do processo de treino da força, é o carácter específico das adaptações. Podemos sintetizá-las da seguinte forma (Thorstensson et al.,1976; Fahey e Brown,1973; Lindh,1979; Coyle et al.,1981)

- o aumento da força voluntária induzida pelo treino de força é largamente específica do tipo de contracção utilizado no treino. Assim, um treino de halterofilia, caracterizado pela sucessão de contracções concêntricas e excêntricas, aumenta a força no desenvolvimento das cargas dessa forma, mas pouco potencia a manifestação de força isométrica.

- o treino isocinético aumenta a força dinâmica (potência) mas não a força isométrica, enquanto o treino isométrico aumenta a força isométrica e não a força isocinética.

Nota: a força isocinética pressupõe a anulação do *momentum* na execução do movimento, evitando assim a expressão excêntrica do mesmo.

- o aumento da força isométrica é específica dos ângulos em que é treinada

- o efeito do treino de força parece ser específico da velocidade de execução dos exercícios

- em relação ao treino unilateral ou bilateral, o ganho de força é de igual forma específico. O treino bilateral promove superiores ganhos de força no movimento bilateral do que no unilateral.

Várias questões podem ser levantadas, no concernente à eficácia do processo de treino.

Se as adaptações são específicas, e têm fundamentalmente a ver com o controle neural do movimento, qual o interesse do treino de força *tout-court* ? Terá de ser sempre específico? Quais os limites do treino específico ?

Hakkinen e Komi (1985) comprovaram as diferenças, em relação ao aumento da força explosiva, entre o treino de tipo explosivo e o treino com cargas pesadas.

Vários estudos comprovam a especificidade entre o processo de treino e as adaptações. Quer-nos parecer, no entanto, que exceptuando o caso da força explosiva de salto, cuja transferência biomecânica é quase completa para algumas modalidades desportivas (e.g. voleibol), o treino explosivo, bem como o treino isométrico, só potencia os movimentos que são treinados com suficiência, inviabilizando-se os possíveis *transferts.*

Outra questão interessante quanto ao treino de força diz respeito ao tipo de adaptações induzidas por um dado protocolo de treino.

Segundo Bosco et al. (1987) o perfil motor de um dado grupo de atletas, tem mais a ver com o tipo de treino usualmente efectuado do que com o perfil fibrilar de cada atleta.

O treino dá o sentido de orientação adaptativa ao organismo em função da sua especificidade, e pode alterar, com maior ou menor ênfase, a predisposição genética de um indivíduo.

Alguns autores defendem a tese de que o perfil de distribuição fibrilar dentro do músculo pode ser alterado pelo treino (Tesch et al.,1979), embora a força das determinantes genéticas seja inquestionável (Komi et al.,1977).

Parece, também, que a partir dum certo nível de adaptação, o perfil muscular estabiliza e não sofre alterações ulteriores. Coggan et al.(1990) detectaram igual percentagem (± 60%) de fibras Tipo I em fundistas jovens (26 anos) e idosos (63 anos). Os anos de treino não alteram a distribuição fibrilar.

Parece pois, que o perfil funcional de um dado grupo muscular, ou seja a possibilidade de manifestação quer da força máxima quer da força explosiva, são mais influenciadas pela especificidade do treino do que pelo percentagem de fibras de contracção rápida. Isto indicia que o trabalho de força e potência não só estimula as fibras ditas rápidas como de igual forma potencia as fibras de menor velocidade contráctil.

No caso dos membros superiores alguns parâmetros de força, parecem estar mais relacionados com as determinantes genéticas (Komi et al.,1977).

Encontra-se uma correlação positiva entre a potência muscular e a percentagem de fibras de contracção rápida; no entanto a capacidade de manutenção de esforços continuados de potência está dependente da percentagem de fibras de contracção lenta (Bosco,1987).

Os indivíduos mais explosivos atingem mais rapidamente a fadiga na realização de esforços de potência (Viitasalo,1980). Daí a necessidade de estimulação, quer por esforços máximos quer por esforços explosivos, das fibras de contracção lenta.

Para a avaliação motora das nossas amostras escolhemos testes dirigidos ao trem inferior. Escolhemos a bateria de testes preconizada por Bosco (1981).

A opção por estes testes, cuja robustez e validade pode ser equacionada, assenta em duas ordens de razões:

1ª Pela facilidade de manuseamento e recolha de dados

2ª Pela possibilidade de inter-verificação com dados recolhidos por outros autores nacionais e internacionais.

### 3.2.2. Avaliação da força explosiva dos membros inferiores

A avaliação do força explosiva, elasticidade muscular e potência mecânica dos músculos extensores das pernas, dão-nos algumas indicações acerca do perfil fibrilar de um atleta, e por arrasto da sua aptidão para desenvolver esforços explosivos. Se para alguns atletas (e.g. maratonistas) a importância destes factores no rendimento atlético é dispicienda, para outros é importante (e.g. futebolistas), sendo para alguns fundamental (e.g. velocistas, saltadores, voleibolistas,etc.).

A possibilidade de execução de movimentos explosivos depende não só do perfil fibrilar, mas igual forma da eficácia de factores mecânicos e neurais.

A melhoria da performance num salto que ocorre após uma fase de alongamento, resulta da combinação de dois factores: a utilização da energia elástica e potenciação do arco reflexo (Bosco,1982).

Para que a eficácia seja total a fase excêntrica do movimento deve ser curta e rápida, e imediatamente seguida da fase concêntrica, já que assim se evita a perda de energia sob a forma de calor.

#### 3.2.2.1. Teste de força explosiva. Componente contráctil (SJ)

Com este teste pretende-se determinar da capacidade de elevação do centro de gravidade, a partir duma posição estática (flectida) pondo em jogo a força máxima dos grupos musculares intervenientes bem como a capacidade de aceleração dos mesmos. Está dependente da secção tranversa do músculo e da coordenação intra e inter-muscular.

Pretende-se neste teste evitar a potenciação do salto pela energia elástica activada pelo estiramento rápido das cadeias musculares.

### 3.2.2.2. Teste de força explosiva. Componente elástica (CMJ)

Neste teste visa-se a potenciação da fase concêntrica do movimento, pela utilização da energia elástica armazenada na fase excêntrica (activação em alongamento).

Mais do que nas estruturas envolventes (epimísio, perimísio, endomísio, tendões e ligamentos), é na "maquinaria" contráctil do músculo que a energia elástica é armazenada (Bosco,1982; Flitney e Hirst,1978).

Para que este aproveitamento seja efectivo é necessário que a relação do estiramento (fase excêntrica) seja em função do tempo e não em função do valor absoluto do estiramento. É essa relação que vai determinar a reutilização da energia elástica e o *transfert* do trabalho químico em trabalho mecânico. Se a fase excêntrica é demasiado longa a energia elástica armazenada perde-se sob a forma de calor (Cavagna et al.,1968).

Como vimos atrás a melhoria da *performance* derivada do estiramento é resultante por um lado da utilização da energia elástica e por outro da potenciação do reflexo de estiramento.

Como é demonstrado por Bosco (1982) a função explosiva muscular atinge o seu ponto mais alto entre os 20-25 anos, decrescendo com a idade de uma forma quase linear.

### 3.2.2.3. Teste de potência mecânica do salto vertical

Pretende-se detectar a capacidade de salto, duma forma contínua e explosiva, durante 15 segundos.

Quanto maior for o índice de elasticidade de um atleta, ou seja, quanto maior for a energia elástica potencial dos membros inferiores, tanto maior será a capacidade de manter un dado nível de *performance* entre saltos contínuos (Bosco,1981).

### 3.2.3. Valores de referência em várias modalidades desportivas da potência dos músculos extensores dos membros inferiores

Procuramos abranger o maior número de actividades desportivas, embora a exiguidade de dados não permita uma recolha muito extensa.

Quadro 20. Valores médios (±SD) de SJ, CMJ e PMM (15") em atletas de diferentes modalidades, e nos escalões junior e senior.

| Amostra | n | SJ (cm) | CMJ (cm) | Pot.Mec ($W.kg^{-1}$) | Autor |
|---|---|---|---|---|---|
| Rugby Defesa | 24 | 41.0 ± 4.1 | 43.9 ± 3.4 | 26.1 ± 3.0 | Menchinelli et al. 1991 |
| Rugby Atacante | 25 | 38.0 ± 4.9 | 40.4 ± 4.3 | 23.4 ± 4.4 | " |
| Voleibol Eq. Nac. Soviética | 10 | 43.3 ± 4.3 | 49.4 ± 4.3 | | Vittasalo 1982 |
| Voleibol Eq. Nac. Finlândia | | 41.1 ± 3.8 | 46.0 ± 3.2 | | " |
| Voleibol Eq. Nac. Italiana | 14 | 42.0 | 45.4 | 32.0 | Bosco 1987 |
| Voleibol Jun. Elite Portugal | 13 | 40.5 ± 5.1 | 42.0 ± 6.0 | 26.0 ± 3.6* | Janeira et al. 1991 |
| Basquetebol Jun. Elite Portugal | 21 | 37.7 ± 3.9 | 37.7 ± 3.6 | 26.7 ± 7.3* | " |
| Futebol Jun. Elite Portugal | 20 | 33.3 ± 3.5 | 34.7 ± 3.4 | | Garganta 1991 |
| Andebol Jun. Elite Portugal | | 36.5 ± 4.2 | 36.6 ± 4.1 | 38.9 ± 7.1* | Maia 1993 |
| Basquetebol Eq. Nac Itália Junior | | 39.8 | 42.2 | 27.4 | Bosco 1987 |
| Basquetebol Elite Sen. Portugal | | 39.4 ± 4.6 | 40.9 ± 4.6 | 31.3 ± 4.6* | Janeira 1994 |

* $joules.s^{-1}$

Os dados recolhidos indiciam, em relação aos desportistas juniores portugueses, quase que um ordenamento em escada, em termos de potência explosiva do trem inferior. A ordem decrescente é a seguinte: Voleibol, Basquetebol, Andebol e Futebol. Pensamos que esta ordenação é natural e reflecte com clareza a especificidade funcional de cada modalidade. Quanto maior a importância da *endurance* na modalidade, tanto menos serão desenvolvidos os padrões motores relacionados com a força explosiva (Bosco e Luhtanen,1992).

De igual forma, através dos testes de impulsão vertical, poder-se-ão estabelecer níveis de *performance* competitiva entre equipas de nível diferente da mesma modalidade (Vittasalo,1982), ou entre jogadores com funções diferentes dentro da mesma equipa (Menchinelli et al.,1992).

Os dados permitem-nos concluir que a elite junior ainda tem um grande espaço de evolução, em termos de potência de salto, que segundo (Bosco,1982) atingirá o ponto máximo evolutivo entre os 20 e 25 anos.

Importa referir, o desfazamento entre a potência explosiva dos membros inferiores na elite junior italiana de basquetebol e a portuguesa, o que indicia o menosprezo do treino da força nos jovens. Os juniores italianos de basquetebol apresentam um perfil de força de aceleração idêntico aos seniores portugueses; quanto à componente elástica, estão

inclusivé mais potenciados. Este facto deve fazer reflectir acerca da metodologia do treino desportivo em Portugal.

### 3.2.4. Valores de referência no futebol da potência dos músculos extensores dos membros inferiores

O futebol faz apelo a todas as qualidades motoras expressas no quadro global dos factores de condição física. De entre todas salientam-se as neuro-musculares, que permitem a execução dos gestos rápidos e explosivos que estão associados ao jogo de qualidade.

Força explosiva, elasticidade muscular e potência mecânica dos membros inferiores são factores determinantes da *performance* nesta modalidade desportiva. Acelerações rápidas, paragens abruptas, mudanças bruscas de direcção, controle de precisão em movimentos explosivos (remates, saltos, etc.) são factores importantes da dinâmica do jogo.

Com o intuito de avaliar o comportamento dos músculos extensores dos membros inferiores tem sido utilizado o denominado Teste de Bosco (Bosco,1981), o qual permite determinar:

- a força contráctil dos músculos (*Squat Jump* - SJ)
- a força contráctil acrescida da energia elástica (*Counter Mouvement Jump* - CMJ)
- a potência mecânica (potência anaeróbia) dos membros inferires durante 15 segundos.

Será normal nas modalidades desportivas que em maior ou menor grau fazem apelo às capacidades de explosividade muscular dos atletas, o desenvolvimento de um perfil motor diferenciado dos sujeitos sedentários. Tal diferenciação pode ser estabelecida a partir do Teste de Bosco. Os resultados que apresentamos de seguida comparam jovens sedentários e jovens futebolistas.

Quadro 21. Comparação da força explosiva dos membros inferiores entre jovens sedentários e jogadores de futebol, de dois escalões etários diferentes (Bosco e Luhtanen,1992)

| Amostra | N | Peso (kg) | Altura (cm) | Idade (anos) | SJ (cm) | CMJ (cm) | 15 " ($watt.kg^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sedentários | 21 | 56.9 ± 8.5 | 162.1 ± 4.7 | 14.3 ± 0.5 | 26.3 ± 5.4 | 29.8 ± 6.6 | 20.1 ± 4.1 |
| Jogadores | 14 | 62.8 ± 12.0 | 169.5 7.1 | 14.4 ± 0.5 | 29.0 ± 4.6 | 33.0 ± 5.4 | 22.1 ± 3.1 |
| Sedentários | 14 | 64.4 ± 0.5 | 173.0 ± 4.9 | 16.4 ± 0.5 | 31.1 ± 4.2 | 33.9 ± 4.6 | 21.7 ± 2.8 |
| Jogadores | 33 | 64.5 ± 7.0 | 169.5 ± 6.1 | 16.4 ± 0.7 | 34.0 ± 3.8 | 37.6 ± 4.0 | 24.8 ± 2.8 |

A análise dos resultados do quadro anterior permite-nos averiguar que, enquanto no escalão dos 14 anos as diferenças entre jogadores e sedentários não são estatisticamente significaticas, no escalão de 16 anos as diferenças dos testes motores assumem significado estatístico (SJ - $p < 0.05$; CMJ - $p < 0.01$; 15" - $p < 0.001$). Isto quer significar que o processo de desenvolvimento ontogenético pode condicionar o desenvolvimento motor dos sujeitos, e que a sensibilidade ao processo de treino acentua-se com o processo de maturação biológica.

Salienta-se a diferença, também significativa, da altura entre jogadores e sedentários no escalão de 16 anos. Os jogadores são mais baixos, embora mais fortes e potentes. Algumas ilacções se podem retirar deste facto, uma das quais tem a ver com o facto de que o processo natural de selecção no futebol não releva das características antropométricas.

Os dados anteriores (referentes ao escalão etário dos 16 anos) são corroborados pelo estudo de Garganta e Maia (1991) que ao compararem os níveis de força explosiva em futebolistas jovens, comprovaram que este indicador consegue discriminar futebolistas jovens de nível diverso.

Quadro 22. Comparação da força explosiva dos membros inferiores entre futebolistas jovens de elite e não elite (Garganta e Maia, 1991)

| **Amostra** | **Idade** (anos) | **Altura** (cm) | **Peso** (kg) | **SJ** (cm) | **CMJ** (cm) |
|---|---|---|---|---|---|
| Elite (n = 17) | 16.1 ± 0.4 | 171.1 ± 4.5 | 65.8 ± 5.1 | 33.3 ± 3.5 | 34.7 ± 3.4 |
| Não elite (n = 23) | 15.6 ± 0.6 | 166.7 ± 5.4 | 60.1 ± 8.7 | 30.3 ± 3.4 | 31.6 ± 3.5 |

As diferenças entre elite e não elite são estatisticamente significativas em ambos os saltos ($p < 0.05$).

Estes resultados, embora parciais, permitem induzir que ao nível das qualidades motoras podemos encontrar alguns marcadores de qualidade futebolística, que extravasam e ampliam as considerações de índole técnico e táctica.

A evolução da força explosiva é função da idade. Essa melhoria é determinada quer pelo aumento da força máxima, quer pela sedimentação do comando neural do movimento (Bosco,1982).

Atentemos na expressão dessa evolução:

Quadro 23. Valores médios (±SD) de CMJ e Salto com ajuda dos membros superiores, em jogadores das equipas nacionais finlandesas (Rahkila e Luhtanen,1991)

| Grupo | n | CMJ (cm) | Salto c/ajuda M.S. (cm) |
|---|---|---|---|
| Seniores | 31 | 42.5 ± 4.4 a) | 49.3 ± 4.3 a) |
| 17-18 anos | 25 | 41.3 ± 5.0 | 48.3 ± 5.4 |
| 16 anos | 21 | 39.8 ± 3.1 x) | 47.4 ± 3.6 |
| 15 anos | 29 | 39.6 ± 4.2 x) | 46.3 ± 5.3 x) |

a) difere significativamente de x) ($p < 0.05$)

A análise do quadro anterior permite verificar uma crescente capacitação para saltar em função da idade. De salientar que o escalão etário dos 17-18 anos atinge níveis de performance idênticos aos seniores. Pensamos que o processo de treino correcto pode acelerar os níveis de desenvolvimento das várias capacidades motoras, e diminuir as diferenças de aptidão entre os mais jovens e adultos (Santos,1994).

Quando os atletas, para saltar, recorrem à acção dos membros superiores, os valores são normalmente mais altos. Segundo Luhtanen e Komi (1978) o contributo da acção dos membros superiores pode situar-se em valores iguais ou superiores a 10%. White at al. (1988) encontraram para 17 profissionais (1ª divisão) da Liga Inglesa valores médios de salto vertical com ajuda dos M.S. de 59.8 ± 1.3 cm.

O quadro que se segue permite-nos comparar equipas de diferentes níveis, no concernente à potência explosiva dos membros inferiores.

Quadro 24. Valores médios de SJ, CMJ e PPM (15") a partir do Teste de Bosco

| Amostra | n | SJ (cm) | CMJ (cm) | Pot. Mec.15" (watt.kg$^{-1}$) | Autor |
|---|---|---|---|---|---|
| Itália Equipa Nacional | 23 | 38.4 | 41.8 | 26.5 | Bosco 1987 |
| Itália Profissionais | 17 | 40.4 ± 5.2 | 43.5 ± 4.9 | 25.1 ± 2.5 | Faina et al. 1988 |
| Itália Amadores | 17 | 34.2 ± 4.0 | 36.9 ± 4.8 | 24.1 ± 3.6 | " |
| Itália Profissional Elite | 1 | 35.0 | 48.0 | 25.2 | " |
| Finlândia Profissionais | 48 | 35.8 | 38.6 | 25.0 | Luhtanen 1989 |
| Itália Profissionais | 58 | 37.0 | 43.5 | 27.3 | Bosco e Luhtanen 1992 |

Podemos concluir, pela análise do quadro antecedente, que os amadores dum mesmo país apresentam valores de força explosiva dos membros inferiores inferiores aos profissionais, que a nível da elite dum mesmo país as diferenças não são significativas, e que países de nível

competitivo diferenciado, podem ser discriminados a partir do estudo deste indicador.

### 3.2.4. Valores de referência no atletismo da potência dos músculos extensores dos membros inferiores

A diferenciação dos atletas por especialidades faz-se com relativa facilidade a partir de testes motores de força, em que a especificidade do movimento joga um papel determinante na consecução do teste.

No entanto, dentro da mesma especialidade, os testes motores podem dar indicações, que nos permitam, dentro de certos limites, diferenciar qualitativamente os atletas.

Em *sprinters* (100 m) de nível diverso, Mero et al. (1981) encontraram uma relação positiva entre o nível de força explosiva e o nível de performance.

Os estudos de Bosco (1991) permitiram diferenciar as várias especialidades de corrida do atletismo a partir dos testes de potência mecânica dos membros inferiores. Entre os velocistas e fundistas denota-se uma diminuição progressiva da força explosiva, o que nos indicia o perfil de exigências motoras de cada especialidade.

Quadro 25. Valores médios de força explosiva dos membros inferiores de vários especialistas das corrida do atletismo (Bosco,1991)

| Especialidade | n | Peso (kg) | Altura (cm) | SJ (cm) | CMJ (cm) | CMJ-SJ (cm) | Pot.Mec. (Watt) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 100 - 200 m | 8 | 72.5 | 177.0 | 43.8 | 53.0 | 10.0 | 30.5 |
| 400 m | 4 | 70.1 | 177.7 | 39.9 | 45.0 | 5.1 | 28.9 |
| 400 MB | 6 | 65.4 | 175.4 | 42.0 | 46.5 | 4.5 | 29.2 |
| 800 - 1.500 m | 4 | 68.8 | 181.8 | 39.4 | 43.3 | 5.1 | 27.1 |
| 5.000 - 10.000 m | 15 | 57.3 | 172.0 | 30.7 | 35.0 | 4.3 | 24.2 |
| Maratonistas | 4 | 55.0 | 168.0 | 23.0 | 27.5 | 4.5 | 19.9 |

Salientamos, a partir da análise do quadro anterior que todos os especialistas apresentam um valor diferencial significativo entre o CMJ e o SJ, o que indica uma clara capacidade para utilizar a energia armazenada na fase excêntrica do movimento de salto. Existe correspondência entre o perfil dos saltos isolados e a potência mecânica determinada em 15 segundos.

## 3.3. Condicionantes Fisiológicas do Exercício

### 3.3.1. Consumo máximo de oxigénio ($VO_2max$)

A possibilidade humana de desenvolver esforços prolongados está directamente relacionada com a capacidade do metabolismo oxidativo, cujo conceito-chave é o consumo máximo de oxigénio ($VO_2max$).

A potência máxima aeróbia (entendida como a capacidade de trabalho ao nível do $VO_2max$), está limitada pela capacidade do sistema cardiovascular de transportar o oxigénio desde os pulmões até aos músculos activos, e é determinada pelo débito cardíaco máximo, o conteúdo arterial e a máxima diferença artério-venosa de oxigénio, que indicia a capacidade extractiva do músculo e a expressão funcional do mesmo (Svedenhag, 1985).

Podemos definir Potência Máxima Aeróbia como o mais alto pico de consumo de oxigénio que um sujeito pode obter durante um exercício dinâmico, solicitando grandes massas musculares, durante poucos minutos, em condições normais ao nível do mar (Ekblom,1986a).

Em repouso o homem consome cerca de 250 ml de oxigénio por minuto; em exercício um sujeito saudável pode aumentar esse consumo cerca de 10 vezes, enquanto que um atleta altamente treinado pode atingir um consumo cerca de 20 vezes superior ao valor basal (Brooks e Fahey,1984).

Para Ekblom (1986a) vários factores podem condicionar o $VO_2max$, que se pode consubstanciar em 3 grandes blocos:

1. Factores neurais
   - Comando simpático, que pode ser alterado por drogas
2. Factores hemodinâmicos
   - Bombeamento cardíaco
   - Distribuição periférica de sangue
   - Processamento intra-celular
3. Envolvimento
   - Dinâmica pulmonar
   - Condições de pressão parcial dos gases

Mais à frente analisaremos de forma mais detalhada os vários factores correspondentes a cada um destes blocos.

A capacidade de utilização do oxigénio não difere, em repouso, entre sujeitos treinados e sedentários, somente se verificando acentuadas diferenças quando se atingem os limites máximos de consumo de oxigénio (Astrand e Rodahl,1986). Em esforço maximal a capacidade máxima aeróbia de um indivíduo treinado pode atingir o dobro de um sedentário.

Importa referir que embora em esforço sub-maximal o sedentário apresente valores semelhantes ao indivíduo treinado no respeitante ao consumo de oxigénio, em relação quer à capacidade de trabalho (extensão

temporal e quantitativa) quer aos níveis de intensidade relativa desenvolvidos, não são minimamente comparáveis, como poderemos analisar pelo quadro que se segue:

Quadro 26. Análise comparativa de vários parâmetros entre sujeitos treinados e não treinados trabalhando com cargas absolutas iguais e relativas (Savard et al., 1987)

| Sujeitos | Ritmo Trabalho (watts) | Int. Relativa (%) | VO2 ($l.min^{-1}$) | Tempo Trab. (min) | Total Trab. (kg) | QR | Lípidos (g) | CHO (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Destrein. | 175 | 77 | 2.40 | 118 | 5.890 | 0.96 | 22 | 302 |
| Treinados | 175 | 59 | 2.43 | 400 | 19.700 | 0.81 | 335 | 400 |
| Treinados | 225 | 78 | 3.20 | 134 | 8.800 | 0.90 | 80 | 348 |

O $VO_2max$ de um sujeito está condicionado por vários factores:

- **Comando neural**- sistema de controle promovido pelo sistema nervoso central e que determina a solicitação selectiva da massa muscular. No caso particular do exercício físico intenso esse comando é fundamental.

Parece comprovar-se (Green e Patla,1992) que o sistema nervoso promove o recrutamento diferencial dos músculos em diferentes estádios de intensidade de esforço. Durante o exercício de bicicleta, cada músculo contribui com uma percentagem variável de força de pedalagem em função da potência desenvolvida. No caso do *quadríceps* a sua contribuição começa no início de exercício, enquanto o *gluteus maximus* (um extensor da coxa) vai-se envolvendo progressivamente em função do aumento da intensidade do exercício. De igual forma, dentro de cada músculo denota-se o controle neural. Por exemplo, no *vastus lateralis* o recrutamento selectivo é o mecanismo determinante na potência desenvolvida. No entanto, por exemplo no caso dos moto-neurónios Tipo I o aumento da potência é primeiramente facilitada pelo aumento da frequência de descarga ("firing rate") e só depois é que os moto-neurónios de limiar superior é que são solicitados (Green e Patla,1992).

- **Idade**. A partir de determinado momento a idade do indivíduo começa a afectar negativamente o consumo máximo de oxigénio (Shoenfeld et al.,1981).

Isto deve-se a dois factores principais (Savard et al.,1987):

1. À diminuição da frequência cardíaca máxima. Correlacionada com alterações da condutibilidade do miocárdio afectando a velocidade de propagação do estímulo bio-eléctrico.

Temos aqui de evidenciar que quanto à frequência cardíaca de repouso existe uma correlação positiva entre a sua diminuição e o $VO_2max$ (Shoenfeld et al.,1981). Segundo estes autores uma melhoria da

funcionalidade aeróbica do organismo de 10%, faz descer a frequência cardíaca de repouso em 5 batimentos por minuto.

No entanto a frequência cardíaca máxima é pouco afectada pelo treino, já que é um factor com forte determinação genética.

2. Redução do volume de ejeccção sistólica (Vs), e a concomitante redução da elasticidade da aorta e das grandes artérias. Sabemos que o Vs parece ser o factor mais importante nas adaptações induzidas pelo treino de *endurance* (Maughan,1992).

Shoenfeld et al. (1981) encontraram uma correlação negativa com forte significância entre a idade, o peso e o consumo máximo de oxigénio.

No entanto o treino sistemático pode obstar, embora parcialmente a um decréscimo do $VO_2max$, prolongando no tempo uma alta competência aeróbia.

- **Composição muscular**. O indivíduo com uma alta percentagem de fibras do Tipo I (ST), apresenta uma superior potenciação do metabolismo oxidativo, pese embora o facto de que o treino contínuo e sistemático potencia de igual forma o perfil oxidativo dos outros tipos de fibras (Chi et al., 1983; Essén-Gustavsson e Henriksson, 1984).

- **Perfil enzimático muscular.** Sabemos que o $VO_2max$ está relacionado com o aumento do potencial oxidativo intra-muscular. A importância dos fenómenos adaptativos intra-celulares ao nível da melhoria do consumo máximo de oxigénio, levanta algumas questões.

Podemos levantar a seguinte:

- Se a capacidade do coração para o aporte de oxigénio aos músculos está limitada à partida, e se constitui como principal factor condicionante, qual é o significado estrutural e funcional do aumento da capacidade enzimática oxidativa?

Anderson e Henriksson (1977) verificaram após 8 semanas de treino de *endurance,* as seguintes adaptações:

. $VO_2max$ - aumento de 16%

. Densidade capilar - aumento de 20%

. Actividade da Succinato Desidrogenase (SDH) - aumento de 40%

. Actividade da Citocromo Oxidase (CITOX) - aumento de 40%.

Segundo os mesmos autores, as adaptações enzimáticas são mais significativas e mais rápidas que o aumento do VO2max. De igual forma, num período de destreino, se manifesta mais rapidamente a reversibilidade das adaptações enzimáticas.

Henriksson e Reitman (1977) reforçam estes dados. Após um período de 8 semanas de treino seguidos de um período de destreino de 6 semanas, verificaram no músculo *quadriceps femuris :*

Após o período de treino:

- Aumentos

19% no $VO_2max$

32% na SDH

35% na CITOX

Após o período de destreino, o $VO_2max$ não se alterou em relação ao nível atingido no final do período de treino, enquanto a actividade da Citocromo Oxidase regressou aos níveis iniciais (antes do treino) ao fim de 2 semanas e a Succinato Desidrogenase ao fim de 6 semanas estava dentro dos valores pré-treino.

Parece que a potenciação do $VO_2max$ é independente da potenciação enzimática, que se constituirá como um factor local de controle, induzido por factores correlacionados com a eficácia metabólica (Saltin,1990).

De igual forma as adaptações crónicas induzidas pelo treino de *endurance* não permitem esclarecer a situação, já que, enquanto atletas de *endurance* bem treinados apresentam um perfil enzimático oxidativo cerca de 4 vezes superior aos sedentários, os níveis de aptidão aeróbia máxima somente excedem as dos sedentários 2 vezes (Maughan,1992).

Os desfazamentos quantitativo e temporal das adaptações induzidas pelo treino de *endurance*, parecem querer significar existir níveis diferentes de resposta para um mesmo processo.

- **Mioglobina.** Pigmento intra-celular fixador do oxigénio. Quanto maior a percentagem deste substrato maior é a quantidade de oxigénio em reserva, donde deriva a facilitação para a sua utilização metabólica, sendo no entanto uma reserva negligenciável durante o exercício físico intenso que promova o $VO_2max$.

- **Perfil mitocondrial.** O tamanho, o número e a localização das mitocôndrias interfere directamente na expressão do metabolismo oxidativo. Segundo Svedenhag e Sjodin (1985) o aumento da massa mitocondrial devido ao treino concerne, nos jovens, fundamentalmente ao número de mitocôndrias, enquanto nos mais velhos assenta no tamanho das mesmas. São as mitocôndrias sarcolemais que, em relação às inter-miofibrilares, sofrem maior aumento percentual já que lhes estão cometidas várias funções determinantes para o processo energético intracelular. São elas (Hoppeler et al.,1985):

- metabolização dos lípidos de baixo poder de difusão
- manutenção da integridade da membrana
- fornecimento de ATP para as bombas de cálcio

A superior aptidão funcional e energética das mitocôndrias sarcolemais assenta na sua menor distância de difusão para os capilares.

Alguns dados da investigação (Hoppeler et al.,1985) indiciam que o treino induz um aumento da actividade enzimática mitocondrial de cerca

de 2 a 3 vezes o valor basal, e tem-se aceitado este facto como de importância significativa no nível de utilização periférica de oxigénio.

- **Fluxo sanguíneo muscular**. A quantidade de sangue que irriga um dado músculo ou grupo muscular condiciona a quantidade de oxigénio que chega ao músculo.

Este factor está profundamente relacionado com a densidade capilar, já que o aumento desta permitirá um aumento do tempo de trânsito do sangue no capilar e desta forma melhorará a eficiência das trocas energéticas entre o músculo e a corrente sanguínea.

- **Capilarização**. A capilarização determina o nível de irrigação sanguínea de um músculo, e a consequente disponibilidade quer de substratos quer de oxigénio.

Tudo leva a crer que as adaptações locais (periféricas) induzidas pelo treino não são de importância determinante no condicionamento do $VO_2max$.

Dentro das adaptações periféricas parece que a capilarização (aumento da densidade capilar e da relação capilar/fibra) é a mais importante e a melhor relacionada com o $VO_2max$.

Temos de ter em conta, que cada músculo apresenta um perfil miofibrilar específico, com um cariz mais ou menos aeróbio.

Quadro 27. Algumas variáveis caracterizadoras do músculo esquelético de homens sedentários. Dados obtidos a partir de estudos laboratoriais durante 12 anos (Saltin,1990)

| **Músculo** | **Fibras ST** % | **Capilares** por $mm^2$ | **Citrato Sintetase** $\mu moles.g^{-1}.\ min^{-1}$ |
|---|---|---|---|
| *Soleus* | 89 | 390 | 7.6 |
| *Gastrocnemius* | 50 | 348 | 8.4 |
| *Vastus lateralis* | 54 | 338 | 7.8 |
| *Trapezius* | 48 | 348 | 6.8 |
| *Deltoideus* | 52 | 308 | 7.9 |
| *Biceps brachii* | 42 | 374 | 9.4 |

Saltin e Gollnick (1983) asseveram que a extracção local de oxigénio não estará completa se o tempo de trânsito capilar não for de cerca de 1 segundo, enquanto que no exercício máximo de 1 perna o tempo de trânsito é menos de metado do exigido. Portanto, o aumento da densidade capilar permitirá que o músculo treinado mantenha um tempo de trânsito superior e assim consiga uma superior extracção de oxigénio.

O aumento do número de capilares e/ou o aumento da tortuosidade capilar, eleva o volume sanguíneo capilar, o que corresponde que para um mesmo fluxo sanguíneo muscular o tempo de trânsito médio (TTM) é

alargado (Saltin,1990) (TTM = volume sanguíneo capilar/fluxo sanguíneo muscular).

O aumento da densidade capilar reflecte-se directamente na diminuição da distância de difusão, embora não se saiba que percentagem do leito capilar está aberta à circulação (Savaard et al.,1987).

Segundo Saltin (1990) embora o aumento da capilarização e o consequente aumento do tempo de trânsito capilar possam ter uma ligeira correlação com o $VO_2max$, parece que este tipo de adaptação está mais relacionada com os fenómenos correlativos ao treino de *endurance,* fundamentalmente o aumento da captação celular de ácidos gordos livres, e a consequente melhoria da eficácia energética muscular.

No entanto o treino de *endurance,* provoca adaptações selectivas, que entendemos como níveis diversos de adaptação de um mesmo processo, embora as relações entre eles não possam ser claramente estabelecidas como de causa-efeito.

Um programa de treino de 8 semanas (40 min/dia, cicloergómetro a 80% do $VO_2max$) provocou um aumento de 20% da densidade capilar. De salientar que a relação capilar/fibra, aumenta para todas as fibras (Tipo I, Tipo IIa e Tipo IIb) (Andersen e Henriksson,1977).

- **Capacidade de difusão.** Determina a quantidade de oxigénio que é transportado desde a rede capilar até à mitocôndria.

As alterações no $VO_2max$ reflectem a evolução da diferença artério-venosa que baixa quando baixa o conteúdo arterial de oxigénio. Há uma forte ligação entre o conteúdo arterial de $O_2$, a diferença artério-venosa e o $VO_2max$ (Maughan,1992).

- **Débito Cardíaco (DC).** Está dependente de uma série de factores, tais como: retorno venoso, frequência cardíaca, volume de ejecção sistólica, etc.. Em atletas muito bem treinados o volume sistólico pode atingir o dobro do dos sedentários, ou seja mais de 200 ml (Astrand e Rodahl,1986).

Durante exercício máximo envolvendo grande massa muscular, o DC é independente do conteúdo arterial de oxigénio e da concentração de hemoglobina circulante. O fluxo sanguíneo muscular durante o exercício sub-máximo parece ser regulado pela acomodação da condutância vascular no sentido de assegurar que o aporte de oxigénio aos músculos em exercício seja mantido num nível constante, independentemente das diferenças no conteúdo arterial de oxigénio causadas pelas diferenças na concentração de hemoglobina (Maughan,1992).

Utilizando o modelo experimental da **extensão do joelho numa perna isolada,** verifica-se que em sujeitos respirando numa situação de hipoxia (10-11% de $O_2$) para induzir um estado de hipoxemia, o fluxo

muscular local é regulado para permitir um consumo de oxigénio inalterado (Rowell et al.,1986).

A importância da capacidade do transporte de oxigénio pelo sangue parece contrastar com a observação comum do decréscimo da concentração de hemoglobina induzida pelo treino de endurance, normalmente referida como **anemia do desportista** (Maughan,1992; Clarkson,1991). Não podemos considerar esta como verdadeira anemia, pois a diminuição da concentração de hemoglobina é consequência directa do aumento desproporcionado do volume plasmático induzido pelo treino de *endurance.* A hemoglobina circulante aumenta normalmente ou pelo menos é mantida no estado de treino (Maughan, 1992).

Importa salientar que o aumento do volume plasmático que ocorre nos primeiros dias após o início do treino, é mais um factor agudo que crónico do processo adaptativo. Poderá ter a ver com o processo de regulação térmica do organismo (Maughan,1992).

O aumento do volume plasmático (com consequente hemo-diluição) por si só não induz qualquer aumento do $VO_2max$. Aumenta normalmente o trabalho de bombeamento cardíaco para manter o $VO_2max$ ao mesmo nível, já que quando a capacidade de transporte sanguíneo de oxigénio é afectada de qualquer forma, nenhum outro factor da cadeia respiratória pode suprir essa falência (Ekblom,1986a).

Coyle et al. (1986) sugeriram que existe um volume plasmático óptimo para um $VO_2max$, o mais alto possível.

Parece-nos que o superior volume plasmático encontrado nos fundistas corresponde a uma adaptação crónica que permite atingir um $VO_2max$ óptimo.

- **Eficácia do "Drift" induzido pelo exercício.** A passagem da situação de repouso para a máxima actividade muscular provoca uma série de reajustamentos tendentes a suprir as exigências do músculo em exercício.

Temos no entanto de salientar, que se em alguns orgãos pode ser temporariamente reduzido o fluxo sanguíneo sem afectações especiais, o cérebro não pode abdicar do seu fluxo normal, pois as suas exigências metabólicas são vitais.

O quadro que se segue evidencia o perfil da redestribuição do DC entre os vários orgãos na passagem do repouso para o exercício máximo.

Quadro 28. Fluxo sanguíneo corporal em repouso e exercício (Adaptado de Shephard e Plyley, 1992)

| Região do corpo | Fluxo sanguíneo em repouso | | Fluxo sanguíneo em exercício | |
|---|---|---|---|---|
| | ml.min-1 | % DC | ml.min-1 | % DC |
| Pulmões | 6.000 | 100 | 30.000 | 100 |
| Cérebro | 840 | 14 | 840 | 3 |
| Miocárdio | 240 | 4 | 1.200 | 4 |
| Hepatoesplânquica | 1.680 | 28 | 450 | 1 |
| Rins | 1.380 | 23 | 360 | 1 |
| Músculo | 1.200 | 20 | 26.400 | 88 |
| Pele * | 480 | 8 | 600 | 2 |
| Outros | 180 | 3 | 150 | 1 |

* temperatura ambiente de 25 °

- **Volume de Ejecção Sistólica.** Muitos estudos demonstraram que os sujeitos treinados em relação aos destreinados apresentam um volume sistólico maior, quer em exercício máximo quer em exercício sub-máximo (Saltin,1990).

O problema crucial assenta na capacidade de bombeamento cardíaco, já que estudos levados a cabo em cães (Stray-Gundersen,1986), indicaram que a realização de pericardectomia, provocava o aumento de 20 a 25% do volume sistólico e por consequência um aumento similar no consumo máximo de oxigénio.

Enquanto o músculo esquelético aumenta a sua força de contracção pelo recrutamento selectivo de fibras de superior capacidade contráctil, o miocárdio aumenta a sua força contráctil à custa de contracções mais vigorosas de cada uma das suas fibras (Brooks e Fahey,1984).

O aumento da inotropia do miocárdio apoia-se na eficácia da Bomba de Cálcio ($Ca^{2+}$) e na sua acção directa sobre a miosina-ATPase.

Existem, no entanto, evidências de que a resposta aguda cardiovascular ao exercício prolongado será idêntica no treinado e no destreinado (Raven e Stevens,1988).

Estudos levados a efeito com ratos, demonstraram que o modelo de treino é determinante nas adaptações do miocárdio ao exercício. Os resultados sugerem que o treino de natação potencia quer as propriedades bioquímicas quer contrácteis do miocárdio, enquanto que a corrida induz adaptações relativamente pouco significativas desses mesmos parâmetros (Baldwin,1985).

Quadro 29. Resposta circulatória aguda em ratos em dois tipos de exercício (Baldwin,1985)

| Parâmetro | Natação | Tapete Rolante ($27\ m.min^{-1}$) |
|---|---|---|
| Consumo de $O_2$ | Aumento 2,5 vezes | Aumento 3 vezes |
| Freq. Cardíaca | Pequeno aumento | Aumento 40% |
| Volume Sistólico | Peq. aumento relativo | Aumento 40% |
| Débito Cardíaco | Pequena elevação | Aumento 1,8 a 2 vezes |
| Pressão sang. média | Sem modificação | Sem modificações |

Por contraste com os dados circulatórios agudos, as adaptações crónicas induzidas pela natação (ao nível da contractilidade do miocárdio) são muito mais nítidas que na corrida.

Quadro 30. ATPase das proteínas contrácteis de diversas espécies, sedentários e treinados (Adaptado de Baldwin,1985)

| | NATAÇÃO | | CORRIDA | |
|---|---|---|---|---|
| **Parâmetros** | **Sedentário** | **Treinado** | **Sedentário** | **Treinado** |
| Miosina ATPase | 920 ± 8 | 1200 ± 11 | 1047 ± 20<br>831 ± 4<br>354 ± 3<br>1740 ± 200 | 1121 ± 33 (Rato-M)<br>771 ± 20 (Rato-F)<br>361 ± 3 (Cobaio)<br>1650 ± 210 (Cão) |
| Actomiosina ATPase | 600 ± 10 | 680 ± 20 | 592 ± 9<br>666 ± 5 | 618 ± 22 (Rato-M)<br>660 ± 5 (Rato-F) |
| Miofibril ATPase | 168 ± 2 | 185 ± 6 | 162 ± 5<br>283 ± 6<br>80 ± 6<br>199 ± 12 | 156 ± 10 (Rato-M)<br>326 ± 13 (#)<br>82 ± 6 (Cobaio)<br>194 ± 12 |

# Dados obtidos em ratos que sofreram um treino de intervalos muito intenso
Os valores correspondem a médias em $nmol.mg^{-1}.min^{-1} \pm SD$

Como alguns dados indiciam que a capacidade contráctil do miocárdio é quase idêntico ante e pós-treino, parece ser o volume diastólico final o factor determinante nos limites do $VO_2max$.

Os dados em humanos são exíguos e não permitem esclarecer as dimensões da variabilidade da contractilidade do miocárdio como adaptação crónica.

Interessa também salientar que é necessário ter músculos treinados para induzir um óptimo volume sistólico (Saltin e Gollnick,1983).

Um facto saliente durante o exercício dinâmico prolongado assenta no facto da fatigabilidade do miocárdio. Tudo parece indicar que o desvio central hemodinâmico verificado durante o exercício prolongado, e normalmente agravado pelo aumento da temperatura ambiente (Raven e Stevens,1988), induzindo uma gradual redução do volume sistólico e uma elevação da frequência cardíaca, pode ser provocado pela alteração da contractilidade do miocárdio. Os dados da investigação indicam que a

fracção ejectada diminui progressivamente, independentemente da estabilidade do volume final diastólico (Savard et al.,1987).

- **Percentagem de Hemoglobina (Hb)**. Elemento principal de transporte do oxigénio no sangue, condiciona directamente a quantidade de oxigénio que chega aos tecidos.

O $VO_2max$ está condicionado pela concentração de Hemoglobina circulante. A elevação artificial de hemoglobina induz um aumento do $VO_2max$ (Ekblom,1986a).

Uma redução de 18% na concentração da hemoglobina circulante induz uma redução de 16% no $VO_2max$ em humanos, enquanto uma diminuição mais severa em cães (25%) não provoca alguma diminuição do $VO_2max$. Tal facto deve-se ao aumento substancial do DC (26%) durante o exercício máximo que vai compensar a redução da capacidade de transporte de oxigénio (Horstman et al.,1974; Tipton,1986).

Buick et al. (1980) realizaram em humanos a infusão de eritrócitos. Embora a volémia tenha permanecido inalterada durante 24 horas, a concentração de hemoglobina aumentou 9% (151 para 165 g/l); induziu-se assim um aumento de 5% no $VO_2max$ e um aumento de 34% no tempo de exercício em tapete rolante.

De igual forma Gledhill et al.(1981) ao provocarem uma situação de hipereritrocitémia provocaram uma nítida melhoria no $VO_2max$ num estudo realizado com atletas altamente treinados em endurance.

Quadro 31. Análise em exercício de variáveis hematológicas, transporte e consumo máximo de $O_2$, de seguida à reinfusão autóloga de 1000 ml e 1500 ml de sangue (Gledhill et al.,1981)

| | | Pós-reinfusão | |
|---|---|---|---|
| **Variáveis** | **Controle** | **1000 ml** | **1500 ml** |
| Hb (g. 100 $ml^{-1}$) | 16.0 ± 0.2 | 17.2 ± 0.1 | 17.6 ± 0.1 |
| Hct (%) | 45.6 ± 0.3 | 49.2 ±0.3 | 50.5 ± 0.2 |
| $CaO_2$ (ml.100 $ml^{-1}$) | 20.0 ± 0.6 | 21.3 ±0.2 | 22.0 ± 0.4 |
| $VO_2max$ ($l.min^{-1}$) | 5.04 ± 0.21 | 5.24 ±0.22 | 5.38 ± 0.25 |

Quer-nos parecer, que a afectação do $VO_2max$ (negativa ou positiva), a partir dos parâmetros hematológicos, só é conseguida quando a expressão das alterações induzidas é bastante nítida.

Quer a potenciação eritrocitária quer a diminuição da capacidade de transporte sanguíneo de oxigénio só quando são severamente induzidas é que redundam em afectações nítidas ao nível do $VO_2max$.

Quando a capacidade de transporte de oxigénio é severamente afectada, as compensações do sistema cardio-vascular são insuficientes,

pelo menos no homem, para manter o mesmo nível de $VO_2max$ (Tipton, 1986).

Uma redução da concentração de hemoglobina para valores inferiores a 11 g/100 ml já pode afectar o $VO_2max$ (Gledhill et al.,1981). Em maratonistas de elite, é normal encontrar baixos níveis de hemoglobina (anemia do desportista) e tal facto não invalida que eles desenvolvam prestações desportivas aeróbias de alto nível.

Pensamos que, de igual forma a potenciação eritrocitária e aumento da volémia, quando exagerados podem fazer perder funcionalidade hemodinâmica.

Pode-se levantar a hipótese de que o aumento do hematócrito induzido pela infusão de eritrócitos poderia aumentar a viscosidade sanguínea com afectação do potencial aeróbio.

Embora os eritrócitos sejam, sem dúvida, os principais determinantes da viscosidade sanguínea, parece que os valores máximos para a frequência cardíaca, volume sistólico e débito cardíaco não são diferentes após perda sanguínea (Hb = 121 g/l) ou após reinfusão (Hb = 144 g/l), quando comparados com a situação normal (Hb = 138 g/l), e malgrado as diferenças ao nível do $VO_2max$ (Maughan,1992).

- **Nível de saturação da Hb**. A capacidade de saturação da hemoglobina em oxigénio, tem a ver directamente com a $pO_2$, o pH, temperatura, $pCO_2$ e 2,3 Difosfoglicerato (2,3-DPG).

Parece que os atletas de endurance, talvez devido à nítida expansão volémica, apresentam cumulativamente, menor percentagem de hemoglobina, menor conteúdo arterial de oxigénio e um índice de saturação, de igual forma menor, que outros atletas e mesmo sedentários. O quadro abaixo indicado evidencia estas asserções.

Quadro 32. Valores médios e amplitude do índice de saturação de oxigénio ($SO_2$), hemoglobina (Hb) e conteúdo arterial de oxigénio ($CaO_2$), durante exercício físico exaustivo (Sutton,1992)

| | N | $VO_2max$ ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) | $SO_2$ (%) | Hb ($g.L^{-1}$) | $CaO_2$ ($ml.L^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|
| Jovens Sedentários | 18 | 38 | 94 (92-96) | 158 (149-169) | 200 (188-218) |
| Jovens Treinados | 18 | 52 | 94.5 (92-96) | 159 (151-163) | 201 (191-208) |
| Atletas Endurance | 8 | 74 | 93 (89-95) | 151 (147-162) | 188 (179-204) |

O conteúdo arterial de oxigénio é o produto da saturação arterial de oxigénio e da hemoglobina, e será tanto maior quanto maior for a massa eritrocitária.

Importa no entanto referir que induzindo situações de hiper-volémia aumenta-se a capacidade de trabalho, mas tal facto é inicialmente devido

ao aumento do débito cardíaco máximo e consequente aumento do retorno venoso, tendo menos importância as modificações na capacidade total de transporte de oxigénio pelo sangue (Sutton,1992).

- **Massa Muscular Activa**, corresponde à percentagem de massa muscular com participação directa e fundamental no exercício.

Parece que o ser humano não está constituído para poder fazer exercício simultaneamente com braços e pernas, pelo menos do ponto de vista da capacidade de bombeamento cardíaco (Saltin,1990).

Existe uma dada percentagem de massa muscular que elige um consumo de oxigénio máximo.

Os dados da investigação (Saltin,1990) permitem-nos concluir que numa pessoa normal sedentária, com um DC de 18 a 22 $L.min^{-1}$, cerca de 7 a 9 kg de massa muscular em exercício são suficientes para promover a capacidade total de bombeamento cardíaco. Ou seja 1/3 ou 1/4 da massa muscular total de um sujeito sedentário pode consumir 2.5 a 4 $L.min^{-1}$, o equivalente ao $VO_2max$.

Em humanos destreinados o $VO_2max$ é atingido na corrida. E em treinados e destreinados o $VO_2max$ é significativamente menor no exercício de bicicleta do que na corrida (Hoppeler,1990). Astrand e Saltin (1961) encontraram os seguintes valores de $VO_2max$, para dois tipos de exercício:

- 2 pernas (corrida) - 4.69 $l.min^{-1}$
- 2 pernas (bicicleta) - 4.47 $l.min^{-1}$

O $VO_2max$ obtido pela combinação do trabalho de braços e pernas é bem menor do que seria suposto pela adição dos consumos máximos separados.

Assim temos (Astrand e Saltin,1961):

- 2 pernas (bicicleta) - 4.66 $l.min^{-1}$
- 2 braços (bicicleta) - 3.27 $l.min^{-1}$

Como atrás vimos, a massa muscular compreendida pelas pernas é suficiente para promover o $VO_2max$. É de salientar que a adição dos braços ao trabalho de pernas não aumenta de forma correspondente à massa muscular, o VO2max.

Dados de Hermansen (1973):

- 2 pernas (12-15 kg de massa muscular) = 4.7 $L.min^{-1}$
- 2 pernas + 2 braços (17-22 kg m.m.) = 4.8 $L.min^{-1}$.

Como podemos reparar uma massa muscular nitidamente superior induz uma pequena variação no aumento do VO2max.

O sistema regulador (baroreceptores) durante o exercício promove uma vasoconstrição nos músculos das pernas para permitir uma tensão sanguínea ajustada à massa muscular acrescida; isto acontece independentemente do aumento dramático de vários metabolitos vasodilatadores, tais como lactato e $K^+$ (Savard et al.,1987).

O quadro que se segue analisa essa situação.

Quadro 33. Picos de consumo de oxigénio e débito cardíaco durante exercício exaustivo realizado com diferentes fracções de massa muscular (Adaptado de Saltin,1990)

| Variável | 1 perna | 2 pernas | 2 pernas + 2 braços |
|---|---|---|---|
| Pico do $VO_2$ Pulmonar (L.min-1) | 2.86 | 3.29 | 3.36 |
| Pico de Débito Cardíaco (L.min-1) | 18.4 | 19.9 | 20.5 |

- **Ventilação pulmonar**. A quantidade de oxigénio que entra nos pulmões, e o nível de difusão alvéolo-capilar é factor primacial na disponibilidade do oxigénio.

A funcionalidade pulmonar pode comprometer a capacidade aeróbia mesmo de atletas treinados como veremos à frente.

As diferenças funcionais da cadeia respiratória são nítidas entre sujeitos de diferente condição física e aptidão atlética. Tanto mais nítidas quanto maior o desnível entre eles, como poderemos ver pelo quadro que se segue:

Quadro 34. Capacidades cardiovasculares e pulmonares determinadas durante exercício máximo em estudantes colegiais e atletas olímpicos (Savard et al.,1987)

| Indicadores | Controle | Estudantes | | Atletas Olímpicos |
|---|---|---|---|---|
| | | Após Acamação | Após Treino | |
| $VO_2max$ ($l.min^{-1}$) | 3.30 | 2.43 | 3.91 | 5.38 |
| Ventilação Máxima ($l.min^{-1}$) | 191 | 201 | 197 | 219 |
| Coef. Transf. $O_2$ ($ml.min^{-1}/mmHg$) | 96 | 83 | 86 | 95 |
| Conteúdo Art. $O_2$ (Vol%) | 21.9 | 20.5 | 20.8 | 22.4 |
| Débito Cardíaco Máximo ($l.min^{-1}$) | 20.0 | 14.8 | 22.8 | 30.4 |
| Volume Sistólico (ml) | 104 | 74 | 120 | 167 |
| F.C. máx ($bat.min^{-1}$) | 192 | 197 | 190 | 182 |
| Dif. Artério-venosa $O_2$ (Vol%) | 16.2 | 16.5 | 17.1 | 18.0 |

O transporte do oxigénio desde o ar atmosférico até à mitocôndria, onde vai dar suporte ao processo de fosforilação oxidativa, está condicionado por uma série de factores, que se podem conjugar em dois grandes blocos que consubstanciam uma:

Limitação Central (Saltin,1988), ou

Limitação Periférica (Kaiser,1970)

No primeiro caso temos que a disponibilidade central de oxigénio depende do débito cardíaco máximo (DCmax), e do máximo conteúdo arterial de oxigénio ($CaO_2max$). O DC (**DC=Vs x FC**) está dependente do Vs (volume sistólico), factor este profundamente correlacionado com o $VO_2max$ (Ekblom,1986a).

No segundo caso, estamos perante a capacidade de extracção de oxigénio levada a cabo pelo músculo, e que é expressa pela diferença artério-venosa $(a - v)O_2$.

A conjugação destes dois factores indica-nos a capacidade circulatória e extractiva do organismo, e assim o consumo máximo de oxigénio é expresso pela seguinte fórmula, denominada Equação de Fick:

$VO_2max = DCmax\ (a - v)O_2max$

$DC_{max}$ = Débito cardíaco máximo

$(a - v)O_2max$ = Diferença artério-venosa de oxigénio

Um terceiro factor a ter em conta diz respeito à capacidade de difusão do oxigénio pelos tecidos. Assim a capacidade do oxigénio ser transferido desde o capilar até à mitocôndria depende do gradiente de difusão expresso pela seguinte equação:

$$VO_2max = DO_2max \times PvO_2max$$

$DO_2max$ = Difusão máxima de oxigénio

$PvO_2max$ = Pressão venosa máxima de oxigénio

Em síntese podemos dizer que a tese da Limitação Central apoia-se no facto de que existe um DCmáx, finito e não modificável independentemente da quantidade da massa muscular solicitada. A tese da Limitação Periférica assevera que existe uma capacidade máxima de difusão do oxigénio entre os tecidos, e que é expressa pela diferença entre a tensão capilar de oxigénio e a tensão de oxigénio no sangue venoso *(mixed)*.

Estes modelos explicativos não são antagónicos mas sim complementares, pois podemos deparar com uma situação em que um inadequado fluxo muscular de sangue pode reduzir a $pO_2$ capilar e consequentemente limitar o gradiente de difusão de oxigénio (Sutton,1992).

Nos exercícios envolvendo uma grande percentagem de massa muscular, e em situações de normalidade, o $VO_2max$ é normalmente limitado pela cedência de oxigénio aos músculos em exercício e menos pela capacidade dos mesmos em utilizar o oxigénio.

Embora a ênfase no condicionamento do consumo máximo de oxigénio, seja posta nos factores circulatórios e extractivos, o sistema pulmonar pode assumir de igual forma grande importância.

Sendo o sistema pulmonar o primeiro elo da cadeia de transporte de oxigénio desde o ar atmosférico até aos músculos em exercício,

normalmente não é considerado como factor limitante, a não ser no caso de doença pulmonar.

Tal argumento deve-se ao facto de se verificar que o volume minuto ($V_E$) durante o exercício ser consideravelmente menor que a Ventilação Máxima Voluntária, permitindo assim estabelecer uma dada reserva ventilatória (Maughan,1992).

O consumo de oxigénio aumenta quando hiperventilamos em esforços suaves (20 Watts), mas em esforços superiores a 40 Watts o $VO_2$ não é afectado quando o $V_E$ aumenta entre 30-40% (Jones e Wakefield,1984).

A baixos níveis de actividade o custo metabólico dos músculos envolvidos na hiperventilação representam uma fracção significativa do custo energético total, pelo que se apresenta como normal o aumento do consumo de oxigénio numa situação de hiperventilação a 20 watts de trabalho.

Muitos estudos em sujeitos saudáveis demonstraram que a saturação do oxigénio do sangue arterial permanece alta, quer em sedentários quer em atletas de elite em esforços de *endurance* (sempre acima dos 90%) mesmo durante esforços máximos, o que sugerirá que nem a ventilação nem o fluxo sanguíneo pulmonar se constituirão como factores limitativos do $VO_2max$ (Maughan,1992).

Outros estudos (Dempsey et al.,1984) demonstraram de forma convincente a existência de dessaturação do sangue arterial, com uma queda na pressão parcial arterial de oxigénio ($PaO_2$) durante exercício intenso desenvolvido ao nível do mar.

Aumentando a intensidade de exercício, alguns atletas (treinados) manifestavam dificuldades respiratórias. Enquanto um grupo de atletas com o desenvolvimento do exercício dessaturava (isto é, apresentava uma baixa na saturação arterial de oxigénio = 87%), o grupo de controle, sem deficiências respiratórias, apresentava uma saturação da ordem dos 92% (Dempsey et al.,1984).

Os atletas que dessaturavam apresentavam uma $pCO_2$ relativamente mais alta, uma ligeira redução na ventilação alveolar, uma mais ampla diferença tensional de oxigénio entre a artéria e o alvéolo (Dempsey et al.,1984). Embora as diferenças sejam pouco nítidas podem no entanto ao nível do esforço máximo induzir diferenças de *performance*. No mesmo estudo Dempsey e colaboradores melhoraram o $VO_2max$ (de 70 para 75 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$) nos atletas que dessaturavam, induzindo uma situação de hiperoxigenação nos gases inspirados.

Estas considerações ganham especial acuidade em atletas mais idosos, já que a capacidade elástica dos pulmões vai-se reduzindo com a idade, afectando a capacidade máxima respiratória.

Dempsey et al. (1984) demonstraram que o aumento do Volume Residual limita a função inspiratória, pelo encurtamento dos músculos

inspiradores e consequente redução da capacidade destes músculos de controlar a expansão da caixa toráxica. De igual forma o trabalho dos músculos que controlam a respiração torna-se menos eficiente, e pode atingir um custo metabólico de 12 a 16 % do $VO_2max$.

Se existe um estreitamento das vias aéreas, vai diminuir por consequência a superfície das trocas gasosas (hematose), levando ao aumento da diferença da $pO_2$ entre o alvéolo e o capilar.

Infere-se portanto que o consumo máximo de oxigénio pode ter no aparelho pulmonar um importante factor condicionante.

Todas estas dificuldades são devidas à redução do comando ventilatório, mas evidenciam de igual forma uma menor adaptabilidade dos pulmões ao treino de endurance, incluindo a sua capacidade de difusão, quando comparada com a plasticidade do sistema cardiovascular ou do músculo esquelético a esse mesmo tipo de treino.

Para atestar estas considerações poderemos afirmar que enquanto o DCmáx em atletas muito bem treinados é normalmente 2 ou 3 vezes superiores ao dos sedentários, as diferenças nas funções estáticas e dinâmicas dos pulmões, bem como na capacidade de difusão pulmonar são pequenas (Maughan,1992).

Em atletas, principalmente em nadadores, a capacidade total pulmonar e a capacidade vital estão normalmente aumentadas entre 5 a 15%. No entanto a capacidade máxima de difusão do pulmão e o volume sanguíneo capilar pulmonar são idênticos em atletas e não atletas (Dempsey et al.,1988).

No entanto, em situações normais a capacidade máxima do pulmão em transferir oxigénio para o sangue está longe de ser saturada (Dempsey et al.,1989).

As situações em que se verifica a incapacidade de saturação do oxigénio, parece ser devidas ao desfazamento entre as capacidades de difusão e perfusão, possivelmente devidas a uma vasoconstrição pulmonar derivada de hipoxia local (Dempsey et al.,1984). Isto acontece independentemente do grande aumento do volume sanguíneo capilar pulmonar, e que assegura que o tempo de trânsito do eritrócito através dos capilares pulmonares diminua somente para metade enquanto o débito cardíaco aumenta várias vezes.

No entanto em atletas muito bem treinados, os altos débitos cardíacos que atingem, o tempo de trânsito capilar pode ser demasiado curto, pelo menos em alguns capilares, obstando por isso á obtenção do equilíbrio entre gases (Maughan,1992).

As diferenças no $VO_2max$, que se verificam entre atletas e entre atletas e sedentários, têm a ver com uma diversidade de factores, que podem ter a sua génese a nível pulmonar, a nível circulatório ou a nível periférico.

- **Treinabilidade pulmonar-** O $VO_2max$, que consideramos como a capacidade máxima para captar, transportar e utilizar o oxigénio pelos músculos em actividade, varia de importância consoante o tipo de desporto praticado.

Existem diferenças nítidas entre a aptidão aeróbia entre sedentários e desportistas especialistas de esforços de *endurance* que assentam mais a nível circulatório e extractivo do que nível das trocas pulmonares.

Eis alguns valores de referência (Savard et al.,1987):

. Limite máximo de transferência pulmonar de oxigénio quer em sedentários quer em atletas de endurance 90 - 100 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$

. Limite máximo do coração em ceder oxigénio
Sedentários 50 - 60 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$
Fundistas 80 - 100 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$

. Limite máximo de consumo muscular de oxigénio
Sedentários 150 - 200 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$
Fundistas 200 - 300 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$

Os atletas, em princípio, apresentam um perfil aeróbio superior aos sedentários, que assenta menos nos parâmetros pulmonares e mais no potencial oxidativo celular (capilarização, enzimas oxidativas, mitocôndrias) e fundamentalmente na capacidade de bombeamento cardíaco.

No entanto os parâmetros pulmonares são utilizados com maior eficiência nos atletas treinados, permitindo-lhes altos níveis de trabalho.

Quadro 35. Solicitações dos sistemas de controle pulmonar (Dempsey et al.,1988)

| | **Repouso** | **Exercício Moderado** | **Ex. Máximo Não Treinado** | **Ex.Máximo Treinado** |
|---|---|---|---|---|
| $VO_2$ ($l.min^{-1}$) | 0.3 | 1 | 3 | 5 |
| $CvO_2$ ($ml.100mg^{-1}$) | 15 | 11 | 6 | < 2 |
| $PvCO_2$ (mmHg) | 46 | 52 | 65 | > 75-80 |
| Ventilação Alveolar | 5 | 25 | 90 | 140 |
| Fluxo Sang. Pulmonar | 5 | 11 | 20 | 27 |

O exercício máximo correspondia ao $VO_2max$
O atleta treinado tinha um nível de treino muito alto

Durante o exercício pelo menos 3 sistemas de controle interagem no sentido de assegurar a eficiência das funções pulmonares correlacionadas com as trocas de gases (Dempsey et al.,1988):

- Hiperpneia
- Trabalho mecânico dos pulmões e caixa toráxica
- Controle da troca de gases alvéolo-arterial

Vários dados carreados pela investigação (Dempsey et al.,1984; Dempsey et al.,1988) permitem esclarecer que a eficácia destes sistemas é melhorada pelo treino, embora a capacidade máxima de consumo de oxigénio, em indivíduos normais, não parece ser afectada pelos parâmetros conotados com a troca de gases.

O principal músculo respiratório, o diafragma, aumenta a sua capacidade oxidativa com o treino de *endurance* o que indica uma superior capacidade de resistência ao exercício prolongado (Tamaki,1987).

De igual forma a exposição à altitude (4000 m) melhora a funcionalidade oxidativa do diafragma, aumentando a densidade capilar, a concentração de hexoquinase e a fracção cardíaca da LDH (Bigard et al.,1992).

Importa esclarecer que o envelhecimento diminui a capacidade adaptativa do diafragma. Powers et al. (1992) encontraram pequenos aumentos quer na capacidade oxidativa quer na densidade capilar do diafragma de ratos velhos, nas fibras Tipo I e Tipo IIa após um programa de treino de *endurance* durante 10 semanas.

Tudo indica que a treinabilidade dos músculos respiratórios é inferior aos músculos de locomoção, pelo que a idade pode constituir um factor limitante não só ao nível circulatório mas também pulmonar.

### 3.3.1.1. $VO_2max$ em função da modalidade desportiva

A especificidade de uma dada modalidade desportiva determina o perfil aeróbio dos respectivos atletas.

Em alguns desportos ganha superior importância a potência máxima aeróbia considerada em termos absolutos (e.g. Remo) e noutros a expressão relativa dessa potência caracteriza com mais eficácia o nível da *performance* (e.g. maratonistas).

Nos denominados Jogos Desportivos Colectivos, o perfil aeróbio não é determinante na caracterização dos vários níveis competitivos, sendo no entanto um factor que em certas condições pode diferenciar equipas de diferente nível competitivo.

O quadro síntese que de seguida apresentamos, tenta evidenciar o perfil aeróbio de algumas modalidades desportivas, tentando a comparação entre equipas de nível competitivo diverso.

Quadro 36. Perfil do consumo máximo de oxigénio em vários desportos e em equipas de nível diverso

| Amostra | n | Idade | Peso (kg) | $VO_2max$ (Absoluto) | $VO_2max$ (Relativo) | F.C.máx (bat.min-1) | Autor |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Andebol 2ª Div. França | 7 | 19.7± 1.1 | 77.3 ± 7.5 | 4.47 ± 0.36 | 58.3 ± 5.3 | 194 ± 12 | Delemarche et al., 1987 |
| Basquetebol Eq. Nac. USA | 8 | 26.0 ± 3.5 | 85.5 ± 4.5 | 4.80 ± 0.33 | 56.1 ± 2.2 | 178 ± 6.0 | Puhl et al. 1982 |
| Voleibol Eq. Nac. Canadá | 15 | 24.8 ± 2.2 | 89.6 ± 5.0 | | 56.7 ± 4.5 | | Smith et al. 1992 |
| Remo-Pesados Elite - França | 27 | 24.7 ± 3.3 | 85.9 ± 4.9 | 5.75 ± 0.23 | 67.1 ± 3.4 | 194.4 ± 5.2 | Desnus et al. 1990 * |
| Remo-Ligeiro Elite - França | 13 | 23.2 ± 2.1 | 70.5 ± 2.4 | 4.98 ± 0.21 | 70.1 ± 3.8 | 195.0 ± 4.3 | " |
| Basquetebol Eq. Nac. França | 19 | 24.5 ± 2.4 | 89.7 ± 7.9 | 5.22 ± 0.42 | 57.5 ± 3.3 | 184.6 ± 5.8 | " |
| Voleibol Elite -França | 16 | 23.4 ± 2.5 | 84.3 ± 5.9 | 4.51 ± 0.44 | 53.6 ± 4.1 | 189.4 ± 9.7 | " |
| Canoagem Elite - Kayak (F) | 19 | 24.1 ± 2.7 | 77.5 ± 5.7 | 4.38 ± 0.37 | 56.7 ± 3.9 | 189.4 ± 8.3 | " |
| Canoagem Elite - Canoa (F) | 11 | 23.2 ± 2.9 | 78.5 ± 3.9 | 4.14 ± 0.37 | 53.0 ± 4.0 | 188.0 ± 8.3 | " |
| Basquetebol 1ª Div. Portugal | 25 | 23.8 ± 4.7 | 84.9 ± 11.8 | 4.0 ± 0.6 | 46.8 ± 5.1 | | Janeira 1994 ** |
| Andebol 1ª Div. Portugal | 10 | 23.8 ± 4.5 | 83.0 ± 9.0 | 3.6 ± 0.7 | 43.8 ± 5.2 | | Santos 1991 ** |

* Tapete Rolante
** Cicloergómetro

Da análise do quadro precedente, tomemos como referência o Remo. Embora os pesos-ligeiros apresentem um $VO_2max$ relativo, superior, tal facto não tem expressão a nível da *performance* absoluta, já que a importância do peso no Remo é atenuada pela especificidade biomecânica da modalidade.

Salientam-se, negativamente, os fracos valores do $VO_2max$ nos atletas portugueses, o que indicia a falência da metodologia de treino, e independentemente do protocolo utilizar o tapete rolante ou o cicloergómetro. Astrand e Rodahl (1986) encontraram no cicloergómetro, valores de $VO_2max$, 7% menores que no tapete rolante. Pensamos que essa diferença tem a ver com a caracterização da amostra, já que outros autores (Vogelaére et al.,1985) ao compararem o $VO_2max$ entre futebolistas e não futebolistas medianamente treinados, encontraram em ambas as amostras um superior $VO_2max$ no cicloergómetro em relação ao tapete rolante.

Quadro 37. Comparação do $VO_2max$ entre Cicloergómetro e Tapete Rolante em futebolistas e não futebolistas (Vogelaére et al.,1985)

| | Futebolistas | | Não futebolistas | |
|---|---|---|---|---|
| | Tapete Rolante | Cicloergómetro | Tapete Rolante | Cicloergómetro |
| $VO_2max$ ($L.min^{-1}$) | 3.34 ± 0.29 | 3.81 ± 0.52 | 3.57 ± 0.67 | 3.58 ± 0.75 |
| $VO_2max$ ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) | 44.96 ± 4.96 | 51.47 ± 5.44 | 48.71 ± 7.30 | 49.01 ± 10.0 |
| F.C. máx ($bat.min^{-1}$) | 174.2 ± 8.2 | 172.6 ± 8.8 | 178.7 ± 9.1 | 179.6 ± 9.2 |

Pensamos que, o problema do tipo de ergómetro utilizado e a sua relação com a capacidade preditiva funcional dos testes, tem a ver com a adaptação específica do sujeito. No entanto, é de salientar que atletas de diferentes modalidades desportivas (remo, canoagem) conseguem superiores valores de $VO_2max$ no tapete rolante do que nos ergómetros específicos (Bunc et al.,1987).

### 3.3.1.2. $VO_2max$ no futebol

Os vários dados recolhidos pela investigação permitem-nos caracterizar o futebol como um desporto cujos atletas devem possuir uma aptidão aeróbia importante (Lacour e Chatard, 1984; Gerisch et al.,1988; Pirnay et al.,1992), embora os constrangimentos de índole técnica e táctica possam atenuar essa importância.

Esta funcionará como pano de fundo de todas as outras componentes correlacionadas com o rendimento atlético no futebol.

Para Ekblom (1986b) a intensidade média do jogo, corresponde a cerca de 80% da potência máxima aeróbia. Daqui se infere a importância do metabolismo oxidativo durante um jogo de futebol, facto que tem sido negligenciado por muitos treinadores portugueses.

Se o jogo decorre com níveis médios de intensidade que se acercam dos 80% da Potência Máxima Aeróbia, a potenciação do metabolismo oxidativo tem de ser equacionada como importante para o desempenho competitivo.

Embora reconheçamos que os metabolismos anaeróbios impostos pelos esforços que fazem apelo à velocidade e força explosiva são os determinantes da qualidade funcional de um jogador ou equipa, temos de validar as dominantes aeróbias como base estrutural e estruturante dos esforços de grande intensidade.

Portanto, a análise do $VO_2max$, embora não completamente conclusiva acerca do nível competitivo de uma equipa, apresenta-se como determinante na possibilidade de um jogador aumentar a densidade dos esforços intensos característicos do jogo. Este parâmetro age fundamentalmente ao nível da capacidade e velocidade de recuperação.

Como atrás referimos a intensidade e densidade dos deslocamentos estão relacionados com vários factores, entre os quais sobressai a função específica de cada jogador em campo.

Os dados da literatura evidenciam as inter-relações entre a função específica dos jogadores de futebol e os dados fisiológicos e antropométricos.

Quadro 38. $VO_2$max em jogadores de futebol francês de elite em função da especialização posicional (Rochcongar e Dassonville,1981)

| **Posição** | **Idade** (anos) | **Peso** (kg) | **$VO_2$máx** ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) | **$VO_2$máx** ($L.min^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|
| Guarda-Redes | 26.0 ± 4.5 | 75.6 ± 0.5 | 58.0 ± 1.7 | 4.26 ± 0.27 |
| Defesas | 24.2 ± 4.9 | 74.0 ± 4.7 | 63.6 ± 9.7 | 4.70 ± 0.68 |
| Médios | 23.6 ± 4.6 | 67.8 ± 4.3 | 64.0 ± 10 | 4.24 ± 0.73 |
| Atacantes | 25.2 ± 5.1 | 71.3 ± 5.5 | 59.4 ± 9.2 | 4.26 ± 0.59 |

Pelo quadro atrás exposto, denotamos uma certa potenciação aeróbia dos médios e os defesas. No entanto, urge diferenciar nestes, os laterias e centrais, cujo perfil funcional em jogo é diferente. No futebol moderno os defesas laterais são muito mais dinâmicos que os centrais.

Os dados de Bangsbo (1993) corroboram parcialmente os dados expressos no quadro 39, e discriminam os centrais dos laterais, o que, na nossa opinião, promove uma melhor caracterização dos futebolistas.

Quadro 39. $VO_2$max (por funções ) em futebolistas dinamarquês de elite (Bangsbo,1993)

| **Posição** | **n** | **$VO_2$máx** ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) | **$VO_2$máx** (Amplitude) |
|---|---|---|---|
| Guarda-Redes | 5 | 51.0 | (48.5-53.5) |
| Laterais | 12 | 61.9 | (52.9-76.9) |
| Centrais | 13 | 56.4 | (51.7-63.2) |
| Médios | 21 | 62.4 | (54.2-68.4) |
| Atacantes | 14 | 60.2 | (50.1-64.4) |

Os dados caracterizadores do perfil aeróbio duma dada amostra de futebolistas, têm de ser sempre relativizados ao envolvimento específico.

Se compararmos o futebol alemão com o chileno, as conclusões têm de ser muito cautelosas. Um médio duma equipa chilena terá seguramente um potencial aeróbio muito menor do que um avançado alemão.

O perfil aeróbio de cada equipa varia com o seu nível competitivo, o nível competitivo do país em que está integrada, com as condições

climatéricas, o perfil genético, os hábitos culturais, e em última instância da filosofia de treino que a caracteriza.

O quadro 40 elucida-nos acerca do $VO_2max$ de várias equipas.

Quadro 40. $VO_2max$ médio de várias equipas de futebol de diferente nível competitivo

| Autor | Amostra | n | $VO_2max$ (Abs.) $L.min.^{-1}$ | $VO_2max$ (Rel.) $ml.kg.^{-1}min.^{-1}$ |
|---|---|---|---|---|
| Agnevik (1975) | Elite Suécia (1970) | | | 58.6 |
| Williams et al. (1973) | Profissionais Grã-Bretanha | 9 | | 57.8 |
| Williams et al. (1973) | Universitários Grã-Bretanha | 11 | | 50.3 |
| Raven et al. (1976) | Profissionais USA 1ª Divisão | 18 | | 58.4 ± 0.8 |
| Novak et al. (1978) | Olímpicos Marrocos | 9 | 3.8 ± 0.4 | 53.2 ± 4.2 |
| Vogelaère (1985) | Profissionais Anderlecht (1973) | 13 | 3.80 ± 0.5 | 51.1 ± 7.4 |
| Vogelaère (1985) | Profissionais Anderlecht (1975) | 15 | 3.72 ± 0.4 | 49.4 ± 4.6 |
| Rhodes et al. (1986) | Equipa Olímpica Canadá | 16 | 4.2 ± 0.4 | 58.7 ± 4.1 |
| Nowacki et al. (1984) | Equipa Campeã do Mundo Alemanha (1974) | 10 | | 54.5 ± 6.8 |
| Nowacki e Castro (1984) | Eq. Vice-campeã do Mundo Alemanha (1982) | 15 | | 59.5 ± 5.4 |
| Nowacki et al. (1988) | TSV Battenberg (3ª divisão) Alemanha | 10 | | 69.2 ± 7.8 |
| Faina et al.(1988) | Amadores Itália | 6 | | 64.1 ± 7.2 |
| Faina et al.(1988) | Profissionais Itália | 27 | | 58.9 ± 6.1 |
| Vanfraechem et al. (1991) | Profissionais Anderlecht (1990) | 18 | 4.32 ± 0.5 | 56.7 ± 8.0 |
| Bunc et al. (1991) | Internacional Checoslováquia | 15 | | 61.9 ± 4.1 |
| Brewer e Davis (1991) | Profissionais Inglaterra | 15 | | 59.8 ± 3.9 |
| Brewer e Davis (1991) | Semi-profissionais Inglaterra | 12 | | 59.6 ± 3.4 |
| Heller et al. (1991) | Profissionais 1ª Divisão Checoslováq. | 12 | | 60.1 ± 2.8 |
| Tokmakidis et al. (1991) | Profissionais 1ª Divisão (Grécia) | 99 | | 56.1 ± 4.7 |
| Rahkila e Luhtanen (1991) | Internacional Finlândia | 31 | 4.2 + 0.3 | 56.0 ± 3.0 |
| Matkovic et al. (1991) | Profissionais 1ª Divisão (Croácia) | 44 | 4.1 ± 0.6 | 52.0 ± 10.7 |
| Chin et al. (1992) | Profissionais 1ª Divisão (Hong.Kong) | 24 | | 59.1 ± 4.9 |
| Bangsbo (1993) | Internacional Dinamarca | 14 | | 60.4 ± 4.0 |

Da análise deste quadro salientam-se as seguintes constatações:

- os dados referentes à equipa do Anderlecht, indiciam superior importância dos mecanismos oxidativos no futebol actual

- os jogadores profissionais não se diferenciam dos amadores a partir dos indicadores da potência máxima aeróbia

- não existe uma correspondência clara entre o nível competitivo internacional de uma equipa e o seu perfil aeróbio

- as equipas de alto nível competitivo (pelo menos as actuais) apresentam-se mais potenciadas quanto ao $VO_2max$.

Quer-nos parecer, que o $VO_2max$, *per se,* não apresenta suficiente força discriminadora quanto ao nível competitivo de uma equipa. No entanto, os valores médios de $VO_2max$ do futebol actual (mais dinâmico) são superiores aos do passado, pelo que devemos levantar a hipótese dum nível mínimo de competência aeróbia, para responder com eficácia às exigência do futebol actual.

Na validação das dominantes aeróbias do exercício temos de levar em consideração de que o $VO_2max$ vai progressivamente diminuindo com a idade e acompanha a par e passo a diminuição progressiva da frequência cardíaca máxima do indivíduo. Esta diminuição será tanto menos acentuada quanto melhor for o nível de treino do sujeito.

Quadro 41. Consumo máximo de oxigénio em jogadores de futebol em função da idade (Desnus et al.,1990)

| **Escalão Etário** | **n** | **Idade** anos | **$VO_2max$** $l.min^{-1}$ | **$VO_2max$** $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ | **FC máx** $bat.min^{-1}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| + de 20 anos | 30 | 25.2 ± 3.6 | 4.26 ± 0.45 | 59.1 ± 5.0 | 190.0 ± 7.4 |
| - de 20 anos | 19 | 18 - 19 | 4.42 ± 0.30 | 61.9 ± 4.3 | 198.3 ± 5.2 |
| | 35 | 16 - 17 | 4.30 ± 0.31 | 62.0 ± 4.4 | 197.9 ± 7.9 |
| | 16 | 14 - 15 | 4.18 ± 0.46 | 61.7 ± 4.9 | 199.9 ± 6.2 |

O quadro anterior permite-nos por um lado evidenciar que nos futebolistas mais jovens (14-15 anos) a sua superior potência máxima aeróbia é devida à relativização do consumo ao peso corporal. No entanto nos outros escalões etários (16-17 e 18-19 anos) a superioridade em relação aos jogadores adultos, é não só manifestada a nível do $VO_2max$ relativo, mas de igual forma quando consideramos este parâmetro funcional em termos absolutos. Isto indicia a importância do treino global nos mais jovens, em que se respeita a potenciação dos processos energéticos oxidativos.

A partir de um nível maturacional determinado (pensamos que os 16-17 anos é um patamar diferenciador) as diferenças entre jogadores de elite não são nítidas, como podemos comprovar no quadro seguinte:

Quadro 42. Consumo máximo de oxigénio e consumo de oxigénio a uma lactatémia de 3 mmol em jogadores dinamarqueses de elite em função da idade (Bangsbo,1993)

| Idade (anos) | 16 | 18-21 | 22-25 | 26-29 | > 29 |
|---|---|---|---|---|---|
| $VO_2max$ | 59.5 | 60.7 | 61.8 | 59.6 | 60.9 |
| ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) | (53.8-64.2) | (56.3-67.7) | (54.2-65.9) | (52.7-72.0) | (51.7-64.5) |
| $VO_2lac_3$ | 47.3 | 48.9 | 49.9 | 48.8 | 48.9 |
| ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) | (40.1-50.2) | (40.3-56.1) | (38.4-57.5) | (40.4-57.5) | (40.3-55.4) |

Entre jogadores de elite, a idade não apresenta força discriminativa quando caracterizamos as amostras a partir de certos parâmetros. Bangsbo (1993) ao utilizar o $VO_2max$ e a economia funcional expressa pelo $VO_2$ correspondente e uma lactatémia de 3 $mmol.l^{-1}$, não encontrou diferenças significativas, em função da idade.

Reforçamos estas considerações com os dados de Rahkila e Luhtanen (1991), que são sintetizados no quadro que se segue.

Quadro 43. Valores de $VO_2max$ e Limiar Anaeróbio em futebolistas finlandeses de vários escalões etários (Rahkila e Luhtanen,1991)

| Escalão | Senior | > 17 < 18 | < 17 | < 16 |
|---|---|---|---|---|
| $VO_2max$ ($l.min^{-1}$) | 4.2 ± 0.3 | 4.0 ± 0.5 | 3.8 ± 0.4 | 3.6 ± 0.4 |
| $VO_2max$ ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) | 56.0 ± 3.0 | 56.0 ± 4.0 | 58.0 ± 5.0 | 57.0 ± 5.0 |
| $L_{AN}$ ($l.min^{-1}$) | 3.6 ± 0.3 | 3.4 ± 0.4 | 3.2 ± 0.3 | 3.1 ± 0.3 |
| $L_{AN}$ ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) | 47.0 ± 4.0 | 48.0 ± 4.0 | 49.0 ± 4.0 | 49.0 ± 5.0 |

Este quadro permite-nos concluir que embora o $VO_2max$ dos seniores, em termos absolutos, seja maior, em termos relativos os mais jovens apresentam superior perfil aeróbio. Os limiares anaeróbios são comparáveis.

Em síntese podemos afirmar que a prestação desportiva no futebol depende em larga medida do potencial aeróbio do jogador, já que mais de 90% do tempo de jogo é preenchido com actividades de intensidade inferior ao Limiar Anaeróbio (Pirnay et al.,1991).

Embora o toque de qualidade de uma equipa seja dado pelo número e tipo dos esforços de grande intensidade (Reilly e Thomas, 1976; Reilly, 1991; Bangsbo, 1993), julgamos essencial para o jogador moderno, o desenvolvimento de uma óptima capacidade aeróbia, que funcionará como base estruturante dos esforços curtos e intensos.

A validação, por si só, do consumo máximo de oxigénio escamoteia a realidade intrínseca de um jogo de futebol. Uma coisa é a caracterização do jogo, duma equipa ou de um jogador, e outra muito mais complexa relaciona-se com a evidenciação dos factores de *performance*.

O $VO_2max$ pode querer significar muito ou nada. Depende do nível de análise. Roi et al. (1993) ao estudarem durante 6 anos (1984-1990) uma equipa da 1ª divisão italiana (Atalanta B. C.) não verificaram variações significativas ao nível do $VO_2max$ (média) da equipa, e as classificações foram tão díspares como 6º lugar em 88-89 e a descida à 2ª divisão em 86-87.

### 3.3.1.3. $VO_2max$ nas corridas do atletismo

A importância do $VO_2max$, varia em função da especialidade. Assim para um velocista este parâmetro é negligenciável, enquanto que para os meio-fundistas e fundistas consubstancia um factor determinante na *performance* .

A importância do $VO_2max$ será tanto maior quanto mais longa a prova. Isto dentro de certos limites, pois em provas que ultrapassem os 10.000 metros, outros factores relativizam a importância do $VO_2max$.

Os factores que se correlacionam positivamente com a *performance* em esforços de longa duração são:

- **$VO_2max$**
- **Economia de corrida** ($E_C$). Dispêndio energético da corrida a velocidades submáximas
- ***Endurance*** (utilização fraccional do $VO_2max$). Capacidade de suster no tempo uma intensidade o mais próxima possível do $VO_2max$
- **$V_{HI4}$** (Velocidade máxima mantendo uma lactatémia estável. A escola alemã propõe a velocidade às 4 $mmol.l^{-1}$, embora esta concentração de lactato não seja estável para muitos atletas)
- **Limiar anaeróbio respiratório** ($L_{AN}$)
- **Limiar anaeróbio metabólico** (Limiar láctico)
- **Perfil fibrilar**
- **Idade** (não por si só, mas quando relativizada aos anos de treino)
- **Nível e tipo dos substratos energéticos**
- etc.

Em velocistas o potencial aeróbio não está correlacionado com a *performance.* Inclusivé, excessivo trabalho aeróbio com velocistas afecta negativamente a *performance* (Bosco,1982).

A excelência competitiva de um velocista, encontra justificção fisiológica, num perfil muscular particular, bem como numa aptidão energética apoiada na eficácia dos processos anaeróbios, entre os quais a potenciação das reservas de ATP e Fosfocreatina ganham particular relevo (Black,1988).

Pela importância da referência apresentamos, de forma integrada, algumas características fisiológicas de 6 velocistas norte-americanos de elite.

Quadro 44. Variáveis fisiológicas de velocistas norte-americanos de elite (Barnes, 1981)

| Variáveis | Harvey Glance | Steve Williams | Steve Riddick | Michael Kee | Charles Foster | James Walker |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 100 m (s) | 10.16 | 10.16 | 10.31 | 10.27 | 13.49 * | 49.21 ** |
| $VO_2max$ ($L.min^{-1}$) | 3.5 | 4.2 | 3.9 | 3.9 | 4.3 | 4.0 |
| $VO_2max$ ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) | 52.0 | 53.5 | 51.8 | 61.6 | 58.3 | 57.5 |
| $V_E$ ($L.min^{-1}$) | 127.1 | 129.5 | 113.3 | 108.0 | 109.5 | 119.7 |
| F.C. repouso ($bat.min^{-1}$) | 63 | 76 | 55 | 49 | 63 | 62 |
| F.C. máx ($bat.min^{-1}$) | 198 | 182 | 182 | 194 | 192 | 205 |

* 110 metros barreiras
** 400 metros barreiras

Os valores médios de consumo máximo de oxigénio (55.8 ± 4.0 $ml.kg.min^{-1}$) dos *sprinters* norte-americanos são idênticos a outras amostras (Bricki e Dekkar,1987; Crielaard e Pirnay,1981; Desnus et al.,1990).

O valor preditivo do $VO_2max$ na *performance*, somente começa a ter uma certa força a partir dos 800 metros, quando se encontra uma boa relação entre o $VO_2max$ a Economia de Corrida ($E_C$) e o rendimento atlético (Lacour et al.,1990; Houmard et al.,1991).

A partir dos 800 metros o índice de correlação entre a *performance* e o $VO_2max$ começa a ser positivo, embora Deason et al. (1991) não tenham encontrado uma correlação alta ($r = 0.49$; $p<0.05$). Estes autores encontraram nas marcas em distâncias menores (100 e 300 m) um maior valor preditivo do tempo aos 800 metros ($r^2=0.86$).

Conflituando com os dados anteriores, Camus (1992) em 69 estudantes de Educação Física, praticantes habituais de corridas de 800 e 1.500 metros encontrou correlações muito significativas ($r = - 0.85$ e $r = - 0.89$ respectivamente) entre as marcas nessas especialidades e o $VO_2max$.

Pensamos que a disparidade dos dados assenta na diferença de nível competitivo entre as amostras. Assim para os estudantes, cujo volume e intensidade de treino são menores, o consumo máximo de oxigénio é determinante para a *performance* . Quando o nível do atleta é superior, e se consubstancia num $VO_2max$ estabilizado, são outros os factores a discriminar as amostras.

Housh et al. (1988) estudaram em 39 pedestrianistas de nível médio (*joggers* , meio-fundistas colegiais e regionais) a relação entre vários parâmetros (consumo máximo de oxigénio, $L_{AN}$, economia de corrida ($E_C$), capacidade anaeróbia (Teste de Wingate), força isocinética da perna dominante, gordura corporal e massa magra) e a *performance* numa corrida de 3,22 km. Determinaram que a força explicativa dos vários

factores para a variação dos tempos, era a seguinte (por ordem decrescente):

- $VO_2max$ - 21.8 ‰
- $E_C$ - 21.8 %
- Massa Magra - 16.5 %
- $L_{AN}$ - 10.8 %
- Gordura corporal - 5.4%
- Força Isocinética - 4.5 %
- Capacidade Anaeróbia - 1.7 %

A regressão *stepwise* permite encontrar um valor preditivo muito forte (r=0.90) se adicionarmos o $VO_2max$ e o $L_{AN}$.

A força preditiva do consumo máximo de oxigénio, nesta amostra, é clara, embora se nos reportarmos a corredores de elite, outros factores, tais como Ec e $L_{AN}$, apresentem maior poder preditivo que o $VO_2max$ *per se* (Sjodin e Svedenhag,1985).

Reforça-se esta verificação com os dados de Hartung e Squires (1982), que em maratonistas jovens (média de idades 23.9 anos) e experientes (média de idades 49.9 anos) com tempos semelhantes à maratona (média 3h26'), detectaram que o $VO_2max$ contava com cerca de 25% para a variância dos tempos em ambos os grupos. Se o $VO_2max$ em maratonistas lentos justifica a variância nos tempos, em maratonistas de elite o $L_{AN}$ tem maior valor preditivo, como indicador único (Sjodin e Svedenhag,1985).

Mesmo em corridas de menor extensão a conjugação do $VO_2max$ e da $E_C$ correlaciona-se positivamente com a performance. Houmard et al. (1991) pela análise da regressão encontraram cerca de 92 % da variação das marcas numa corrida de 8 km era justificada pelo $VO_2max$ e $E_C$.

A velocidade de corrida dos meio-fundistas (800, 1500, 3000 e 5000) está relacionada quer com o $VO_2max$ quer com a $E_C$ (Noakes,1988).

A economia de corrida ($E_C$) (custo energético da corrida a velocidades submáximas) relaciona-se negativamente com o peso corporal (Lacour et al.,1990)

Bergh et al.(1991) encontraram em atletas de endurance uma boa relação (0.71 e 0.76) entre o peso corporal e o $VO_2max$ e $E_C$.

Já Kenney e Hodgson (1985), utilizando a regressão *stepwise* verificaram que a variância nas marcas de 3000 mobs. era dependente em 98% da adição do $L_{AN}$ e do peso corporal, enquanto que para os 5000 metros estabeleceram que cerca de 77 % da variância dependia da adição da idade e do $L_{AN}$. Dentro de certos limites de variação, a idade num fundista corresponde a mais tempo de treino, processos adaptativos mais profundos e estabilizados, e, fundamentalmente maior economia de corrida que se expressa numa melhoria do limiar anaeróbio.

Existe facilidade nas corridas de Atletismo em diferenciar cada especialidade em função de indicadores fisiológicos. Isso pode-se verificar com clareza, pelos resultados do estudo feito por Brikci e Dekkar (1987) com velocistas e meio-fundistas (elite) da Argélia.

Quadro 45. Valores médios comparativos de alguns parâmetros fisiológicos e biométricos de corredores argelinos de elite (Adaptado de Bricki e Dekkar,1987)

| **Amostra** | **Idade** (anos) | **Peso** (kg) | **Altura** (cm) | **VO2max** $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ |
|---|---|---|---|---|
| 3.000 e > n = 14 | 28.4 ± 2.4 | 58.2 ± 4.1 | 170.3 ± 4.4 | 75.8 ± 4.5 |
| 1500-3000m n = 18 | 21.2 ± 4.0 | 60.3 ± 3.6 | 172.0 ± 4.9 | 71.6 ± 3.7 |
| 400-800 m n = 10 | 19.8 ± 2.0 | 65.2 ± 6.3 | 176.1 ± 4.3 | 61.4 ± 4.7 |
| 200-400 m n = 9 | 21.6 ± 3.4 | 65.3 ± 5.8 | 174.4 ± 7.2 | 57.5 ± 3.8 |
| 100-200 m n=18 | 21.0 ± 3.8 | 68.0 ± 5.0 | 172.9 ± 3.2 | 53.1 ± 4.2 |

Como podemos constatar existe um perfil fisiológico e mesmo antropométrico, típico de cada especialidade.

Em relação à elite francesa, o perfil diferenciador entre as várias especialidades é similar do argelino.

Quadro 46. Valores médios (±SD) de $VO_2max$ (absoluto e relativo) de vários especialistas franceses de elite (Desnus et al.,1990)

| **Especialidade** | **n** | **Idade** (anos) | **Peso** (kg) | **$VO_2max$** $(L.min^{-1})$ | **$VO_2max$** $(ml.kg^{-1}.min^{-1})$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 100, 200 m | 12 | 21.9 ± 1.2 | 73.3± 7.5 | 4.25 ± 0.45 | 57.9 ± 4.8 |
| 400 m | 22 | 23.3 ± 2.6 | 72.4 ± 7.5 | 4.43 ± 0.46 | 61.4 ± 4.1 |
| 800 m | 23 | 22.7 ± 2.2 | 67.0 ± 5.3 | 4.75 ± 0.46 | 71.0 ± 3.6 |
| 1.500 m | 19 | 23.8 ± 2.7 | 64.2 ±5.0 | 4.86 ± 0.38 | 75.5 ± 3.8 |
| 3.000 mobs e 5.000m | 26 | 25.1 ± 2.4 | 63.1 ± 5.2 | 4.82 ± 0.47 | 77.3 ± 4.7 |
| 10.000 m e Marat. | 19 | 29.8 ± 3.2 | 61.2 ± 5.0 | 4.87 ± 0.30 | 80.0 ± 4.7 |
| Marcha (20-50 Km) | 6 | 25.5 ± 1.0 | 69.5 ± 7.9 | 4.98 ± 0.60 | 71.3 ± 1.2 |
| Decatlo | 8 | 23.4 ± 1.8 | 85.5± 7.1 | 4.96 ± 0.51 | 58.1 ± 2.8 |

Existe uma potenciação aeróbia crescente (quase linear) quando passamos da análise das provas curtas para as provas longas.

Como já vimos, a *performance* em provas longas relaciona-se positivamente com o $VO_2max$. Quando consideramos este factor em termos absolutos, alguns equívocos podem acontecer. Daí a importância de relativizar o consumo ao peso dos indivíduos.

Quadro 47. Características biométricas e fisiológicas de atletas belgas de várias especialidades do Atletismo (Adaptado de Crielaard e Pirnay,1981)

| Especialidade | N | Peso | Altura | $VO_2max$ ($L.min^{-1}$) | $VO_2max$ ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|
| 100, 200, 400 | 6 | 72.8 ± 9.1 | 179.0 ± 6.5 | 4.4 ± 0.4 | 60.1 ± 5.9 |
| 800 | 3 | 71.6 ± 2.5 | 183.8 ± 2.7 | 5.3 ± 0.4 | 73.6 ± 5.6 |
| 1500, 3000 | 6 | 65.5 ± 4.4 | 177.5 ± 3.3 | 5.1 ± 0.3 | 77.1 ± 3.1 |
| 10000, Maratona | 6 | 61.3 ± 3.2 | 175.0 ± 5.1 | 4.9 ± 0.3 | 78.6 ± 2.4 |

As melhores marcas correspondentes aos especialistas referentes ao quadro 47 são:

- 100 m - 10"48
- 200 m - 21"78
- 400 m - 49"55
- 800 m - 1'51"4
- 1500 m - 3'46"6
- 3000 m - 8'06"8
- 10000 m - 30'25"
- Maratona - 2h22'10"

Pela análise dos resultados, constatamos que o perfil competitivo das amostras não corresponde a um nível muito elevado.

Atentemos agora no perfil aeróbio de vários especialistas argelinos.

Quadro 48 a). $VO_2max$ de vários especialistas argelinos de elite (Brikci,1991b)

| Especialidade | $VO_2max$ ($L.min^{-1}$) | $VO_2max$ ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) |
|---|---|---|
| 5.000 - 10.000 m | 4.3 ± 0.4 | 73.1 ± 3.4 |
| 1.500 m | 4.3 ± 0.4 | 71.1 ± 5.1 |
| 400 - 800 m | 4.0 ± 0.4 | 62.3 ± 2.4 |
| 200 - 400 m | 3.6 ± 0.1 | 57.1 ± 3.4 |
| 100 - 200 m | 3.6 ± 0.4 | 52.4 ± 3.4 |

Enquanto que nas amostras argelinas existe uma correspondência entre o $VO_2max$ absoluto e relativo, na amostra dos atletas belgas essa correspondência não existe. Tal facto pressupõe a análise da envergadura corporal, ou do índice ponderal recíproco que podem justificar essas diferenças. A amostra argelina é mais homogénea (a nível da altura) que a belga.

Os valores médios de $VO_2max$ dos fundistas franceses, expressos no quadro 48 a) são superiores aos argelinos. No entanto, o nível competitivo dos fundistas argelinos é superior.

Quadro 48 b). $VO_2max$ de vários atletas de elite franceses (Joussellin et al.,1984)

| Atletismo | $VO_2max$ ($L.min^{-1}$) | $VO_2max$ ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) |
|---|---|---|
| 100m - 200 m | 3.91 ± 0.3 | 52.9 ± 3.6 |
| 400 m | 4.18 ± 0.4 | 61.4 ± 4.6 |
| 800 m - 1.500 m | 4.71 ± 0.4 | 71.8 ± 5.0 |
| 3.000 m - 5.000 m | 4.71 ± 0.6 | 75.9 ± 4.6 |
| 10.000 m - Maratona | 4.99 ± 0.2 | 81.3 ± 6.2 |

Outros resultados, convergem na caracterização aeróbia dos vários especialistas.

Nummela et al. (1991) determinaram em 13 especialistas de 400 m (marcas entre 47"98-54"70) um consumo máximo de oxigénio de 61.9 ± 3.3 $ml.kg^{-1}min^{-1}$, o que indicia uma certa potenciação aeróbia, que no nosso parecer é uma resultante indirecta do treino específico e não consubstanciadora da importância dos processos oxidativos neste tipo de prova (Black,1988).

## 3.3.2. Análise da cinética do lactato

### 3.3.2.1. Caracterização fisiológica do lactato

O lactato é um produto intermédio da degradação glicolítica, processo bioenergético fundamental do metabolismo dos carbohidratos.

O lactato está conotado com o metabolismo anaeróbio, e o nível da concentração sanguínea deste substrato correlaciona-se de uma forma directa com a intensidade do esforço (Brooks,1991).

Independentemente das múltiplas adaptações conotadas com a intensificação do exercício, a acumulação de lactato é o reflexo directo, ou da potência de trabalho desenvolvida (Graham,1988) ou da insuficiência de oxigénio na célula.

O consumo elevado de oxigénio pós-esforço, não está relacionado com a concentração do lactato circulante (Green et al.,1986). A tese de que o consumo aumentado de oxigénio pós-esforço (EPOC), era no sentido de pagar a dívida aláctica (rápida) e a dívida láctica (lenta) não tem fundamento, já que o metabolismo do lactato ocorre em todos os momentos após o exercício, e não pode ser particularmente associado a uma dada fase do consumo de oxigénio pós-esforço (Gaesser e Brooks,1984)

Parece mais aceitável que o consumo aumentado de oxigénio pós-exercício está dependente do nível de concentração de hormonas

(catecolaminas, tiroxina, glucocortocóides), ácidos gordos livres, $Ca_2^+$ e temperatura corporal (Green et al.,1986; Gaesser e Brooks,1984).

Contrariamente ao que se pensava, a razão fundamental da formação de lactato não concerne às deficiências de suprimento de oxigénio, já que o lactato é formado em condições de aporte adequado de $O_2$ ao músculo em exercício (Brooks,1991).

Podemos considerar que a tensão crítica mitocondrial de $O_2$, corresponde à $PO_2$ abaixo da qual o ritmo máximo respiratório mitocondrial não pode ser suportado. Parece que o valor crítico se situa em 0,1 e 0,5 torricelli. Não parece fácil atingir tal pressão em exercício sub-máximo ao nível do mar (Brooks,1985). Acresce a isto que, se o volume mitocondrial em humanos excede o exigido para atingir o $VO_2max$, e que a capacidade máxima mitocondrial é atingida ao nível do $VO_2max$ (Hoppeler,1990), então não podemos falar de hipoxia tecidular, e relacioná-la com o aumento da concentração de lactato durante o exercício incremental.

A síntese do lactato diz respeito à estimulação do processo energético glicolítico, ao aporte de substratos para tal processo e consequentemente a sua formação é regida pela Lei de Acção de Massas (Connet et al.,1990).

Segundo Roth (1991), na ausência de anoxia, as concentrações de lactato muscular e sanguíneo não podem ser usadas como indicador da disponibilidade de oxigénio no músculo, bem como do fluxo glicolítico.

O lactato está dependente da formação intra-tecidular de ácido láctico, e por vezes estes dois conceitos são confundidos. Embora os dois conceitos sejam usados de forma sinónima, o primeiro é resultante directo do segundo.

Estes dois substratos estão intimamente ligados já que poderemos dizer que quando o ácido láctico é formado nos tecidos vai determinar o aumento da concentração sanguínea de lactato.

Como a pK (constante de dissociação) do ácido láctico é baixa (3,8), em condições fisiológicas de pH, o ácido láctico ($C_3H_6O_3$) dissocia-se quase completamente no protão ($H^+$) e no anião lactato ($C_3H_5O_3^-$) (Brooks,1991). O protão e o anião do ácido láctico exercem diferentes influências e podem seguir diferentes vias metabólicas (Roth,1991).

O lactato, ao contrário do que era corrente pensar-se, não é um produto inerte, bloqueador da contracção muscular durante o exercício físico intenso e prolongado, e normalmente correlacionado com a fadiga.

Antes de mais funciona como moeda de troca energética entre vários tecidos, pois permite uma redistribuição sistémica de carbohidratos quer após uma ingestão de glúcidos quer durante a actividade física prolongada (Brooks,1991).

O lactato é uma molécula muito difusível (difusão sem dissociação), mas a regulação inter-compartimentos não é imediata. Existe um

desfazmento temporal entre a formação do lactato no músculo e o seu aparecimento no líquido intersticial e no sangue.

A formação e a "clearance" sistémica do lactato estão controladas por uma série de reacções enzimáticas, todas elas conotadas com o metabolismo dos hidratos de carbono, e das quais se salienta a acção das seguintes enzimas (Brooks e Fahey,1984):

**PHOS** (Fosforilase) - controla a lise do glicogénio

**HK** (Hexoquinase) - cataliza a passagem da glicose a glicose-6-fosfato (G-6-P)

**PFK** (Fosfofrutoquinase) - controla o 3º passo da glicólise, e funciona segundo Brooks e Fahey (1984) como um verdadeiro "funil" regulador do catabolismo dos carbohidratos. Esta enzima controla o fluxo metabólico e promove a passagem de frutose-6-fosfato (F-6-P) a frutose-1.6-difosfato (F-1.6-DP).

**PK** (Piruvato-quinase) - catalisa a formação de piruvato a partir do fosfoenolpiruvato (PEP).

Por último assume especial importância a **LDH** (Lactato Desidrogenase).

A LDH é a enzima terminal do processo da glicólise, e em função das suas isoenzimas apresenta diferentes funções catalisadoras.

Existem dois tipos básicos de LDH (Poortmans,1986):

- Uma de predominância muscular (M) e outra de predominância cardíaca (H). Cada um destes tipos apresenta diferentes afinidades em relação aos substratos ou produtos com os quais reage.

Assim o tipo M da LDH tem uma alta afinidade para o piruvato, ao contrário do tipo H, cuja afinidade para este mesmo substrato é muito menor (Poortmans,1986; Brooks, 1984).

Existem 5 isoenzimas da LDH, que correspondem a protómeros resultantes de moléculas tetraméricas, as únicas que possuem actividade catalítica (Rodwell,1990).

A síntese das sub-unidades H ou M são controladas por diferentes *locus* genéticos, cuja expressão varia de tecido para tecido.

Podemos dizer que a actividade biológica e catalítica da LDH depende quer do seu nível de concentração quer da especificidade da respectiva isoenzima.

As isoenzimas 1 e 2, de grande predominância no músculo cardíaco promovem a passagem do lactato a piruvato, permitindo em termos fisiológicos a rápida *clearance* deste substrato da corrente sanguínea.

As isoenzimas 4 e 5, de predominância muscular catalisam a redução do piruvato em lactato.

A isoenzima 3 não tem grande importância funcional em virtude das suas características mistas.

Vejamos as características funcionais da isoenzimas H4 e M4.

Quadro 49. Constante de Michaelis (Km), constante de inibição (Ki) e velocidade máxima das isoenzimas da LDH (H4 e M4) na reacção de formação do lactato a partir do piruvato (Poortmans,1986)

| Parâmetro | H4 | M4 |
|---|---|---|
| Km | 14 mmol | 1 mmol |
| Ki | 18 mmol | 28 mmol |
| Velocidade máxima | 94 mmol.kg$^{-1}$.min$^{-1}$ | 211 mmol. kg$^{-1}$.min$^{-1}$ |

Independentemente de, em condições de hipoxia tecidular ou de grande intensidade de exercício, grande parte do lactato atravessar a membrana celular e invadir a corrente sanguínea, em condições mínimas de oxigenação intra-celular parte do lactato formado sofre eliminação mitocondrial. Daí não haver uma expressão sanguínea de grande parte do lactato formado dentro da célula muscular.

O padrão isoenzimático da LDH é caracterizado pelo perfil do tipo de fibra em análise (Fibra do Tipo I ou Tipo II), que é fortemente determinado geneticamente (Sjodin,1976; Sjodin e Svedenhag,1985).

A isoenzima 5 da LDH predomina nas fibras glicolíticas (Tipo II) enquanto que nas fibras de contracção lenta (Tipo I), de alto teor oxidativo, predominam as isoenzimas 1 e 2 (Saltin e Gollnick,1983).

O próprio músculo esquelético, em função da sua caracterização histoquímica, pode desenvolver de forma preponderante um padrão enzimático característico do miocárdio.

Ao contrário de outras enzimas, tais como a HK a PFK e a PK, que podemos considerar como catalisadoras de reacções irreversíveis, e portanto estabelecem-se como factores reguladores da glicólise, a LDH pode catalisar reacções reversíveis em função da especificidade das suas isoenzimas.

A formação de lactato é um passo fundamental para a reoxidação do NADH, o que vai permitir a continuição da glicólise.

Piruvato + NADH + $H^+$ <------> L(+) - Lactato + $NAD^+$

Esta reacção acontece em condições anaeróbias, e é determinada pelo estado *redox* dos tecidos. É catalisada pela LDH-m, e em última análise funciona como promotora de $NAD^+$ para subsequentes ciclos glicolíticos.

Podemos afirmar que a formação de lactato é condição *sine qua non* para a constante ressíntese de $NAD^+$, transportador fundamental de hidrogeniões, de cuja concentração depende a continuidade da glicólise.

Em condições anaeróbias a redução do piruvato a lactato permite reoxidar o NADH, formando $NAD^+$, que vai permitir a contínua síntese de ATP (Rodwell,1990); sem $NAD^+$ a glicólise não pode continuar.

Como nota explicativa importa reter que o quociente lactato/piruvato só reflecte o estado redox (NADH/$NAD^+$) da porção extra-mitocondrial da célula. Ora a disponibilidade de oxigénio é em última instância determinada pelo estado *redox* mitocondrial (Graham,1988).

No entanto Katz e Sahlin (1988) referem que a percentagem de NADH citosólico é muito pequena, se comparada com o NADH mitocondrial. Estes autores verificaram que em repouso, após 20 minutos de oclusão circulatória e após exercício dinâmico máximo exaustivo as concentrações citosólicas de NADH eram, respectivamente, somente de 3.0, 1.2 e 5.5% do total de NADH muscular.

Existem dificuldades várias para definir o estado *redox* do músculo, bem como de determinar o ponto a partir do qual a insuficiência de oxigénio é responsável pelo aumento do quociente $NADH/NAD^+$.

O sistema de tamponamento atrasa a emergência da acidose durante o exercício. A diminuição do pH durante o exercício é retardada pelo efeito-tampão de algumas proteínas (fundamentalmente hemoglobina, histidina e carnosina), dos iões bicarbonato ($HCO_3^-$ / $H_2CO_3$) e iões fosfato ($HPO_4^{2-}$ / $H2PO_4^-$) (McKenzie et al.,1982). Os primeiros sinais de acumulação de lactato plasmático acontecem sem manifesta diminuição do pH, já que os mecanismos de tamponamento começam a funcionar. A primeira acção de tamponamento ocorre dentro da célula e não depende dos bicarbonatos e sim das proteínas (Parkhouse et al.,1985).

Como vimos atrás a dissociação fisiológica do AL leva à formação de duas substâncias complementares mas que seguem vias metabólicas distintas (Davis,1985).

Assim o AL ao ser tamponado pelos bicarbonatos transforma-se em lactato, segundo a fórmula:

AL + Bicarbonato de Sódio ------> Lactato de Sódio + Ácido Carbónico

O hidrogenião formado vai interagir com o ácido carbónico ($H_2CO_3$), na ordem estabelecida pela seguinte fórmula:

$H^+ + HCO_3^- <------> H_2CO_3 <------> CO_2 + H_2O$

A enzima catalisadora desta reacção é a anídrase carbónica, cuja velocidade de reacção é enorme e catalisa a reacção reversível de formação de $CO_2$ e $H_2O$, enquanto que a formação do bicarbonato e do protão por dissociação do ácido carbónico é feita de forma espontânea (Mayes,1990).

A rápida conversão do $H_2CO_3$ em $CO2$ e $H_2O$ pensa-se que é feita ou a nível intra-celular ou mal o $H_2CO_3$ entra na rede vascular do músculo (Davis,1985).

Em termos de síntese podemos afirmar que a fácil dissociabilidade do ácido láctico, vai por um lado formar o lactato, substrato importante no pleno aproveitamento energético dos carbohidratos, e por outro promover a formação de hidrogeniões ($H^+$).

Este protão que numa situação de anaerobiose vai condicionar directamente o pH do meio tecidular criando uma situação de acidose e redução da capacidade contráctil do músculo esquelético, em condições de

aerobiose é aproveitado energeticamente no processo de fosforilação oxidativa promovendo uma eficaz formação de ATP.

O lactato pode ser removido e/ou eliminado quer por oxidação quer por gluconeogénese. O movimento da sua remoção ao agir sobre o balanço ácido-base tem um efeito de alcalinização, além de, como atrás vimos, pelo aproveitamento dos hidrogeniões promover a formação de ATP no processo de fosforilação oxidativa (Roth,1991).

Existem duas vias da formação hepática de glicogénio (Magnusson e Shulman,1991):

Uma DIRECTA, e resultante de uma sobrecarga glucídica, e que segue a seguinte via:

Glucose ---> Glucose-6-fosfato ---> Glucose-1-fosfato ---> Uridina-difosfato-glucose (UDP-G) ---> Glicogénio

Uma via INDIRECTA, e resultante do aproveitamento de percursores gluconeogénicos que derivam de outras fontes, diversas das glucídicas.

Em síntese, apresentam a seguinte via de armazenamento:

Glucose ---> Compostos de 3 Carbonos ---> Glicose-6-Fosfato ---> Glicogénio

Os principais percursores gluconeogénicos são:

Lactato, derivado do glicogénio muscular

Nota: A formação de lactato a partir dos carbohidratos da dieta constitui-se como um importante intermediário na síntese do glicogénio hepático (Shulman et al.,1991).

Amino-ácidos glucoformadores (Valina, Leucina e Isoleucina)

Glicerol, metabolito resultante da Beta-oxidação dos triglicerídeos.

Como os substratos energéticos mais nobres são os carbohidratos, pois são os únicos que experimentam metabolização anaeróbia, num esforço de grande intensidade e com uma certa duração, a formação de lactato como passo terminal da glicólise, permite por um lado a redução do piruvato e a manutenção do processo glicolítico e por outro constitui uma segunda via para prevenção de hipoglicemia (Santos,1986).

### 3.3.2.2. Cinética do lactato

Segundo Brooks (1991), pode-se pôr a hipótese da existência de um *Lactate Shuttle,* pelo qual o lactato se movimenta entre os seguintes compartimentos:

. músculo e sangue
. sangue e músculo
. músculos activos e inactivos
. músculos activos
. sangue e coração

. sangue arterial e fígado
. fígado e outros tecidos, tais como o músculo em exercício
. pele e sangue
. intestino e sangue portal
. sangue portal e fígado

Para Brooks (1991) o lactato como intermediário metabólico tem a vantagem da rapidez da sua interconversão entre os vários compartimentos tecidulares.

As principais células correlacionadas com o metabolismo do lactato são: fibra muscular, fibra cardíca, hepatócito, nefrónio e eritrócito (Roth,1991).

O lactato apresenta um peso molecular baixo, não depende da insulina para o seu transporte, e atravessa as membranas celulares por transporte facilitado (Roth e Brooks,1990).

Como o que nos interessa neste estudo é a validação da expressão do lactato como resultante da intensificação do exercício, bem como das resultantes da especificidade do processo de treino na expressão da sua cinética, focalizaremos a nossa atenção no circuito músculo-coração-fígado-músculo.

### 3.3.2.2.1. Lactato e músculo esquelético

A dinâmica do lactato, em exercício, é regulada principalmente no e pelo músculo esquelético, já que se em situações normais é o principal responsável pela formação de lactato, pode em determinadas circunstâncias agir de forma preponderante na remoção do lactato (Brooks,1991).

Ahlborg et al. (1975) ao estudarem a utilização dos vários substratos durante exercício com uma perna, demonstraram na perna parada um aumento do fluxo sanguíneo e da diferença artério-venosa de $O_2$, resultando num aumento de cerca de 5 vezes no consumo de oxigénio; a perna parada passou duma situação de formadora de lactato (em repouso) para uma situação de captadora de lactato em exercício.

Isto indica com clareza a função dos músculos inactivos na regulação da lactatémia.

A concentração de lactato está correlacionada com diversas variáveis (Jacobs,1986): percentagem de fibras Tipo I, densidade capilar, capacidade respiratória mitocondrial e actividade das enzimas-chave glicolíticas e oxidativas.

O movimento do lactato dentro e entre os tecidos depende em última instância da taxa do fluxo entre os compartimentos intra e extracelulares.

O efluxo do lactato muscular depende (Roth,1991):

. Concentração muscular de lactato
. Fluxo sanguíneo nos tecidos importantes

. Área da superfície de troca (maior capilarização maior espaço de difusão)

. pH do meio

. Índice de resistência do fluxo de lactato através do sarcolema, fluido intersticial e membranas capilares (em virtude da resistência à difusão da parede capilar, acontecem com naturalidade diferenças de concentração entre os espaços vascular e intersticial, para todas as substâncias captadas ou libertadas pelo músculo. Existem diferenças entre os tecidos na resistência à difusão (Roth,1991)).

O pico do efluxo de lactato a partir do músculo ocorre entre os 2 e 7 minutos de contracções repetitivas, não havendo nem influxo ou efluxo deste produto após 10 minutos (Roth,1991). Gollnick e Hermansen (1973) asseveram que são necessários entre 5 a 7 minutos para equilibrar a taxa muscular e sanguínea de lactato.

A taxa de efluxo de lactato muscular não é um índice fidedigno do nível de formação intracelular já que segundo Brooks (1991), a subida arterial de lactato durante o exercício não corresponde à contribuição isolada dos músculos em contracção. Outras fontes efluentes de lactato devem ser consideradas.

Stainsby et al. (1991) afirmam que, talvez por estimulação hormonal, os músculos inactivos concorrem também para a subida da concentração do lactato sanguíneo, pelo que a sua contribuição para o balanço final da cinética do lactato durante o exercício físico não é negligenciável. No nosso entender a haver a participação dos músculos inactivos no aumento da concentração plasmática de lactato, em virtude de forte solicitação adrenérgica, só acontecerá no início do exercício, passando rapidamente o músculo inactivo de lactato-formador a lactato-consumidor, como foi comprovado por Ahlborg et al. (1975).

A nível muscular o fluxo de lactato, através da membrana sarcolemal, parece ocorrer por transporte facilitado, envolvendo uma proteína de transporte específica, condicionado pelo pH e pelos gradientes de concentração (Roth e Brooks, 1990).

A libertação de lactato pelo músculo esquelético é mediada pelos agonistas beta-adrenérgicos, como a adrenalina, enquanto que os antagonistas alfa-adrenérgicos, como a nor-adrenalina, não estimulam o efluxo de lactato (Stainsby et al.,1987).

O lactato formado intensamente num grupo de fibras musculares pode ser oxidado em fibras adjacentes (Sjodin,1992).

De igual forma se estabeleceu que o efluxo de lactato é sensível à concentração arterial deste substrato. Gladden e Yates (1983) promoveram a infusão exógena de lactato, transformando os músculos em contracção de libertadores de lactato em captadores, o que indicia que existe uma certa taxa plasmática de lactato que regula toda a cinética entre os vários compartimentos.

Podemos afirmar que o equilíbrio de lactato entre compartimentos regula o sentido do movimento deste substrato.

A interpenetração dos vários factores reguladores do organismo em exercício determina, no que concerne à dinâmica do lactato, a emergência de mecanismos de auto-controle, que por vezes fazem aparecer situações aparentemente antagónicas.

Assim, para Ritcher et al. (1988), durante o exercício o músculo esquelético é de igual forma produtor de lactato e captador deste mesmo substrato.

Os mesmos autores verificaram no seu estudo a supressão da captação da glucose pelo músculo em exercício, quando este passa de lactato-formador para lactato-consumidor. O músculo em exercício prefere o lactato à glucose, ou como mecanismo equilibrador ou porque o lactato apresenta uma superior aptidão energética.

Podemos talvez aventar a hipótese que numa situação de exercício o músculo funciona também como orgão homeostático, e que a preferência pelo lactato para o seu metabolismo intrínseco é um meio privilegiado de por um lado poupar a glicose sanguínea (fundamental para o apoio energético ao cérebro e sistema nervoso central) e por outro para regular a lactatémia.

Os dois processos mais importantes na eliminação do lactato são a oxidação e a gluconeogénese. Importa no entanto esclarecer que a oxidação mitocondrial, nos músculos activos ou adjacentes, é de facto preponderante na regulação do lactato sanguíneo (Rontoyannis,1988).

Reforça-se a consideração atrás expandida, que mesmo em músculos profusamente oxigenados, com o sistema de transporte de electrões mitocondrial perfeitamente operativo, acontece a formação de lactato (Jobsis e Stainsby, 1968).

### 3.3.2.2.2. Lactato e miocárdio

A oxidação do lactato pode acontecer em lugares distantes da sua formação, como seja em outros músculos ou no coração (Stanley et al.,1988).

O coração funciona em repouso como um orgão regulador da lactatémia. Em geral o exercício determina o aumento da captação do lactato sanguíneo pelo coração, quer devido ao aumento do fluxo do miocárdio quer devido ao aumento da taxa de extracção.

Durante o exercício sub-maximal (40-60% do $VO_2max$) a extracção do lactato pelo miocárdio depende do nível de concentração na corrente sanguínea e é completamente oxidado até $CO_2$ (Stanley,1991). O perfil enzimático específico do miocárdio favorece a oxidação do lactato.

Mesmo numa situação de consumo líquido de lactato pelo coração existe sempre um processo de produção intrínseca.

Quanto mais elevada for a intensidade do exercício, maior será a contribuição do lactato para o metabolismo oxidativo do miocárdio (Stanley,1991).

A capacidade extractiva de lactato sanguíneo pelo miocárdio parece ser função linear da concentração arterial de lactato.

Em repouso (jejum) os ácidos gordos livres são o substrato fundamental para o metabolismo oxidativo do miocárdio, enquanto o lactato contribui como menos de 10% como substrato para a oxidação (Kaiser e Berglund,1992).

Durante o exercício, com uma concentração arterial de lactato de 6 mmol/l ou mais, a metabolização deste substrato pode cobrir aproximadamente 75-100% do metabolismo oxidativo do miocárdio (Kaiser e Berglund,1992).

Os mesmos autores verificaram que durante o exercício físico intenso de curta duração a extracção e metabolização oxidativa do lactato pelo miocárdio, sobrepassa a importância energética de outros substratos como os ácidos gordos livres e a glucose.

### 3.3.2.2.3. Lactato e hepatócito

No ciclo homeostático do lactato o hepatócito assume especial importância, já que é um dos principais orgãos reguladores do lactato sanguíneo.

Da mesma forma que, o músculo esquelético, formador nato de lactato, pode em determinadas condições transformar-se em captador de lactato a partir da corrente sanguínea, o fígado que é considerado como o principal lugar para a rentabilização energética do lactato através do Ciclo de Cori, pode no início de um exercício intenso ser o principal responsável pela subida da concentração sanguínea de lactato (Brooks,1991).

Após o início do exercício a glicogenólise hepática aumenta rapidamente, resultando na intensificação do fluxo glicolítico, bem como de um transitório efluxo de lactato. Com o prolongamento do exercício o processo gluconeogénico acelera-se, e o fígado passa gradualmente de uma situação de produtor de lactato para uma situação de consumidor (Wasserman et al.,1991).

O fígado apresenta zonas com uma certa especificidade funcional. Assim podemos considerar (Wasserman et al.,1991):

- **Zona Periportal**, recebe sangue rico em oxigénio, substratos e hormonas. É uma zona rica em enzimas para a oxidação e gluconeogénese.

- **Zona Perivenosa,** recebe sangue rico em $CO_2$ e outros metabolitos.É uma zona rica em enzimas glicolíticas.

Em função destas cararacterísticas fisiológicas e enzimáticas podemos considerar a zona periportal do fígado como captadora de lactato, enquanto a perivenosa será formadora.

Pensa-se que a actividade intrínseca do fígado tem um certo grau de independência, já que o aumento da chegada de lactato ao fígado não afecta a produção hepática de glucose ou a taxa de conversão gluconeogénica (Wasserman et al.,1991).

### 3.3.2.2.4. Factores exógenos e lactato

É lógico que o nível de concentração de lactato sanguíneo durante o exercício está dependente de uma série de factores, entre os quais podemos destacar:

- intensidade do exercíco
- duração do exercício
- especificidade da dieta anterior ao exercício
- condições climatéricas
- altitude
- nível de treino do sujeito
- caracterização histoquímica muscular

etc...

O exercício moderado, mantido a um mesmo nível de intensidade, induz uma subida rápida da concentração sanguínea de lactato, que baixará, até atingir níveis estacionários, tanto mais quanto mais se prolongar o exercício.

A intensidade de formação de lactato está dependente da descarga hormonal beta-adrenérgica. A libertação de lactato será tanto maior quanto mais intensa for a subida da adrenalina circulante, subida essa que é induzida pela intensidade do exercício. Uma situação de hipoxemia, induzida ou não, leva de igual forma à intensificação da descarga hormonal de catecolaminas.

Stainsby et al.(1991) ao analisar a influência de factores externos na cinética do lactato verificou que o lactato muscular reflecte o balanço entre a produção glicolítica e a remoção mitocondrial, e que pode ser alterado transitoriamente pelo trabalho muscular, adrenalina e hipoxia.

Brooks (1991) simulou uma situação de hipoxemia (gás respiratório contendo 10-11% de $O_2$) e encontrou um aumento nítido de libertação de

lactato (3 vezes mais) fenómeno directamente relacionado com o aumento (3-4 vezes superior) da adrenalina circulante.

No respeitante à influência do factor treino na dinâmica do lactato, os dados da investigação não nos permitem concluir que uma concentração baixa de lactato sanguíneo é resultante duma menor produção do mesmo a nível tecidular.

Podemos pôr em equação também a inversa, que uma alta taxa de concentração sanguínea de lactato é a resultante de uma produção muscular aumentada.

Os dados disponíveis (Brooks,1991) suportam a conclusão de que o treino diminui a concentração arterial de lactato durante o exercício fundamentalmente devido ao aumento da taxa de eliminação. O mesmo autor levanta a hipótese de o nível do treino ter uma ligeira influência na estimulação beta-adrenérgica, com diminuta expressão na diminuição da glicogenólise; isto em exercício sub-maximal.

Kjaer (1989) refere que o treino de *endurance* potencia a resposta adrenérgica (aumento da adrenalina). Verificou que indivíduos treinados em *endurance* apresentavam uma secreção superior de adrenalina quando comparados com sujeitos destreinados, quer em exercício a uma dada intensidade relativa quer como resposta a outras situações de *stress,* diversas do exercício.

Para Mazzeo et al. (1986), a taxa de *clearance* de lactato, aumenta com o exercício quando comparada com a situação de repouso e as variações dependem do nível do treino do sujeito.

Rontoyannis (1988) comprovou o aumento da taxa de remoção de lactato pelos músculos inactivos, quando a sua capacidade aeróbia tinha sido anteriormente aumentada, pelo treino.

Também Donovan e Brooks (1983), em estudos feitos com ratinhos, não encontraram algum efeito significativo do treino na taxa de formação de lactato, e atribuem os níveis mais baixos de lactato sanguíneo em ratos treinados não a uma baixa na formação do substrato mas sim devido à intensificação da taxa de eliminação celular induzida pelo treino.

A capacidade de transporte de lactato está aumentada nas fibras Tipo I quando comparada com as fibras Tipo II. Tal facto deve-se à diferença do número de transportadores de lactato entre as fibras, já que a afinidade para o lactato é igual entre as fibras vermelhas e as fibras brancas (Juel et al.,1991).

Pensa-se que a taxa de eliminação no sangue do lactato tem a ver com a especificidade do trabalho desenvolvido.

Stanley et al. (1988) tentaram averiguar se a especificidade da actividade desenvolvida se correlacionava com a taxa de eliminação de lactato sanguíneo.

No estudo, um remador e um ciclista desenvolveram um exercício sub-maximal em bicicleta ergométrica. Determinaram que na transição do

repouso para o exercício enquanto o nível de concentração de lactato arterial subiu no remador, por contraste baixou no ciclista.

A utilização, levada a efeito por estes investigadores, de traçadores isotópicos permitiu demonstrar que a taxa de libertação de lactato foi similar para ambos os atletas, constatando-se por isso, que as diferenças de concentração de lactato estavam directamente relacionadas com a superior capacidade do ciclista em eliminar o lactato.

Podemos por isso validar a hipótese de que a especificidade do exercício determina alterações metabólicas particulares, resultantes das adaptações enzimáticas, capilares e fibrilares induzidas pelo processo de treino. O claro perfil oxidativo da actividade do ciclista potencia de forma inequívoca a capacidade de remoção do lactato.

Conflituando dramaticamente com estes dados, o estudo levado a efeito por Bassett et al. (1991), que não encontrou nenhuma diferença significativa da taxa de remoção do lactato sanguíneo, entre sujeitos treinados e não treinados.

Concluiram que o ritmo de declínio do lactato sanguíneo não é afectado pelo treino, embora o pico de lactato é mais rapidamente obtido pelos indivíduos treinados. Se isto for verdade, podemos suspeitar que é a nível intra-celular, isto é, antes da difusão do lactato para a corrente sanguínea, que se encontram potenciados os mecanismos intrínsecos de eliminação do lactato. Sabemos que para um mesmo sujeito, uma carga máxima induz lactatémias mais baixas após um período de treino (Massé-Biron et al.,1992). Aceitando que o seu potencial glicolítico se mantém inalterado, uma menor concentração de lactato sanguíneo corresponde a uma superior *clearence* intra e inter-celular.

Pensamos que o problema é complexo e entronca nos múltiplos factores conotados com a cinética do lactato.

A produção e remoção do lactato está condicionada por vários factores, que apresentamos em síntese:

Quadro 50. Sumário esquemático dos factores relacionados com a produção e remoção do lactato no músculo esquelético durante o exercício intenso (Saltin, 1989)

| Fenómeno | Factor Limitante | Adaptação |
|---|---|---|
| Fluxo glicolítico e produção de lactato | Glicogénio, activadores, $LDH_{4-5}$ | Elevação do armazenamento de glicogénio. Potenciação das enzimas glicolíticas |
| Acumulação na fibra muscular | Capacidade-tampão, pH | Cisão aumentada da CP. Elevação de amino-ácidos específicos |
| Transporte (se facilitado) | Número de transportadores de lactato | Aumento do nº de transportadores |
| Captação por fibras musculares adjacentes (FT ou ST) | Formação de piruvato e lactato, $LDH_{1-2}$, capacidade mitocondrial NAD/NADH | Potenciação oxidativa das fibras adjacentes menos activas, aumento da $LDH_{1-2}$. |
| Desaparecimento via espaço intersticial ou sangue | Densidade capilar, perfusão muscular, captação por outros tecidos | Proliferação capilar, aumento da perfusão muscular, potenciação oxidativa de tecidos não activos |

A validação da recolha laboratorial dos valores de lactatémia em repouso e 3, 5 e 10 minutos após exercício maximal, tem de ser feita com muito cuidado e somente poderá caracterizar muito superficialmente as amostras estudadas.

A nossa preocupação ao escolher este indicador, foi mais, de tentar encontrar dissemelhanças entre grupos, do que determinar com acuidade os reflexos dos distúrbios sistémicos metabólicos que extravasam da validação exclusiva da cinética do lactato.

### 3.3.2.3. Diferenças de concentração de lactato entre fluidos

Importa salientar que o local de recolha do sangue para análise da concentração de lactato é deveras importante.

Entre o sangue venoso (veia antecubital) e o sangue capilar (lóbulo da orelha ou ponta do dedo) existem diferenças significativas na concentração de lactato. El-Sayed et al. (1993) e Robergs et al. (1990) encontraram uma superior concentração de lactato no sangue capilar em relação ao sangue venoso, para uma mesma intensidade de exercício.

Se em termos de caracterização fisiológica tais diferenças são negligenciáveis, em termos de definição de intensidades de esforço de treino no denominado limiar láctico, tais diferenças podem ser cruciais.

Existem também diferenças de concentração de lactato entre o plasma, eritrócito, sangue total e sangue capilar (Foxdal et al.,1990).

Daí os cuidados a ter quer no local da recolha do sangue quer no meio em que se estuda a concentração de lactato.

Importa referir que Williams et al. (1992) embora tenham encontrado diferenças significativas, em repouso, nos níveis de concentração de lactato entre o capilar do dedo e o sangue venoso, não encontraram diferenças com significância estatística durante o exercício. Estes dados conflituando com os de outros autores, podem ser explicados pelas dificuldades técnicas encontradas por Williams e respectivos colaboradores e por eles reconhecidas na apresentação do estudo (Williams et al.,1992).

Em síntese podemos afirmar que (Foxdal et al.,1990):

- existe uma diferença significativa entre a concentração de lactato plasmático e lactato eritrocitário, antes e durante exercício aeróbio submáximo.
- o gradiente de lactato entre os eritrócitos e plasma não é dependente da concentração sanguínea de lactato.
- devido às diferenças de concentração de lactato entre o eritrócito e o plasma, as análises baseadas em sangue não-hemolisado não podem ser comparadas com análises de sangue hemolisado.
- diferentes técnicas de recolha não podem ser directamente comparadas.

A melhor forma de caracterização de um dado esforço a partir dos dados da lactatémia, é pela utilização do sangue completo, já que a lise do sangue para libertação do lactato intra-celular envolvendo meios adicionais de preparação (soluções-tampão, amostras, etc.) introduz potenciais factores de erro, e não se sabe quando está, e se está, completa a lise do sangue. Podemos assim obter valores falaciosos.

Em termos de controle de treino, o sangue completo pode perfeitamente determinar quer a lactatémia máxima quer o nível de intensidade correspondente às 4 mmol (Williams et al.,1992).

Explicitam-se as diferenças atrás apontadas com o seguinte quadro.

Quadro 51. Influência da origem da amostra na determinação da intensidade de exercício correspondente às 4 mmol de lactato, num sujeito (Williams et al.,1992).

| **Amostra** | **Velocidade no Tapete Rolante** (km.h-1) | **VO2max** (%) |
|---|---|---|
| Sangue Completo | 13.73 | 83 |
| Sangue Lisado | 13.40 | 82 |
| Plasma | 12.85 | 77 |

### 3.3.2.4. A lactatémia após prova de esforço contínua e progressiva

Um dos objectivos do presente estudo é determinar a concentração máxima de lactato sanguíneo, após prova de esforço. Tentar-se-à desta forma caracterizar os vários amostras, fundamentalmente ao nível da capacidade de recuperação expressa pela *clearence* do lactato. Temos de analisar estes dados à luz do protocolo escolhido, pois a cinética do lactato entre um esforço curto exaustivo supramaximal e um esforço de intensidade progressiva até à exaustão, é radicalmente diferente.

Apresentamos os seguintes dados de referência:

Quadro 52. Lacatémia após prova de esforço máxima

| Amostra | n | FCmáx. | [La-]s máx | Autor |
|---|---|---|---|---|
| Andebol 2ª Div. França | 7 | 194 ± 12 | 9.1 ± 2.0 | Delemarche et al. 1987 |
| Basquetebol Eq. Nac. USA | 8 | 178 ± 6.0 | 10.1 ± 3.6 | Puhl et al. 1982 |
| Andebol 1ª Div. Portugal | 10 | | 11.3 | Soares 1988 |
| Voleibol 1ª Div. Portugal | | | 7.0 ± 0.9 | Seixo 1992 |
| Basquetebol 1ª Div. Portugal | 25 | | 7.0 ± 1.8 | Janeira 1994 |

Numa prova de esforço progressiva, a manifestação sanguínea do lactato está condicionada aos processos adaptativos, locais e periféricos, que indiciam por um lado o perfil fibrilar e enzimático de um indivíduo, e por outro o seu nível de treino.

O lactato sanguíneo que medimos, é somente uma parte do lactato formado, e numa prova de esforço, com protocolo contínuo e progressivo não permite elucidar completamente o nível de solicitação glicolítica.

No entanto, a lactatémia após prova de esforço contínua e progressiva (quando máxima), permite-nos conhecer, com maior ou menor acuidade, o perfil da solicitação glicolítica na fase terminal da prova. Uma prova curta e supra-maximal induzirá, naturalmente, uma manifestação glicolítica sanguínea diferente da anterior.

### 3.3.2.5. A mobilização glicolítica no futebol

O jogo de futebol corresponde a um esforço básico de índole aeróbia alternado com momentos mais intensos solicitadores dos mecanismos anaeróbios lácticos e alácticos, caracterizadores do nível de jogo de uma equipa.

Importa esclarecer, que os dados da investigação indiciam que não existem esforços anaeróbios alácticos puros, pois desde o início de um esforço o metabolismo glicolítico é fortemente solicitado.

Tal análise é apoiada no quadro que se segue.

Quadro 53. Concentração de ATP e fosfocreatina musculares, lactato e pH sanguíneo em *sprinters* durante vários tipos de *sprint* (Hirvonen et al.,1987)

| Distância Corrida | Momento | ATP mmol | CP mmol | Lactatémia mmol | pH Sangue Capilar |
|---|---|---|---|---|---|
| 40 m | antes | 5.4 | 10.3 | 1.5 | 7.44 |
| | depois | 3.5 | 3.8 | 4.5 | 7.36 |
| 60 m | antes | 5.5 | 10.8 | 1.5 | 7.42 |
| | depois | 3.2 | 4.1 | 5.9 | 7.31 |
| 80 m | antes | 5.4 | 10.3 | 1.5 | 7.41 |
| | depois | 3.3 | 2.5 | 6.8 | 7.28 |
| 100 m | antes | 5.2 | 9.1 | 1.6 | 7.42 |
| | depois | 3.7 | 2.6 | 8.3 | 7.24 |

A degradação da fosfocreatina (CP) bem como do *pool* dos nucleótidos de adenina (ATP, ADP e AMP), dá-nos a energia de ponta para esforços de intensidade máxima (*sprints* curtos, saltos, remates, etc.).

Embora a degradação da CP esteja directamente relacionada com a duração do *sprint* (vidé quadro nº ), a sua ressíntese é feita rapidamente, como demonstrou Bangsbo (1994) através do recurso à ressonância magnética nuclear. Este autor minimiza a contribuição (quantitativa) energética da fosfocreatina; no nosso entender, este substrato é fundamental para suportar energeticamente os esforços curtos de máxima intensidade, e os movimentos explosivos.

Como podemos analisar no quadro nº , qualquer que seja a extensão do *sprint*, mantém-se estável o nível mínimo do ATP, pois o seu *turn-over* é rápido. Aumenta muito em relação ao nível de repouso. 300 vezes (Sahlin e Katz,1988) ou 1000 vezes (Newsholme,1988). Mantém-se uma relação estável ATP/ADP (eficiência cinética) que permite a manutenção do esforço a alta intensidade, mas que tem um preço a pagar, que se consubstancia na degradação irreversível de uma parte do *pool* dos nucleótidos de adenina, com a formação de hipoxantina na célula e ácido úrico no sangue (Sahlin e Katz,1988)

Tudo indica que mesmo em esforços curtos, inferiores a 40 metros, acontece uma solicitação forte da glicólise, e a sua manifestação visível ao nível da lactatémia é a resultante do efeito cumulativo dos vários esforços no decurso de um jogo. Assim sendo a libertação anaeróbia de energia pode ser esclarecida pelos níveis de concentração sanguínea de lactato.

Sabendo-se que a concentração plasmática de lactato, está condicionada a uma série de factores, que abordamos na revisão da literatura específica da cinética do lactato, podemos concluir que quanto

mais intenso for o nível de jogo tanto maior será a concentração de lactato e o índice de degradação glicolítica.

Embora se tenham detectado picos de concentração de lactato da ordem das 12 mmol/L (Ekblom, 1986b) e 11.6 mmol/l (Smith et al.,1993), as concentrações médias oscilam entre as 5 mmol/L (Agnevik, 1975), 8 mmol/L (Ekblom et al.,1981), 9 mmol/L (Jacobs et al., 1982), 9,7 mmol/L (Ekblom, 1986b).

Temos no entanto de levar em consideração, como diz Bangsbo (1994), que a medição da lactatémia num determinado momento de jogo, caracteriza somente o tipo de esforço desenvolvido nos 3 a 5 minutos anteriores.

A aptidão anaeróbia dos futebolistas varia quer em função do perfil fibrilar, do nível de treino, da motivação intrínseca para o esforço, bem como do modelo e filosofia de jogo; aquilo que Reilly denomina *The way of playing*.

As variações da concentração máxima de lactato obtidas em laboratório não variam muito, ainda que considerando as diferenças relativas ao protocolo escolhido

.

Quadro 54. Concentração máxima de lactato obtida em situação laboratorial em equipas de futebol.

| **Autor** | **Nível Competitivo** | **n** | **Lactato** ($mmol.l^{-1}$) |
|---|---|---|---|
| Nowacki et al. (1988) | Internacional Rep. Fed. Alemã | 15 | 12.3 ± 1.9 |
| Bunc et al. (1991) | Internacional Checoslováquia | 15 | 11.6 ± 2.4 |
| Heller et a (1991) | 1ª Divisão Checoslováquia | 12 | 11.5 ± 1.6 |
| Tokmakidis et al. (1991) | 1ª Divisão Grécia | 99 | 13.4 ± 0.4 |
| Bangsbo (1993) | 1ª Divisão Dinamarca | 16 | 11.6 |
| Bangsbo (1993) | 2ª Divisão Dinamarca | 16 | 12.9 |

A validação da concentração máxima de lactato obtida em laboratório permite-nos tão somente perspectivar a margem até à qual um futebolista pode caminhar. É normal que em situações de *stress* competitivo o jogador possa exceder os limites apreciados em laboratório. No entanto, em situação de jogo, como podemos constatar pelos dados expressos na revisão acima efectuada não se ultrapassam as médias determinadas em laboratório.

Uma questão que se levanta normalmente na orientação do processo de treino diz respeito à prevalência do metabolismo glicolítico no decurso de um jogo de futebol.

A tese de que os mecanismos anaeróbios alácticos são fundamentalmente solicitados no decurso de um jogo de futebol, e de que a recuperação destes solicita o desenvolvimento de uma boa capacidade aeróbia levará a subestimar a contribuição da glicólise no apoio energético ao exercício.

Acresce a isto que a verificação de baixas taxas de lactato no fim do jogo encontradas por alguns autores indiciava uma menor solicitação glicolítica. No nosso entender isto tem de ser questionado, pois como sustentam Ekblom (1986b) e Lacour e Chatard (1984), no fim e mesmo no intervalo de um jogo de futebol a deplecção do glicogénio muscular atinge níveis que indiciam uma nítida degradação glicolítica.

O facto de verificarmos, em alguns casos, baixas concentrações de lactato no fim de um jogo, não nos permitie extrapolar considerações tais como a da prevalecência dos mecanismos anaeróbios alácticos, conceito questionável à luz dos conhecimentos actuais (Hirvonen et al.,1987). A relativização deve ser feita em relação aos seguintes factores:

- potência máxima aeróbia
- perfil miofibrilar
- nível de treino
- condições climatéricas
- nível de empenho em jogo
- dieta pré-exercício.

Contrariamente ao que se pensava, isto é, que uma alta taxa de lactato no final de um jogo ou treino deveria levar à reformulação do processo de treino, pensamos que deve ser entendida com um bom índice de solicitação de um processo bioenergético fundamental para o futebol, bem como um sinal do empenho do jogador.

É interessante verificar, segundo Ekblom (1986b) que as médias de concentração de lactato são mais baixas na segunda parte de um jogo. Esta baixa progressiva da lactatémia traduz uma menor disponibilidade energética glucídica, o que se correlaciona com o decréscimo no nível competitivo das equipas.

Analisemos os valores de lactato sanguíneo no final da primeira parte e no final do jogo, em várias equipas suecas de nível diverso.

Quadro 55. Lactato sanguínea no final da 1ª parte e no final do jogo, em equipas suecas da 1ª, 2ª, 3ª e 4ª divisões (Ekblom.1986b)

| Amostra | Lactatémia ($mmol.l^{-1}$) Fim da 1ª Parte | Lactatémia ($mmol.l^{-1}$) Final do Jogo |
|---|---|---|
| 1ª Divisão | 9.5 (6.9-14.3) | 7.2 (4.5-10.8) |
| 2ª Divisão | 8.0 (5.1-11.5) | 6.6 (3.1-11.0) |
| 3ª Divisão | 5.5 (3.0-12.6) | 4.2 (3.2-8.0) |
| 4ª Divisão | 4.0 (1.9-6.3) | 3.9 (1.0-8.5) |

Estes dados recolhidos por Ekblom (1986b) são reforçados pelos índices de deplecção glicogénica muscular verificados noutros estudos (Saltin,1973; Smaros,1980). Em quase todos os jogadores analisados, a taxa de deplecção do glicogénio muscular foi muito maior na primeira parte do que na segunda.

Vejamos a evolução da taxa de concentração de glicogénio muscular no decurso do jogo.

Quadro 56. Concentração de glicogénio muscular, antes, no intervalo e após um jogo de futebol

| Antes | Intervalo | Final | Autor |
|---|---|---|---|
| 96 $mmol.l^{-1}$ | 32 $mmol.l^{-1}$ | 9 $mmol.l^{-1}$ | Saltin, 1973 |
| 84 $mmol.l^{-1}$ | 63 $mmol.l^{-1}$ | 43 $mmol.l^{-1}$ | Smaros, 1980 |

Tal facto naturalmente provoca uma situação que dificulta a solicitação glicolítica na segunda parte. No entanto os valores de lactatémia (médios) podem em alguns jogos ser superiores na segunda parte. Tal facto pode estar relacionado ou com um relativo estatismo na 1ª parte ou com uma dieta ajustada que potencie antes do exercício o "pool" dos carbohidratos. Analisemos o quadro seguinte:

Quadro 57. Valores médios de lactatémia em alguns jogos da liga amadora alemã (Gerisch et al.,1988)

| Liga Amadora (Top) | N | Lactato Sanguíneo ($mmol.l^{-1}$) | |
|---|---|---|---|
| Jogos | | 1ª Parte | 2ª Parte |
| **WSV** - Xanten (1.12.84) | 10 | 5.15 ± 2.55 | 4.36 ± 2.47 |
| **FCK(A)** - WSV (15.12.84) | 10 | 5.65 ± 1.30 | 6.05 ± 2.96 |
| FCK(A) - **WSV** (15.12.84) | 9 | 4.27 ± 2.24 | 4.57 ± 2.46 |
| **WSV** - FCK(A) (11.5.85) | 10 | 7.22 ± 2.69 | 4.63 ± 1.57 |
| WSV - **FCK(A)** (11.5.85) | 10 | 5.52 ± 2.02 | 3.84 ± 1.07 |
| **WSV** - SW Essen (19.5.85) | 10 | 3.79 ± 1.26 | 4.61 ± 2.74 |

Da síntese dos quatro jogos e dos 59 jogadores analisados obtém-se para o final da 1ª parte uma lactatémia de 5.58 ± 2.01 mmol.l$^{-1}$, e para o final da 2ª parte 4.68 ± 2.16 mmol.l$^{-1}$.

Interessa no entanto enquadrar estes resultados, pois a dinâmica da concentração de lactato varia de jogador para jogador, em função do empenho individual, do resultado do jogo e da importância do mesmo.

Analisemos a evolução da lactatémia no final da 1ª e 2ª partes, na totalidade dos jogadores (excluindo o guarda-redes), num jogo de campeonato da liga *top* amadora alemã. A equipa é o F.C. de Colónia (Amadora).

Quadro 58. Acumulação de lactato no final de cada meio-tempo da totalidade dos jogadores da equipa do F.C.Koln (A), num jogo da liga alemã amadora (Gerisch et al.,1988)

| Jogador | 2 | 3 * | 4 # | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 * | 14 # |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1ª Parte | 6.35 | 6.80 | 5.55 | 6.30 | 5.55 | 5.30 | 2.20 | 5.85 | 6.25 | 6.40 | - | - |
| 2ª Parte | 6.15 | 12.40 | 2.20 | 5.75 | 6.85 | 2.75 | 7.65 | 6.10 | 4.45 | 3.90 | 7.55 | 6.95 |

* aos 69 minutos entrou o jogador 12 e saiu o 3
\# aos 79 minutos entrou o jogador 14 e saiu o 4

Como podemos analisar as variações intra-individuais são grandes. Como nota saliente, a grande concentração de lactato do jogador 3 no momento da sua substituição, sugere um grande nível de fadiga. No entanto, é de salientar como afirma Bangsbo (1990) que a concentração sanguínea de lactato, só nos dá indicação do tipo de actividade desenvolvida, nos poucos minutos que antecedem a recolha da amostra.

Normalmente, a concentração de lactato no final da 2ª parte de um jogo é, em média, menor que no final da 1ª. Isto indicia uma significativa deplecção do glicogénio muscular durante a 1ª parte, com afectação directa do nível de intensidade na 2ª.

Daqui se depreendem algumas ilacções do foro dietético que ultrapassam o âmbito deste trabalho.

Temos de saber diferenciar, entre a possibilidade de solicitação dos mecanismos glicolíticos, que inclusivé deve ser estimulada pelo treino, e o controle da lactatemia.

Torna-se conveniente evitar grandes concentrações plasmáticas de lactato no decurso do jogo, na medida em que pode conduzir rapidamente à fadiga.

Sabe-se que a dinâmica do jogo impõe por vezes a sucessão de esforços de grande intensidade sem recuperação eficaz, o que leva ao aumento da acidose intra-celular, prejudicando o processo de contracção muscular, a execução técnica correcta e a integridade dos mecanismos perceptivos (factores táctico-cognitivos).

Alguns movimentos errados têm a sua génese mais nas deficiências da condição física do que no nível de destreza técnica do atleta.

Como é fácil constatar a fadiga altera o padrão técnico do movimento e daí a necessidade de combater pelo treino as dominantes correlacionadas com a emergência da fadiga. A atenuação da acidose muscular induzida pela alta taxa de concentração de lactato é uma delas.

### 3.3.2.6. A mobilização glicolítica nas corridas do atletismo

A solicitação glicolítica está dependente do tipo de prova, e tem a ver com a intensidade e duração da mesma.

A prova mais curta do programa olímpico (100 m) solicita nos primeiros 60 metros a participação do fosfagénio, não havendo, a partir daí, ulterior degradação deste substrato, sendo o suporte energético feito a expensas da glicogenólise (Hirvonen et al.,1987).

Hautier et al. (1994) testando 12 *sprinters* nas semi-finais e finais do Campeonato Nacional dos Camarões, encontraram no final das provas de 100 e 200 m, concentrações de lactato sanguíneo de 8.5 ± 0.8 e 10.3 ± 0.8 $mmol.l^{-1}$ respectivamente.

A expressão desta lactatémia denuncia a importância da energia glicolítica, que mesmo numa prova de 100 m contribui con cerca de 55 % para o gasto energético total (Hautier et al.,1994).

Os estudos de Hirvonen et al. (1987) sugerem que desde o início duma prova de 100 metros, ambos os substratos (fosfagénio e glicogénio) são solicitados de forma maximal, na produção de ATP para a contracção muscular.

Sugere-se de igual forma que a potência glicolítica na produção de energia é constante, desde o início e até, pelo menos, um esforço maximal de 11 segundos de duração (Hirvonen et al.,1987).

O jogo entre a intensidade das provas e a extensão temporal das mesmas promove as maiores concentrações de lactato nas provas de 400, 800 e 1500 metros.

Kindermann e Keul (1977) encontraram uma concentração de lactato de 24.9 $mmol.l^{-1}$ (pH 6.9) no final de uma prova de 400 m corrida em 45.5 segundos.

Os valores encontrados por Lacour et al. (1990), após competição (atletas de elite) são os seguintes:

- 400 m - 20.1 ± 2.2 $mmol.l^{-1}$ (n=10)
- 800 m - 21.9 ± 2.1 $mmol.l^{-1}$ (n=18)
- 1500 m - 20.8 ± 2.7 $mmol.l^{-1}$ (n=6)

Como podemos constatar a degradação glicolítica é intensa, até aos 1500 metros. No entanto provas mais longas podem de igual forma solicitar os mecanismos anaeróbios de uma forma marcante, quando a aceleração final vai definir os lugares cimeiros. Daí a necessidade dos fundistas não esquecer o trabalho que vise potenciar as fontes glicolíticas, que é um trabalho negligenciado no atletismo português.

### 3.3.3. Limiar anaeróbio

A capacidade de *endurance* de um sujeito é melhor determinada pela medição de indicadores metabólicos em exercício submáximo do que pela medição do $VO_2max$.

Vários estudos procuraram definir os níveis de intensidade de exercício em equilíbrio máximo metabólico, tentando-se estabelecer um limite a partir do qual a alteração da homeostasia metabólica acontecia.

Desenvolveram-se vários métodos para a determinação da intensidade crítica (limiar) a partir da análise de certos parâmetros fisiológicos e biológicos.

Os métodos mais comuns, põem em jogo:

1. **A análise das trocas de gases** (Wasserman e McIlroy,1964)
2. **A cinética de acumulação do lactato sanguíneo** (escolas alemã, sueca e outras)
3. **A evolução das alterações da frequência cardíaca** (Método de Conconi). Por ser um método mais expedito que científico (Howald,1986), não o analisaremos no âmbito deste trabalho.

Ao tentarem encontrar as eventuais correlações entre os desequilíbrios metabólicos e respiratórios, Wasserman e McIlroy encontraram uma relação entre a acumulação de lactato e consequente acidose intramuscular, que redundavam em hiperventilação pulmonar. Chamaram a este ponto de ruptura Limiar Anaeróbio ($L_{AN}$), certos de que o factor primordial do desiquilíbrio metabólico era a hipóxia muscular.

Segundo Wasserman e McIlroy (1964) é considerado limiar anaeróbio ($L_{AN}$) o mais alto consumo de oxigénio que pode ser mantido durante exercício prolongado sem acumulação sanguínea de lactato. Para estes autores as análises espirométricas das trocas de gases podiam detectar o início da acidose metabólica.

Wasserman (1987) tenta definir com a máxima clareza este conceito:

- "O limiar anaeróbio pode ser medido directamente a partir da concentração de lactato, com uma boa detecção do limiar a partir da transformação log-log do lactato e $VO_2$. Este limiar define o $VO_2$ ao qual o quociente lactato/piruvato aumenta. Como o bicarbonato se altera reciprocamente com o lactato, a sua medição pode ser utilizada para estimar o limiar de lactato. Mais convenientemente, modificações no troca de gases causadas pela acção de tamponamento do ácido láctico pelo bicarbonato, pode ser usada para detectar o limiar anaeróbio durante o exercício".

Mais tarde Wasserman e Koike (1992) procuraram demonstrar que o aumento do lactato durante exercício incremental é sensível ao fluxo de

oxigénio, e que existe um limiar de intensidade acima do qual essa sensibilidade se torna manifesta.

Embora Wasserman não tenha realizado estudos no âmbito desportivo, a utilidade deste conceito ($L_{AN}$) é por demais evidente na caracterização de atletas em laboratório, e propicia a possibilidade de estabelecer o padrão de diferenciação entre estes, determinando a sua intensidade máxima de exercício em equilíbrio metabólico, sem afectação dramática dos parâmetros respiratórios, hemodinâmicos, neurais e humorais.

Wasserman et al. (1990) apontam a hipoxia local para defesa do conceito anaeróbio, considerando que o aporte de oxigénio aos músculos em actividade é insuficiente aumentando assim a formação de ácido láctico e dos quocientes lactato/piruvato e $NADH/NAD^+$.

Para Wasserman (1986) a acumulação sanguínea de lactato é expressão por um lado do decréscimo do pH, do nível de deplecção do glicogénio intramuscular e de várias alterações no processo de trocas gasosas, induzidas por uma insuficiência no aporte de oxigénio aos músculos em exercício.

Portanto a tese de que durante exercício incremental é a insuficiência muscular de oxigénio a responsável determinante pela acumulação de lactato, levou Wasserman e McIlroy a estabelecerem o conceito de $L_{AN}$, patamar a partir do qual o aumento da concentração de lactato sanguíneo cresce exponencialmente, perdendo-se portanto o estado de *steady-state* no qual a produção de lactato está em equilíbrio com a taxa de remoção.

### 3.3.3.1. Limiar anaeróbio respiratório ($L_{AN}$)

Wasserman e McIlroy (1964) ao efectuarem as medições das trocas gasosas pulmonares, tentaram definir o $L_{AN}$ por métodos não invasivos, estabelecendo um ponto de desiquilíbrio respiratório que correspondesse à acidose metabólica provocada pelo exercício incremental.

Inicialmente estes autores definiam o $L_{AN}$ como o ponto de quebra da linearidade da ventilação-minuto ($V_E$) e da produção de dióxido de carbono ($VCO_2$), acrescido de um aumento abrupto do quociente respiratório (Q.R.). Estes factores poderiam ser usados como indicadores da acidose metabólica (Davis,1985).

A detecção não invasiva do $L_{AN}$ foi sofrendo refinamentos sucessivos. O sistemático aumento do equivalente respiratório de oxigénio ($V_E/VO_2$) sem o correspondente aumento da $V_E/VCO_2$, é o hoje um dos critérios mais comuns para detecção do $L_{AN}$ por métodos não invasivos, já que é um método respiratório com grande concordância com a estimação do limiar anaeróbio pelas concentrações de lactato (Davis,1985).

Embora o Método V-Slope seja o que maior índice de correlação tem com o da determinação do limiar pela cinética do lactato (Sue et al.,1988), torna-se menos operativo, pois exije uma série de operações com certo grau de dificuldade e morosidade.

Wasserman (1987) sugere que o $L_{AN}$ ocorre durante um exercício incremental, devido ao aumento do comando respiratório provocado pelo aumento de $CO_2$ nos pulmões, bem como pela estimulação respiratória provocada pela acidose induzida pelo lactato.

Temos de evidenciar que durante o exercício com intensidades acima do limiar anaeróbio existem duas fontes para a formação de $CO_2$. Uma resultante do metabolismo oxidativo e outra resultante do tamponamento do ácido láctico pelo bicarbonato (Davis,1985). Wasserman (1987) defende que a hiperventilação acontece pela acção conjugada dos seguintes factores:

- aumento da concentração plasmática de lactato
- diminuição do pH
- tamponamento pelo bicarbonato dos iões $H^+$
- superprodução de $CO_2$ (descarboxilação no Ciclo de Krebs, anídrase carbónica).

### 3.3.3.2. Limiar anaeróbio metabólico (limiar láctico)

Durante um exercício incremental a acumulação de lactato é função linear da potência desenvolvida e do consumo de oxigénio (Brooks,1985). Eventualmente, pode acontecer que uma dada carga promova um aumento não linear do lactato, provocando o aumento abrupto de concentração muscular e sanguínea deste metabolito glicolítico. Denomina-se este ponto de Limiar Láctico (Brooks,1985). Alguns autores (Karlsson e Jacobs,1982) denominam este ponto por OBLA *(Onset of blood lactate accumulation).*

Não é fácil definir o ponto de ruptura a partir do qual a lactatémia deixa de estar estável. Daí alguma controvérsia subjacente à análise da evolução da concentração do lactato.

Embora se possam suportar taxas sanguíneas de lactato de 3 a 5 $mmol.l^{-1}$ durante muito tempo (Kindermann et al.,1979), interessará, se possível, estabelecer o patamar energético acima da qual o glicólise é solicitada de forma preponderante. Assim se poderá evitar a deplecção do glicogénio, pois este substrato quando metabolizado de forma anaeróbia é gasto com um ritmo 18 -19 vezes mais rápido do que, se o processo energético assentar na fosforilação oxidativa (Davis,1985).

Os vários dados da investigação, no campo desportivo, apontam para respostas diferenciadas em função da modalidade praticada.

O interesse prático deste conceito radica fundamentalmente nas várias hipóteses de treino deduzidas do estudo da cinética do lactato. Se em modalidades de curta duração o problema energético não se coloca ao nível da disponibilidade das reservas, nos esforços de longa duração esse problema é fulcral e razão primeira de muitos êxitos ou inêxitos desportivos.

### 3.3.3.3. Controvérsia acerca do conceito limiar anaeróbio

Tem-se levantado, nos últimos anos, bastante controvérsia no respeitante ao conceito de Limiar Anaeróbio.

São de igual forma postos em causa os conceitos anaeróbio e limiar.

Malgrado as dificuldades de consenso entre os vários investigadores em relação ao conceito de $L_{AN}$, este ganhou importância definitiva no campo científico e do treino desportivo.

As teses que contrariam a hipótese da emergência de hipoxia tecidular como indutora de um limiar anaeróbio, assentam nos seguintes pressupostos que foram sintetizados por Katz e Sahlin (1988):

1 - A $PO_2$ no músculo em contracção produtor de lactato é maior que o valor em que o processo respiratório na mitocôndria isolada é bloqueado.

2 - O estado redox do músculo, medido por fluorometria de superfície não está reduzido (i.e. o NADH mitocondrial não está aumentado)

3 - O $VO_2$ a uma dada intensidade submáxima de exercício não é alterado pelo treino ou hiperoxia, embora a produção de lactato diminua.

Connett et al. (1990) refutam a teoria de Wasserman e colaboradores a partir da constatação de que existe uma formação intra-muscular acentuada de lactato quando a pressão parcial de oxigénio local não é crítica. Com uma pressão parcial de poucos torricelli continua o processo oxidativo mitocondrial. Durante exercício máximo a pressão parcial venosa de oxigénio nunca é menor do que 10 torricelli (Pirnay et al.,1972), o que corresponde a um tensão venosa muito superior à tensão crítica mitocondrial que é segundo Chance e Quistorff (1978) de 0.1 a 0.5 torricelli. Embora estes dados tenham sido obtidos na mitocôndria isolada (o que leva Katz e Sahlin (1988) a questioná-los), nada obsta a que o raciocínio geral esteja correcto se extrapolado para o músculo em contracção.

Connett et al. (1990) evidenciam a incorrecção do termo hipoxia quando utilizado neste contexto. Hipoxia significa uma pressão intracelular de oxigénio inferior ao normal (e não significa falta crítica de $O_2$ para continuação dos processos oxidativos). De igual forma hipoxemia significa uma concentração sanguínea de $O_2$ inferior ao normal (o que

acontece com frequência em fundistas de elite). Assim definiram o conceito **Disóxia**, que significa a limitação do *turn-over* citocrómico por deficiência de $O_2$. Neste caso permanece o problema de, qual a $PO_2$ celular a partir da qual podemos considerar que estamos numa situação de disóxia?

Segundo Gladden (1984) o problema não é de fácil resolução, pelo menos em exercício.

Para Brooks (1991) o aumento do lactato é devido não à deficiência de $O_2$ (directamente) mas sim ao aumento (3 a 4 vezes mais) das concentrações sanguíneas de adrenalina, com a consequente estimulação sistémica dos processos glicolíticos.

Jones e Ehrsam (1982) acham aceitável o termo anaeróbio, pois a partir de determinado nível de esforço ganham cada vez maior importância os processos energéticos glicolíticos; discordam no entanto do conceito de limiar.

Classicamente uma concentração plasmática de 10 mmol/l de lactato seria interpretada como uma situação hipóxica severa. No entanto o exercício pode continuar por mais de 1 hora, mantendo-se um *steady-state* com altos níveis de lactato (Jones e Ehrsam,1982).

Gonin (1985) encontrou valores de 7.7 a 13.4 mmol.l-1 de lactato no final de uma ultra-maratona (100 km), o que indicia que os atletas "conviveram" com altas taxas de lactato durante a prova.

O exercício máximo em situações de marcada hipoxemia arterial (extrema altitude) com presumível hipoxia tecidular, em indivíduos aclimatizados não produz maior concentração de lactato sanguíneo do que ao nível do mar. Não é o caso da situação de exposição aguda à altitude, em que uma mesma intensidade de exercício provoca maior concentração plasmática de lactato, catecolaminas, cortisol, e uma diminuição da insulina, do que o mesmo exercício ao nível do mar (Sutton et al.,1983).

Após aclimatização, West (1986) constatou que a menor concentração de lactato estava relacionada com uma menor capacidade de trabalho e de potência desenvolvida, já que a exposição crónica à altitude potencia por um lado o metabolismo lipídico e por outro reduz as reservas musculares e talvez hepáticas de glicogénio (Sutton et al,1983).

Podemos concluir que a glicólise é afectada em extremas altitudes, diminuindo portanto a capacidade de desenvolver esforços de grande intensidade.

Katz e Sahlin (1987) ao induzirem uma situação de hipóxia respiratória (11% $O_2$) em sujeitos em exercício encontraram significativos aumentos de lactato muscular, bem como do quociente lactato/piruvato (que é proporcional ao quociente NADH/NAD) em relação a sujeitos respirando em concentrações normais de oxigénio, o que os levou a deduzir que tais diferenças reflectiam o estado *redox* mitocondrial, provocado por hipóxia tecidular.

No entanto, não conseguiram demonstrar a exclusiva dependência do oxigénio para a produção e acumulação de lactato. Implicam vários outros factores no processo de produção de lactato durante o exercício. São eles (Katz e Sahlin,1988): dieta, adrenalina, níveis de glicogénio, temperatura, perfil enzimático do músculo, perfil fibrilar, padrão de recrutamento fibrilar, ritmo de trabalho.

Segundo Brooks (1985) é forçoso discernir entre formação e acumulação de lactato.

O perfil enzimático muscular determina quer o sentido quer o grau de algumas reacções bioquímicas. A actividade de alguns enzimas pode indiciar o perfil funcional da célula. Analisemos o quadro que se segue:

Quadro 59. Actividade máxima enzimática no *quadriceps* humano (Poortmans,1986)

| **GLICÓLISE** | Actividade máxima enzimática (micromoles.min$^{-1}$ a 25° C) |
|---|---|
| Fosfofrutoquinase * | 57 |
| Glicerolfosfato Desidrogenase | 9 |
| Lactato Desidrogenase | 121 |
| Alanina-amino-transferase | 10 |
| Piruvato Carboxiquinase | 0.6 |
| **OXIDAÇÃO** | |
| Cetoglutarato Desodrogenase * | 1.2 |

Denota-se que a velocidade máxima que cataliza a passagem do piruvato a lactato, por intermédio da LDH, é incomparavelmente superior à da acção de qualquer outro enzima. Podemos deduzir que um fluxo aumentado de piruvato conduz à formação acelerada de lactato (lei de accção de massas). No nosso entender (subscrevemos as teses de Brooks e colaboradores) isto não é devido a um défice de oxigénio, mas entre outras razões à potência catalizadora da LDH (isoenzima muscular).

### 3.3.3.4. Análise comparativa entre o limiar láctico e o $L_{AN}$

Um problema que se levanta concerne à simultaneidade da ruptura do equilíbrio metabólico e respiratório.

Koike et al. (1990) defendem o conceito de que a acidose metabólica é sinónimo de limiar anaeróbio, ou seja o momento em que o $VO_2$ não é suficiente para dar resposta às exigências metabólicas do músculo em exercício.

Num estudo levado a cabo por Gaesser e Poole (1986) o $L_{AN}$ manteve-se inalterado após 3 semanas de treino. O limiar láctico aumentou, acentuando-se a dissociação entre estes dois limiares. Embora estes dois parâmetros estejam bem correlacionados ($r=0.86$, $p < 0.05$), os resultados indiciam mais uma relação de coincidência do que uma relação causal entre eles (Gaesser e Poole,1986; Neary et al.,1985).

De igual forma para Green et al. (1983) o $L_{AN}$, determinado pela relação entre a $V_E$ e $VO_2$ e o limiar estabelecido pela acumulação de lactato não são coincidentes.

A análise da troca de gases não é um meio muito fiável de predizer o limiar de lactato, já que a própria selecção individual de limiar varia de investigador para investigador (Gladden et al.,1985).

Existem várias confirmações laboratoriais do desfazamento entre o limiar metabólico (lactato) e respiratório, cuja alta correlação não advém duma relação de causa e efeito (Yeh et al.,1983; Reybruck e Ghesquiere, 1984).

Ao concluir-se que os marcadores tradicionais que expressam a ruptura do equilíbrio metabólico ($L_{AN}$ e Limiar Láctico) ocorrem em sujeitos normais em exercício até à exaustão, numa situação de acidose intra-muscular (Systrom et al.,1990), podem-se estabelecer, talvez com uma certa ligeireza, as relações de significância entre acidose intra-muscular e sanguínea, hiper-ventilação e acumulação de lactato.

As dificuldades de consenso são postuladas por Gladden (1984) da seguinte forma:

- a decisão quanto à teoria de o $L_{AN}$ ser devido a hipoxia, não é de fácil resolução já que as mensurações da $PO_2$ mitocondrial ao $L_{AN}$ em sujeitos em exercício é actualmente impossível

- quanto à fiabilidade da detecção do $L_{AN}$ por métodos não invasivos, por exemplo no caso do estabelecimento do $L_{AN}$ pela análise da troca de gases e a sua correspondência com o início da acumulação de lactato, põe-se o problema do nível técnico dos investigadores bem como a acuidade dos aparelhos de medição. O afinamento dos critérios e o uso de modelações computadorizadas pode resolver com certa eficácia o problema (Sue et al.,1988)

- a utilização dos parâmetros respiratórios na determinação do $L_{AN}$ leva a questionar a validação do $CO_2$ proveniente do tamponamento do ácido láctico pelo bicarbonato, já que parece existir um desfazamento entre o efluxo do ácido láctico e o efluxo do lactato, bem como um superior efluxo de ácido em relação ao lactato

- por fim, constata-se que a concentração sanguínea de lactato e o aumento da ventilação durante o exercício não são necessariamente causa e efeito, e podem ser explicados por outros factores que não a hipoxia.

De igual forma McLellan (1987) evidencia que na utilização dos métodos não invasivos, neste caso respiratórios, levanta-se o problema do

protocolo utilizado. Assim, durante exercício com rápidos incrementos de intensidade (10 a 15 W cada 30 segundos ou 20 a 30 W cada minuto) as modificações na troca de gases para determinação do $L_{AN}$ são diferentes da utilização de incrementos lentos de intensidade (em cada 3 ou 4 minutos aumentos iguais aos anteriores).

Thompson et al. (1989) constataram não existir correlação entre a evolução dos factores respiratórios *(ventilatory break points)* e da concentração de lactato.

De igual forma Farrell e Ivy (1987) não encontraram relação entre o aumento da acidose sanguínea induzida pelo aumento da concentração de lactato e o aumento do equivalente de $O_2$ ($VE/VO_2$) verificado durante exercício incremental.

O início da hiperventilação pode ser provocado preferencialmente por mecanismos humorais, pela acção de processos neurais bem como pela acção directa do aumento da temperatura e da concentração plasmática de catecolaminas (Powers e Beadle,1985).

Os sujeitos com a doença de McArdle (que apresentam uma deficiência a nível da fosforilase muscular com consequente afectação do processo glicolítico) em exercício físico exaustivo não desenvolvem nem concentrações de lactato nem diminuição do pH (desenvolvem inclusivé uma situação de alcalose). No entanto hiperventilam, o que indiciará mecanismos de regulação outros que não a acidose e o fluxo pulmonar de $CO_2$ para controle respiratório do exercício (Hagberg et al.,1990).

Lewis e Haller (1986) constataram que nestes doentes a diminuição do $VO_2max$ verificada é substrato-dependente e parcialmente atenuada com o aporte exógeno de outros substratos (glucose e ácidos gordos).

### 3.3.3.5. Influência da dieta no limiar anaeróbio láctico

Ao contrário do que se pensava, parece que a ingestão de dietas de alto teor em carbohidratos não altera a relação entre o $L_{AN}$ e limiar láctico (McLellan e Gass,1989), já que independentemente da sobrecarga glucídica as concentrações de lactato são similares às da dieta normal após exercício exaustivo (Jacobs,1981).

Ingestões anormais de glucídeos durante vários dias podem causar aumento da concentração sanguínea de lactato durante o exercício. Ivy et al. (1981) consideram que uma dieta hiper-glucídica aumenta a produção de lactato em exercíco sub-máximo, enquanto o consumo de gorduras tem o efeito oposto. Jacobs (1981) refere que a ingestão de carbohidratos 2 a 3 vezes superior ao normal, não altera a concentração muscular de lactato após exercício supra-máximo.

A deplecção das reservas musculares de glicogénio (por dieta ou por exercício) diminui a acumulação intramuscular de lactato após exercício

intenso de curta duração (Jacobs,1981; Bangsbo et al.,1993). Significa isto, que a deplecção glucogénica muscular diminui a potência glicolítica e a capacidade de desenvolver trabalho.

Podemos portanto deduzir que quer a sobrecarga quer a deplecção glucídicas podem provocar alterações na determinação do limiar láctico.

Alguns autores concluiram que o ritmo da glicogenólise é determinado pelo nível de concentração muscular de glicogénio.

No entanto Bangsbo et al. (1993) em exercício intenso exaustivo com uma perna demonstraram que o ritmo de degradação glicolítica não era alterado com a elevação da concentração inicial de glicogénio muscular, bem como o tempo até à fadiga não era alterado. De igual forma comprovaram que o exercício prévio, reduz quer a produção de lactato quer o tempo até à fadiga, independentemente de o tempo de recuperação entre exercícios ser suficiente para o nível de lactato, o pH e a concentração de $K^+$ regressarem aos níveis anteriores ao exercício.

Tais resultados indiciam que outros factores diversos do lactato interagem quer na solicitação dos carbohidratos endógenos quer no advento da fadiga.

Estes resultados contrastam com os obtidos por Richter e Galbo (1986) que demonstraram que o fluxo de degradação glicolítica estava aumentado após potenciação das reservas musculares de glicogénio.

Pensamos que as diferenças assentam na diferença dos protocolos utilizados. Enquanto no esforço curto e exaustivo o fluxo glicolítico não é afectado pelo nível das reservas musculares de glicogénio, nos esforços prolongados e de intensidade sub-máxima o nível das reservas tem importância para a manutenção de uma alta intensidade de trabalho.

### 3.3.3.6. Outras considerações sobre o LAN

A determinação do perfil de *endurance* de um sujeito ou amostra, é efectuada, por estudos que utilizam quer o limiar láctico quer o limiar respiratório (LAN). Embora não coincidentes, ambos apresentam utilidade prática.

O estabelecimento do LAN por métodos não invasivos releva do subjectivismo, e quanto aos métodos invasivos (limiar láctico) é necessário discernir com cuidado a partir de que fonte sanguínea a evolução da concentração de lactato é estabelecida (arterial, venoso misto, venoso e capilar) já que as variações podem ser enormes.

O conceito de limiar é também controverso e põe problemas complexos para a sua determinação.

O LAN é para Wasserman (1986) "o momento onde a curva lactatémia/potência se afasta do seu valor de repouso, correspondendo

aquela onde aparece um brutal aumento na relação $V_E/VO_2$". Este autor conjuga os dois limiares (respirtório e metabólico).

A escola alemã (Kinderman et al.,1979) defende o conceito de limiar apoiando-se no facto de que a partir duma dada potência de exercício, não existe mais a possibilidade de obter um estado estável de lactatémia.

No entanto, Yeh et al. (1983) não encontraram um limiar na cinética da acumulação de lactato.

Podemos levantar a hipótese de que em alguns sujeitos o comportamento no aumento da concentração de lactato durante exercício incremental define um limiar, e noutros não (será um problema de sensibilidade individual à acumulação de lactato).

Pensamos que podemos sintetizar toda esta problemática da seguinte forma:

- Existe um incremento progressivo na produção de lactato paralelo à intensificação incremental do esforço. Até certo nível de intensidade os processos de remoção do lactato permitem valores estacionários da sua concentração (podem mesmo baixar). A partir de certo nível de intensidade de exercício os processos de remoção são ineficazes e induz-se um aumento progressivo das concentrações musculares e plasmáticas de lacatato. Isto não é devido a situações de hipoxia local (tomamos a posição de Brooks contra Wasserman), mas sim à ineficácia dos *shuttles* mitocondriais para dar resposta à potência glicolítica detonada pela intensificação progressiva do exercício.

Chamar a este ponto de ruptura de limiar anaeróbico é talvez incorrecto.

### 3.3.3.7. Limiar anaeróbio individual ($L_{AN}I$)

A escola alemã defende o conceito de limiar láctico, aventando várias hipóteses para a sua detecção (Heck,1990):

- a partir duma lactatémia fixa, correspondente a 4 $mmol.l^{-1}$
- para um ponto fixo de inclinação da curva lactato/potência, cuja tangente é igual a 51° ou 45 °
- a partir dum ponto da curva lactato/potência, determinada em função da cinética total de lactato, definindo-se o **limiar anaeróbio individual** (Stegmann,1981).

Kindermann et al. (1979) ao correlacionarem os níveis de concentração de lactato com a potência de trabalho definiram vários limiares:

- limiar aeróbio, aproximadamente (2 mmol)
- zona de transição aeróbia-anaeróbia (2 - 4 mmol)
- limiar anaeróbio (4 mmol)

Encontraram as 4 mmol como um ponto estável de concentração de lactato sanguíneo, evoluindo a curva de lactato paralelamente à curva da frequência cardíaca. Daí concluíram que a F.C. poderia ser um parâmetro regulador do treino, a partir das correspondências encontradas.

No nosso entender este é um processo falacioso, pois a F.C. é um parâmetro muito lábil, facilmente alterado por imensos factores.

De igual forma é de rejeitar o valor fixo das 4 mmol como parâmetro de treino, pois as respostas a este nível têm grande variação intra-individual.

Sjodin et al. (1982) encontraram em sujeitos correndo com 4 mmol de lactato aos 5 minutos um aumento para 5.9 mmol aos 15 minutos. Houve portanto uma ruptura no equilíbrio do lactato, que leva ao questionamento da validade do valor fixo das 4 mmol.

Stegmann et al. (1981) defendem o conceito de um Limiar Anaeróbio Individual ($L_{ANI}$), já que os modelos fixos (4 mmol) não respeitam as características individuais. Para Stegmann e colaboradores o limiar anaeróbio individual é definido como o ritmo metabólico ao qual a eliminação do lactato sanguíneo durante o exercício é máximo e igual ao ritmo de difusão para o sangue.

Os atletas especialistas em esforços de endurance apresentam o limiar abaixo das 4 mmol, enquanto sedentários e atletas de outros desportos apresentam o limiar perto das 4 mmol/l.

Stegmann e Kindermann (1982) encontraram em 19 remadores respostas muito diversas na definição do Limiar Anaeróbio Individual ($L_{ANI}$). Assim 15 dos remadores apresentavam $L_{ANI}$ em intensidades inferiores às que elegiam uma lactatémia de 4 mmol/l. Nestes sujeitos o prolongamento do exercício induziu acumulações de lactato de 9.6 ± 1.2 $mmol.l^{-1}$, determinou a exaustão aos 14.4 ± 6.3 min., e frequências cardíacas de 192 ± 10.4 $bat.min^{-1}$. Em 3 remadores o $L_{ANI}$ correspondia à intensidade indutora duma lactatémia de 4 $mmol.l^{-1}$, enquanto 1 remador apresentava um $L_{ANI}$ superior às 4 $mmol.l^{-1}$.

Stegman et al. (1981) verificaram que o $L_{ANI}$ pode variar entre 2 e 7 $mmol.l^{-1}$ de concentração de lactato, o que deverá pôr em questão a validade do patamar das 4 mmol.

Para uma concentração sanguínea de lactato correspondente a 4 $mmol.l^{-1}$ temos as seguintes capacidade de trabalho em tapete rolante sem inclinação, em vários tipos de corredores de atletismo (Svedenhag e Sjodin,1984):

. 400 metros - 4.50 m/seg
. 800 metros - 4.90 m/seg
. 1500 metros - 5.20 m/seg
. 5000 metros - 5.6 m/seg
. Maratonistas - 5.5 m/seg

Nada nos diz que estas velocidades são velocidades de equilíbrio, pois o grau de variabilidade individual é grande. Se no caso dos velocistas (400 m) o problema de determinação da velocidade máxima em *steady-state* não é importante para os meio-fundistas e fundistas é crucial.

Malgrado as polémicas até ao momento irresolúveis, é um facto de que o conceito de limiar anaeróbio dá um precioso instrumento de trabalho para controlo do treino quer em laboratório quer no terreno.

O problema metodológico que se levanta é como determinar o limiar anaeróbio, já que se constatou que em alguns atletas funciona o conceito de limiar e noutros não.

Alguns autores encontraram concordância entre o limiar respiratório e o limiar láctico, outros não encontraram concordância entre os dois limiares.

Assim, a validação do limiar anaeróbio, qualquer que seja, deve partir de pressuposto da variabilidade entre sujeitos, bem como das dificuldades metodológicas inerentes à sua concecução.

### 3.3.3.8. Validação prática do conceito de $L_{AN}$

O estudo do limiar anaeróbio (láctico ou respiratório) pode dar preciosas indicações para o treino. Embora as técnicas invasivas sejam mais precisas, as técnicas não invasivas, se cuidadosamente consideradas, podem-se constituir como razoáveis instrumentos de trabalho.

A validação prática do $L_{AN}$ permite-nos determinar o nível de adaptações após um processo de treino, melhorando a eficácia de todos os sistemas orgânicos.

Davis et al. (1979) ao estudarem 9 sujeitos saudáveis de meia-idade, antes e após 9 semanas de intenso programa de treino, verificaram um aumento significativo (25%) no $VO_2max$, mas um aumento maior no limiar anaeróbio (44%). Estes dados foram confirmados por Yoshida et al. (1982).

A análise da evolução da intensidade de esforço desenvolvida ao nível do limiar anaeróbio dá-nos importantes informações acerca dos processos adaptativos ao treino. A altíssima correlação entre o $L_{AN}$ e a *performance* em esforços de longa duração deve-nos levar à validação deste factor como determinante no controle do treino.

Reybrouck et al. (1986) ao estudarem a relação entre *performance* em esforços de endurance, o $VO_2max$ e o $L_{AN}$, encontraram uma correlação muito significativa entre $L_{AN}$ e endurance máxima, cuja capacidade preditiva não era aumentada se juntavam o $VO_2max$.

### 3.3.3.9. Estudo do $L_{AN}$ no futebol

Os estudos acerca do $L_{AN}$ no futebol são muito reduzidos. Este indicador, nos jogos desportivos colectivos não parece ser grandemente preditivo da *performance.*

O quadro que apresentamos de seguida corresponde a alguns valores do $L_{AN}$ em jogadores de futebol seniores, de diferente nível competitivo.

Quadro 60. Alguns indicadores do $L_{AN}$ em futebolistas

| Amostra | n | $VO_2max$ ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) | $L_{AN}$ ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) | $L_{AN}$ (%$VO_2max$) | $L_{AN}$ ($km.h^{-1}$) | Autor |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Profissionais Anderlecht | 18 | 56.5 ± 7.0 * | 51.0 ± 6.4 | 90 | | Vanfraechem e Thomas,1991 |
| Internacional Rep. Checa | 15 | 61.9 ± 4.1 ** | 49.8 ± 4.1 | 80.5 ± 2.5 | 13.6 ± 0.8 | Bunc et al., 1991 |
| Olímpicos Canadá | 16 | 58.7 ± 4.1 ** | 47.3 | 80.5 ± 3.9 | 13.8 ± 0.5 | Rhodes et al. 1986 |
| Internacional Finlândia | 31 | 56.0 ± 3.0 ** | 47.0 ± 4.0 | 83.9 | | Rahkila e Luhtanen,1991 |
| Elite Hong-Kong | 24 | 59.1 ± 4.9 | 47.3 | 80.0 ± 7.2 | | Chin et al., 1992 |

* Cicloergómetro
** Tapente Rolante

Os resultados do quadro 60 indiciam $L_{AN}$ idênticos, com excepção do estudo de Vanfraechem e Thomas (1991), cujos valores saem fora da normalidade. Pensamos que estes valores estão sobredimensionados, já que nesse estudo, a frequência cardíaca ao $L_{AN}$ era cerca de 80% da F.C.máx., enquanto a potência de trabalho desenvolvida ao $L_{AN}$ era de 77% da potência máxima.

Um valor de $L_{AN}$ da ordem dos 90% do $VO_2max$ é característico dos fundistas do atletismo, e não de futebolistas, pelo que os valores veiculados pelo estudo em referência devem ser analisados com cuidado. A detecção do limiar anaeróbio pela análise da troca de gases nem sempre é fácil, já que são normais o aparecimento de ruídos no sistema de medição dos dados da espirometria.

Outros estudos, visando determinar a economia de trabalho no jogador de futebol, utilizam outros indicadores, directamente relacionados com a cinética do lactato.

White et al. (1988) para uma concentração sanguínea de lactato de 4 $mmol.l^{-1}$ encontraram as seguintes correspondências:

- $VO_2$ de 37.5 ± 1.2 (77.1 ± 3.3% do $VO_2max$)
- FC de 155.5 ± 3.3 $bat.min^{-1}$ (86.9 ± 1.8 da FCmáx.).

Bangsbo (1993) escolheu como indicador de economia funcional a $[La^-]_S$ de 3 $mmol.l^{-1}$. Este estudo procurou, a partir deste indicador, em futebolistas dinamarqueses de elite, a diferenciação , entre jogadores com

utilização regular na equipa principal e os suplentes (não utilizados regularmente).

Quadro 61. Determinação de alguns factores correlacionados com uma $[La^-]_S$ de 3 mmol, em futebolistas de elite divididos em efectivos e suplentes (Bangsbo,1993)

| Parâmetros | Média | Efectivos | Suplentes |
|---|---|---|---|
| $VO_2max$<br>($ml.kg^{-1}.min^{-1}$)<br>n | 60.5<br>(50.1-76.9)<br>60 | 60.4<br>(51.7-76.9)<br>33 | 60.5<br>(50.1-67.7)<br>27 |
| $VO_2lac3$<br>($ml.kg^{-1}.min^{-1}$)<br>n | 48.6<br>(38.4-63.9)<br>60 | 48.6<br>(40.2-59.4)<br>33 | 48.6<br>(38.4-60.5)<br>27 |
| $VO_2lac3$<br>(% $VO_2max$)<br>n | 80.7<br>(66.4-92.4)<br>60 | 80.9<br>(71.3-92.0)<br>33 | 80.3<br>(66.4-92.4)<br>27 |
| Velocidade Tapete Rolante (Horizontal)<br>($km.k^{-1}$)<br>n | 14.6<br>(11.6-18.9)<br>25 | 14.7<br>(11.6-18.9)<br>13 | 14.5<br>(12.5-15.9)<br>12 |
| Velocidade Tapete Rolante (+5% incl.)<br>($km.h^{-1}$)<br>n | 11.8<br>(9.16-14.8)<br>35 | 11.7<br>(9.5-14.7)<br>20 | 11.9<br>(9.2-14.8)<br>15 |

A análise do quadro anterior permite-nos verificar a inexistência de diferenças entre efectivos e suplentes, quanto às dominantes conotadas com a aptidão aeróbia.

Existe uma marcada conflitualidade entre os resultados de White et al.(1988) e os de Bangsbo (1993). Enquanto este encontrou uma [La-]s de 3 mmol a 80.7% do $VO_2max$, aquele determinou uma [La-]s de 4 mmol a 77.1% do $VO_2max$. Esta disparidade terá a sua génese ou no protocolo experimental ou em erros metodológicos.

O estudo da variabilidade entre posições (funções), no concernente ao parâmetro em estudo ( [La-]s 3 mmol), não é estatisticamente significativo, quando analisado em função da percentagem de $VO_2max$ correspondente. Assim temos (Bangsbo,1993):

- Guarda-Redes - 80.6% do $VO_2max$
- Laterais - 82.2 %
- Centrais - 78.5 %
- Médios - 82.5 %
- Avançados - 78.9 %

No entanto, exceptuando os guarda-redes, verifica-se a distinção dos futebolistas em dois grupos: um, englobando centrais e avançados e outro laterais e médios. Os níveis de *endurance* mais elevados nestes últimos está de acordo com o perfil de actividade em jogo.

A validação dos indicadores metabólicos submáximos, só é plenamente conseguida quando relativizamos os valores à intensidade de esforço desenvolvida.

### 3.3.3.10. Estudo do $L_{AN}$ nas corridas do atletismo

Nas corridas do Atletismo, o $VO_2max$ é função da especialidade considerada. Quanto mais longa for a prova maior é a importância do $VO_2max$. No entanto, não existe uma relação directa entre *performance* e consumo máximo de oxigénio (Powers et al,1987).

Dois atletas com as mesmas características antropométricas e idênticos $VO_2max$, podem apresentar rendimentos desportivos muito diversos.

Entre os vários indicadores com poder discriminativo entre atletas especialistas em provas longas, salienta-se o $L_{AN}$ (láctico ou respiratório), cujo valor preditivo se evidencia tanto mais quanto mais longa for a prova em questão. Sjodin e Svedenhag (1985) determinaram em 92% o nível preditivo do $L_{AN}$ na *performance* à maratona.

A hierarquização do valor preditivo dos vários indicadores em relação à *performance* na maratona é a seguinte (Sjodin e Svedenhag,1985):

. $VO_2max$ - 61%

. ($VO_2$ max + $VO_{2-15}$) - 84%

. ($VO_2max$+$VO_{2-15}$) + (%$VO_{2Ma}$ x $VO_2max^{-1}$) - 98%

. $L_{AN}$- 92%

$VO_{2-15}$ - consubstancia o consumo de oxigénio a velocidades submáximas (neste caso 15 $km.h^{-1}$)e é um óptimo indicador da economia de corrida

(%$VO_{2Ma}$ x $VO_2max^{-1}$) - corresponde à utilização fraccional de oxigénio ao ritmo da maratona.

O quadro que se segue evidencia com clareza as diferenças de *performance* para $VO_2max$ similares em dois tipos de especialistas.

Quadro 62. Diferenças de *performance* em atletas com $VO_2max$ similares e $L_{AN}$ diversos (Jousselin, 1986)

| **Indicadores** | **Especialistas de 1.500 metros** | | **Especialistas de 5.000 e 10.000 metros** | |
|---|---|---|---|---|
| VO2max ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) | 74 | 73 | 82 | 78 |
| *Performance* | 3'56" | 3'35" | 14'37" | 13'35" |
| Velocidade ao $L_{AN}$ ($km.h^{-1}$) | 16.7 | 18.6 | 17.5 | 21.5 |
| % do $VO_2max$ ao $L_{AN}$ | 80 | 86 | 80 | 92 |

Constata-se que quanto maior for o nível de um atleta mais alto se encontra o seu limiar anaeróbio, quer dizer maior é a sua capacidade de trabalhar em equilíbrio solicitando grande percentagem do seu potencial máximo aeróbio.

Segundo Jousselin (1986) quanto maior é o nível de um atlteta, mais alto é o $L_{AN}$:

. Sedentário - 50 a 60% do $VO_2max$
. Atleta local - 70%
. Atleta regional - 75 a 85%
. Atleta internacional - superior a 85%

Nos melhores maratonistas os $L_{AN}$ situam-se entre os 90 e 95% do $VO_2max$.

Os especialistas de esforços mais curtos apresentam um $L_{AN}$ menos elevado, como se pode comprovar pela análise do quadro seguidamente expresso.

Quadro 63. Limiar Anaeróbio de vários especialistas franceses de elite (Desnus et al.,1990)

| **Especialidade** | **n** | **LAN** (% $VO_2max$) |
|---|---|---|
| 100, 200 m | 12 | 85 ± 4 |
| 400 m | 22 | 86 ± 4 |
| 800 m | 23 | 91 ± 6 |
| 1.500 m | 19 | 92 ± 5 |
| 3.000 mobs e 5.000 m | 26 | 91 ± 5 |
| 10.000 m e Maratona | 19 | 95 ± 3 |
| Marcha (20-50 Km) | 6 | 90 ± 2 |
| Decatlo | 8 | 85 ± 3 |

É óbvio que o treino correctamente orientado melhora os índices de trabalho ao limiar anaeróbio, o que significa que mais trabalho pode ser desenvolvido em equilíbrio funcional.

Tanaka et al. (1986) desenvolveram um estudo durante 4 meses, com 20 meio-fundistas (19-23 anos) em que além do treino normal realizavam duas sessões semanais de treino de 60 a 90 minutos a intensidades correspondentes ao limiar anaeróbio. A evolução de vários parâmetros foi a seguinte:

Ao nível do limiar anaeróbio:

Quadro 64. Análise do comportamento de algumas variáveis ao nível do $L_{AN}$, antes, a meio e após 4 meses de treino de *endurance* (Tanaka et al.,1986).

| Indicadores | Antes | Meio | Fim |
|---|---|---|---|
| $VO_2$ ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) | 45.1 ± 5.1 | 45.7 ± 5.2 | 47.7 ± 4.8 |
| VE ($l.min^{-1}$) | 71.7 ± 9.2 | 72.9 ± 9.7 | 73.3 ± 10.2 |
| F.C. ($bat.min^{-1}$) | 155.3 ± 9.4 | 154.7 ± 7.5 | 155.6 ± 8.6 |
| % $VO_2max$ | 69.8 ± 5.3 | 70.0 ± 5.7 | 70.5 ± 4.8 |

Denota-se um aumento do $L_{AN}$ com o treino, o que indicia um aumento do patamar de equilíbrio metabólico. Quanto mais alto o $L_{AN}$, maior é a intensidade desenvolvida em *steady-state* .

Ao nível dos indicadores máximos:

Quadro 65. Análise do comportamento de algumas variáveis (máximas), antes, no meio e após 4 meses de treino de *endurance* (Tanaka et al.,1986)

| Indicadores | Antes | Meio | Fim |
|---|---|---|---|
| $VO_2max$ ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) | 64.4 ± 3.8 | 65.3 ± 2.8 | 67.5 ± 3.9 |
| $V_Emax$ ($l.min^{-1}$) | 134.7 ± 15.1 | 139.9 ± 14.6 | 140.3 ± 17.8 |
| F.C.max ($bat.min^{-1}$) | 192.4 ± 6.2 | 193.4 ± 6.0 | 193.0 ± 5.8 |

O programa de treino, melhorou a eficácia dos sistemas metabólicos e respiratórios, em correspondência com $L_{AN}$.

A expressão funcional destas adaptações (respiratórias, cardíacas e metabólicas) ao treino, redundou nos seguintes resultados conforme as diversas especialidades das corridas do atletismo:

Quadro 66. Evolução da *performance* em várias corridas antes, no meio e após o processo especial de treino dirigido durante 4 meses (Tanaka et al.,1986)

| | Antes | Meio | Fim |
|---|---|---|---|
| 1500 m | 4 min 20 s ± 13 s | 4 min 19 s ± 13 s | 4 min 18 s ± 13 s |
| 5000 m | 16 min 23 s ± 46 s | 16 min 21 s ± 50 s | 16 min 17 s ± 58 s |
| 10000 m | 34 min 02 s ± 70 s | 33 min 11 s ± 77 s | 32 min 27 s ± 61 s |
| $VL_{AN}$ ($m.min^{-1}$) | 222 ± 26 | 224 ± 28 | 230 ± 28 |

Importa referir que em atletas de elite, a manipulação do treino não produz resultados muito salientes. Quanto mais alto o nível de um atleta mais difíceis se tornam evoluções ulteriores.

O estudo de Tanaka et al. (1986) corresponde a uma amostra de fraco nível performativo. Seriam de esperar, em virtude da extensão temporal do período de treino, melhorias muito mais significativas quer a nível dos parâmetros fisiológicos quer da *performance* .

No entanto é de verificar que é ao nível das marcas aos 10.000 metros que a melhoria da *performance* é mais significativa, o que indicia a importância dos indicadores submáximos nas provas mais longas.

Sjodin e Svedenhag (1985) encontraram uma correlação altamente significativa (r=0.96) entre a velocidade desenvolvida ao $L_{AN}$ e a *performance* na maratona (n=35; amplitude das marcas 2h12' - 3h52').

O $L_{AN}$ melhora com o treino, e atletas de idade mais avançada podem manter um certo nível de *performance*, comparável à dos mais novos (não elite), porque, independentemente do $VO_2max$ ir baixando com a idade, os mais velhos, bem treinados, conseguem $L_{AN}$ altíssimos, ou seja conseguem prolongar o esforço desenvolvendo intensidades muito próximas do $VO_2max$ (Allen et al,1985).

Os vários especialistas das corridas do atletismo são claramente diferenciados a partir do $L_{AN}$.

Quadro 67. Análise de algumas variáveis ao nível do limiar anaeróbio em vários especialistas de corridas do atletismo (Jousselin e Stephan,1984)

| **Especialidade** | **Velocidade** ($Km.h^{-1}$) | **F.C.** ($bat\text{-}min^{-1}$) | **F.C.máx** (%) | **$VO_2max$** (%) |
|---|---|---|---|---|
| 800 m | 17.5 ± 0.5 | 172.4 ± 8.5 | 92.7 ± 2.4 | 90.8 ± 6.4 |
| 1500 m | 18.0 ± 0.6 | 184.2 ± 8.2 | 94.8 ± 1.9 | 92.2 ± 4.6 |
| 3.000 e 5.000 m | 18.2 ± 0.3 | 184.2 ± 10.2 | 95.9 ± 1.6 | 91.2 ± 5.0 |
| 10.000 m e maratona | 19.2 ± 0.2 | 178.4 ± 8.5 | 95.1 ± 2.8 | **94.8** ± 2.9 |

A análise do quadro anterior permite-nos vislumbrar uma certa relação entre a $\%VO_2max$ ao $L_{AN}$ e a $vL_{AN}$. No entanto, atletas com $L_{AN}$ idênticos podem ter $vL_{AN}$ manifestamente diferentes.

Vários trabalhos encontram forte correlação entre o $L_{AN}$ e a *performance* na corrida. Powers et al. (1983) ao analisarem o perfil fisiológico e funcional de 9 corredores de 10.000 m, encontraram uma alta correlação (r=0.94) entre o $L_{AN}$ e a *performance*. A correlação com a economia de corrida era menor (r=0.51), e com o $VO_2max$ não havia correlação significativa (r=0.32). Eis os valores médios de referência:

- tempo aos 10000 m - 33'08" ± 0.06"
- $VO_2max$ ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) - 68.6 ± 0.7
- $L_{AN}$ ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) - 41.9 ± 1.0
- $L_{AN}$ (% $VO_2max$) - **61%**
- $vL_{AN}$ ($km.h^{-1}$) - 14.6

A análise dos dados anteriores suscita-nos de imediato um reparo. Mesmo aceitando o fraco nível de *performance* dos atletas, um $L_{AN}$ tão baixo deve fazer questionar a metodolgia empregue.

O estudo de Powers et al. (1983) colide com os resultados de outros autores. Tanaka et al (1986) encontraram, também para corredores de 10.000 m, com marcas médias de 32'27", um $L_{AN}$ médio correspondente a **70.5 %** do $VO_2max$ e uma $vL_{AN}$ de 13.8 $km.h^{-1}$.

A conflitualidade dos resultados dos vários estudos deve-nos prevenir para as dificuldades práticas para a obtenção do $L_{AN}$, já que a variabilidade metodológica é difícil de anular.

No entanto, podemos retirar dos resultados anteriores que para uma mesma especialidade, o $L_{AN}$ é tanto mais alto quanto maior for o nível dos atletas. De igual forma, quanto mais longa é a prova maior é o $L_{AN}$, o que indicia a importância do equilíbrio metabólico na prossecução de altos índices de rendimento em esforços prolongados.

Péronnet et al (1987) encontraram em 18 maratonistas masculinos de 30 ± 7 anos de idade, os seguintes valores:

Quadro 68. Dados laboratoriais (máximos e ao $L_{AN}$) e do terreno em maratonistas (Péronnet et al,1987)

| Indicadores | Média ± SD | Amplitude |
|---|---|---|
| **Exercício máximo** | | |
| . $VO_2max$ ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) | 65.7 ± 5.2 | (56.4 - 73.0) |
| . F.C.máx ($bat.min^{-1}$) | 190 ± 10 | (178 - 210) |
| $L_{AN}$ | | |
| . $VO_2$ ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) | 49.2 ± 6.1 | (41.5 - 56.2) |
| . % VO2max | **76.1** ± 5.5 | (63.5 - 85.0) |
| **Ritmo à Maratona** | | |
| . Tempo (min) | 173.1 ± 22.3 | (133.2 - 201.5) |
| .Velocidade média ($km.h^{-1}$) | 14.9 ± 2.1 | (12.6 - 19.0) |
| . $VO_2$ ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) | 54.4 ± 5.6 | (41.7 - 59.0) |
| . % $VO_2max$ | 79.4 ± 5.2 | 67.0 - 87.2) |

Como podemos ver, o $L_{AN}$ em maratonistas é mais alto, do que o dos corredores de 10.000 m (do mesmo nível) o que indicia a capacidade dos maratonistas em correrem mais tempo com intensidades mais próximas do seu $VO_2max$. Conseguem assim desenvolver uma maior intensidade de esforço sem acumulação excessiva de lactato.

Temos de levar em conta as diferenças entre o $VO_2max$ e o $L_{AN}$ das várias amostras, pois só assim se poderá aferir, com certa acuidade, as potencialidades competitivas de cada especialista.

O estudo de Sjodin e Svedenhag (1985) diferencia os maratonistas em função de vários parâmetros, e essas diferenciações são muito claras.

Na diferenciação entre grupos, salientam-se a Ec, o $VO_2max$, a velocidade de corrida ao limiar láctico das 4 mmol, bem como o perfil fibrilar e a quilometragem semanal de treino.

Cada um destes factores apresenta uma força preditiva na performance, bem definida.

Quadro 69. Características físicas e fisiológicas de maratonistas de diferente nível (Sjodin e Svedenhag,1985)

| Variáveis | Grupo Elite (n = 12) | Grupo Bom (n = 16) | Grupo Médio (n = 7) |
|---|---|---|---|
| Idade (anos) | 25.5 ± 1.3 | 29.9 ± 1.9 | 35.9 ± 1.9 |
| Peso (kg) | 65.8 ± 2.0 | 67.0 ± 2.0 | 70.9 ± 3.1 |
| Fibras Tipo I (%) | 76.0 ± 4.8 | 63.7 ± 5.2 | 56.0 ± 4.4 [a] |
| Anos de treino | 7.0 ± 1.3 | 4.1 ± 0.5 [b] | 2.4 ± 0.9 [a] |
| Maratonas realizadas | 4.9 ± 1.5 | 4.3 ± 1.2 | 0.7 ± 0.4 |
| Km/semana | 145 ± 9 | 115 ± 6 [b] | 57 ± 10 [ac] |
| $VO_2max$ ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) | 71.8 ± 1.2 | 65.6 ± 1.2 [a] | 58.7 ± 1.9 [ac] |
| $VO_215$ ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) | 45.4 ± 0.7 | 48.6 ± 0.6 [b] | 51.4 ± 1.6 [ad] |
| $VO_215$ (%$VO_2max$) | 63.5 ± 0.8 | 74.3 ± 1.1 [a] | 87.7 ± 1.7 [ac] |
| $VO_2Ma$ (% $VO_2max$) | 80.0 ± 1.0 | 80.4 ± 0.7 | 71.0 ± 2.7 [ac] |
| VMa (% $V_{Hla4}$) | 92.8 ± 0.8 | 92.1 ± 0.6 | 84.8 ± 2.1 [ac] |
| $VO_{2Hla4}$ (% $VO_2max$) | 87.9 ± 0.8 | 88.3 ± 0.6 | 84.8 ± 1.5 [bc] |
| VHla4 ($m.s^{-1}$) | 5.37 ± 0.05 | 4.85 ± 0.05 [a] | 4.04 ± 0.05 [ac] |
| Tempo Médio à Maratona | 2h21' | 2h37' [a] | 3h24' [ac] |

[a] significativamente diferente dos corredores de elite ($p < 0.01$)
[b] significativamente diferente dos corredores de elite ($p < 0.05$)
[c] significativamnete diferente dos bons corredores ($p < 0.01$)
[d] significativamente diferente dos bons corredores ($p < 0.05$)

Tanaka e Matsuura (1984) tentaram estabelecer o valor preditivo de algumas variáveis com a *performance* na maratona. Eis os resultados em 12 maratonistas:

**Variáveis fisiológicas**

. $VO_2max$ ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) - 73.1 ± 5.2
. $L_{AN}$ (% $VO_2max$) - 75.5 ± 2.9
. OBLA (% $VO_2max$) - 89.6 ± 4.4
. Diferença de limiares (% $VO_2max$) - 14.1 ± 4.3

Nota: Este estudo corrobora a diferenciação entre o limiar anaeróbio respiratório e o limiar anaeróbio láctico, a partir da relativização ao $VO_2max$.

**Variáveis de *performance***

. $V_{Mar}$ ($m.s^{-1}$) - 4.49 ± 0.28

. $V_{Lan}$ ($m.s^{-1}$) - 4.57 ± 0.16

. $V_{OBLA}$ ($m.s^{-1}$) - 5.30 ± 0.15

. $V_{10km}$ ($m.s^{-1}$) - 5.42 ± 0.18

**Níveis preditivos das várias variáveis**

. $V_{Mar} . V_{LAN}^{-1}$ (%) - 98.2 ± 4.1

. $V_{Mar} . V_{OBLA}^{-1}$ (%) - 84.5 ± 3.9

. $V_{Mar} . V_{10km}^{-1}$ (%) - 82.7 ± 4.3

Podemos verificar que a velocidade ao $L_{AN}$ é a que maior valor preditivo apresenta para determinar a velocidade à maratona. Estes dados corroboram os acima apresentados referentes ao estudo de Sjodin e Svedenhag (1985).

A velocidade aos 10 km tem menor valor preditivo, embora ainda importante. Podemos deduzir que a *performance* numa dada prova terá maior valor preditivo para a *performance* na maratona, quanto maior for a sua extensão (e.g. a marca à meia-maratona terá maior valor preditivo para a marca na maratona que os 10.000 metros).

Noakes et al. (1990) encontraram altas correlações entre o tempo aos 10.000 m ($r = 0.95$; $p < 0.01$) e 1/2 maratona ($r = 0.96$; $p < 0.01$) e a *performance* na maratona. Neste estudo as marcas em distâncias menores, apresentam forte poder preditivo para a marca na maratona.

Seja considerado o limiar láctico ou respiratório, as correlações com a *performance* em esforços de longa duração é notória.

Existe uma forte correlação entre o limiar anaeróbio respiratório e a capacidade máxima de *endurance*. Esta será tanto maior quanto mais alto for o $L_{AN}$.

Reybrouck et al. (1986) ao estudarem a relação entre *performance* em esforços de *endurance*, o $VO_2max$ e o $L_{AN}$, encontraram uma correlação muito significativa entre $L_{AN}$ e *endurance* máxima, cuja capacidade preditiva não era aumentada se juntavam o $VO_2max$.

Existe uma relação entre a extensão de uma prova e o $L_{AN}$; quanto maior uma maior o outro, para atletas do mesmo nível.

Kenney e Hoddgson (1985) encontraram para 5 especialistas de 3.000 metros obstáculos $L_{AN}$ de 80.5% do $VO_2max$, enquanto os especialistas de 5.000 m (n=8) apresentavam $L_{AN}$ ligeiramente superiores (83.6 ‰ do $VO_2max$).

As referências da literatura permitem-nos constatar, que independentemente de eventuais diferenças metodológicas, o limiar anaeróbio (seja láctico ou ventilatório), dentro de um mesmo grupo de fundistas, é tanto mais alto quanto mais elevado for o nível competitivo do atleta.

Como referência apresentamos o comportamento de algumas variáveis em 2 grupos de fundistas (maratonistas e ultra-maratonistas).

Quadro 70. Perfil comparativo (biométrico, fisiológico e *performance* ) entre maratonistas e ultramaratonistas (Noakes et al.,1990)

| Variáveis | Maratonistas (n = 20) | Ultra-mararonistas (n = 23) |
|---|---|---|
| Idade (anos) | 30.6 ± 8.1 | 33.3 ± 6.3 |
| Peso (kg) | 63.9 ± 7.4 | 71.8 ± 6.5 |
| Vel máx. Tap. Rol.(km.h$^{-1}$) | 21.9 ± 2.2 (17-24) | 20.8 (17-24) |
| OBLA (km.h$^{-1}$) | 16.9 ± 2.7 (13-21) | 15.2 ± 1.9 (11-18) |
| $VO_2$max (ml.kg$^{-1}$.min$^{-1}$) | 68.1 ± 7.7 (56.2-84.2) | 64.5 ± 8.0 (53.6-78.9) |
| $VO_2$16 (ml.kg$^{-1}$.min$^{-1}$) | 50.3 ± 3.2 (44.0-57.0) | 52.0 ± 3.1 (46.5-57.5) |
| $VO_2$16 (% $VO_2$max) | 74.9 ± 10.9 (61-94.7) | 81.6 ± 10.1 (59-96.6) |
| Marca aos 10 km (min) | 33.7 ± 4.4 (28.5-41.5) | 36.2 ± 3.1 (31.5-42.0) |
| Marca aos 21.1 km (min) | 74.8 ± 11.1 (62.3-95.3) | 80.2 ± 7.6 (68.5 ± 92.0) |
| Marca aos 42.2 km (min) | 159.7 ± 24.8 (128-206.3) | 168.3 ± 18.1 (142-200) |
| Marca aos 90 km (min) | - | 450.5 ± 72.3 (345-592) |

Da análise deste quadro retiramos uma maior homogeneidade dos ultramaratonistas, que nos é dada pela diferença entre os valores polares da amplitude. Deduz-se assim, que embora os maratonistas sejam mais rápidos, apresentem uma lactatémia máxima estável a uma velocidade mais elevada, sejam mais económicos e desenvolvam velocidades superiores a distâncias intermédias, os ultramaratonistas denotam uma superior *endurance,* ou seja, conseguem manter uma dada intensidade de exercício, durante mais tempo e com menores flutuações. Tal facto é-nos indiciado pelo diferencial das amplitudes nas várias distâncias.

Quadro 71. Diferencial das amplitudes, das marcas em distâncias intermédias, entre maratonistas e ultramaratonistas (Adaptado de Noakes et al.,1990)

| | **Maratonistas** | **Ultramaratonistas** |
|---|---|---|
| Dif. amplitude 10 km | 13 | 10.5 |
| Dif. amplitude 21.1 km | 33 | 23.5 |
| Dif. amplitude 42.2 km | 78.2 | 58 |

O treino do fundista privilegia tanto mais a regularidade do ritmo quanto mais longa for a distância da prova. Daí a atenuação das amplitudes entre os ultramaratonistas.

## 3.4. Caracterização do futebol

### 3.4.1. Introdução

Os denominados Jogos Desportivos Colectivos são actividades desportivas em que a altura, peso, composição corporal e nível da condição física dos atletas, jogam todos um papel importante na expressão do desempenho atlético e desportivo.

No entanto, em função da especificidade das posições dos jogadores ou da caracterização global de alguns desportos, a valorização absoluta dos factores atrás apontados pode ser questionada.

O caso do futebol apresenta-se como paradigmático, pois em alguns casos as questões morfológicas ou de somatótipo parecem estar relacionadas inversamente com a mestria técnica e valor competitivo de alguns atletas. Atentemos em João Pinto, Brolin, Muller, Rui Barros, Romário e Maradona, e podemos concluir que a excelência futebolística tem pouco a ver com o perfil somatotipológico dos indivíduos.

A relevância dos factores táctico-técnicos e estratégicos no futebol atenua a importância da abordagem fisiológica e somatotipológica do mesmo. No entanto os imperativos de ordem táctica, a concepção estratégica do jogo bem como a afirmação técnica, reclamam a potenciação dos factores fisiológicos, e por vezes são mesmo condicionados à expressão antropométrica dos jogadores em acção.

Pela análise (funcional) do futebol è escala mundial podemos depreender que a falta de nível competitivo internacional das equipas de alguns países radica não na falência dos atributos de índole técnica e táctica mas na menor expressão dos factores antropométricos e de condição física.

Para Chin et al. (1992) a menor competitividade internacional das equipas de Hong-Kong radica no facto de os jogadores desta colónia britânica serem mais leves e mais baixos.

Pensamos que estas conclusões são exageradas, pois sabemos, da nossa experiência quotidiana no futebol, no decurso de 10 anos, que o tamanho e perfil corporal dos jogadores pode não ser um óbice a seu rendimento e valia desportivos. Atentemos nos casos individuais atrás citados. Ao nível da equipa podemos tomar como referência uma célebre selecção coreana que no Campeonato do Mundo de Futebol em 1966, apesar de a média de alturas ser muito mais baixa que a média da selecção portuguesa, demonstrou um índice técnico e competitivo deveras surpreendente, o que se materializou por no intervalo do jogo que realizou com a selecção portuguesa estar a vencer por 3 - 0. Algumas ingenuidades de cariz táctico e estratégico aliadas à excelência de um jogador chamado Eusébio, alteraram radicalmente a prestação competitiva dessa selecção coreana na segunda parte do jogo, tendo sido derrotada

inapelavelmente por 3-5. Pensamos que poderíamos encontrar nos parâmetros de índole energética uma das razões do colapso físico, técnico e táctico da equipa coreana.

É lógico que o perfil corporal, *per se*, não se constitui como factor absoluto na validação competitiva de um jogador.

No entanto e de igual forma, o adestramento técnico, por si só, e ao contrário do que alguns técnicos portugueses quiseram defender, não resolve em pleno as situações reais de jogo do futebol hodierno, em que as dominantes de índole dita "física" ganham cada vez maior importância.

Neste nível particular salienta-se, num primeiro tempo, a importância dos factores conotados com a condição física. Quando os factores de condição física estão resolvidos satisfatoriamente, outras preocupações emergem, e que têm a ver com o plano conceptual de jogo.

A mente "elabora" melhor, se estiver liberta dos constrangimentos emergentes duma deficiente condição física.

O carácter aleatório do jogo, mais do que em outras modalidades desportivas, condiciona o êxito. Daí a dificuldade de validação dos indicadores que visam a caracterização do jogo e do jogador.

### 3.4.2. Caracterização do jogo

O jogo de futebol caracteriza-se por ser um exercício intermitente de alta intensidade, em que a relação ou quociente entre momentos de alta intensidade e momentos de baixa intensidade e situações mais ou menos estáticas, tem a ver, quer com o estilo individual de jogo quer com a posição específica de cada jogador, bem como do modelo de jogo perfilhado por cada treinador.

Cada modelo de jogo determina a validação de certos comportamentos técnicos e os perfis dos deslocamentos específicos.

As exigências "físicas" do jogo (*sprint*, salto vertical, salto horizontal, travagem, queda, mudança de direcção, deslocamentos à rectaguarda, etc...) bem como as adaptações que lhes correspondem, estão condicionados a uma série de comportamentos técnicos específicos:

- Passe e remate
- Recepção
- Drible e Finta
- Desarme
- Cabeceamento
- Desarme (normal e em queda)
- Lançamento ou Arremesso

Em termos bioenergéticos o jogo de futebol consubstancia um esforço aeróbio entrecortado por momentos anaeróbios de curta duração (Reilly e Thomas,1976; Ekblom, 1986; Bangsbo,1993).

O perfil do desgaste energético e nervoso está condicionado pela concepção e modelo de jogo.

Tomemos como exemplo o número médio de cabeceamentos (que pressupõem normalmente um salto antecedente) entre os jogos do futebol inglês e sueco (Ekblom,1986b):

- Suécia entre 9 e 14
- Inglaterra entre 13 e 19

O perfil competitivo inglês, neste *skill* particular, faz maior apelo energético aos fosfagénios intra-musculares.

De igual forma os factores de vigilância (stress) induzidos pela pressão do jogo podem aumentar o desgaste energético, em relação ao treino, em cerca de 10% (Agnevik, 1975).

### 3.4.2.1. Análise dos deslocamentos-tipo

A análise do comportamento do jogador em jogo, ao nível das movimentações, permite-nos detectar o comportamento funcional de cada jogador bem como determinar o somatório dos deslocamentos-tipo característicos desta modalidade desportiva.

Num jogo de futebol é possível constatar a ocorrência de *sprints* de extensão variada (5 a 60 metros) entrecortados por períodos de corrida lenta, marcha ou mesmo momentos de paragem, o que vai determinar uma solicitação peculiar das fontes fornecedoras de energia. Esta solicitação energética está dependente do volume, intensidade e densidade dos deslocamentos efectuados por cada jogador durante o jogo, que variam em função da posição específica ocupada por cada um deles, bem como do modelo e concepção de jogo. Assim, o futebol inglês executa um *sprint* em cada 90 segundos (Reilly e Thomas,1976), enquanto o futebol dinamarquês executa um *sprint* de cerca de 2 segundos (± 17 metros) em cada 4-5 minutos (Bangsbo,1993). Este pormenor elucida por completo quer a filosofia de jogo quer a sua dinâmica intrínseca.

Os vários autores coincidem significativamente com o espaço percorrido em jogo.

Bangsbo (1994) encontrou uma média de 11 km como o total de deslocamentos em jogadores de elite. A distribuição qualitativa é feita da seguinte forma (Bangsbo,1993):

- Posição estática - 17.1%
- Marcha - 40.4%
- Actividades de baixa intensidade (*jogging*, corrida lenta, corrida à rectaguarda) - 35.1%
- Corrida a Alta Velocidade - 2.1%
- *Sprint* (Velocidade Máxima) - 0.7%

Lacour e Chatard (1984) fizeram a seguinte caracterização dos deslocamentos normais num jogo de futebol:

• cerca de 100 *sprints* de 3 a 6 segundos o que perfaz percorrer a grande velocidade uma distância entre 2.500 e 3.000 metros

• o somatório dos deslocamentos a velocidade média varia entre os 4.000 e 8.000 metros, e ocupam entre 40 a 50 minutos de jogo.

• o tempo global em posição imóvel ou marcha varia entre os 30 e 35 minutos, percorrendo de forma lenta entre 1.000 e 2.000 metros.

Os valores globais indicam um total de 7 a 12 km percorridos durante cada jogo, 1/4 dos quais executados a uma alta velocidade.

Os valores obtidos por outros autores não são coincidentes.

Segundo Ekblom (1986b) o jogador corre em média 10 km por jogo, 8 a 18% dos quais em grande intensidade, ou seja desenvolvendo esforços intensos de velocidade muitas vezes terminados com movimentos explosivos de salto ou remate, outras vezes com choques corporais e quedas.

Para Christiaens (1966) em média cada jogador efectua por jogo cerca de uma centena de *sprints* de 3 a 10 segundos de duração.

No futebol australiano Withers et al. (1982) encontrou uma média de 96 *sprints*, variando entre 1.5 e 105 metros. Os *sprints* duravam em média 3.7 segundos.

Saltin (1973) encontrou um valor de 12 km para o total de quilometragem percorrida em média por cada jogador, e distribuídos da seguinte forma:

• 24% a velocidade máxima (2880 m)

• 27% em marcha (3240 m )

• 49% a velocidades médias (5880 m).

As diferenças entre a primeira e segunda partes, no respeitante ao somatório de deslocamentos é mínima (cerca de 5%) (Reilly e Thomas,1976); no entanto não se verificam diferenças, nas duas partes do jogo, no concernente aos períodos desenvolvidos a alta intensidade (Bangsbo,1993).

### 3.4.2.2. Análise dos deslocamentos em função da posição ocupada pelo jogador em campo

Apresenta-se como lógico que o montante, e o tipo dos deslocamentos em jogo varia quer em função da posição do jogador, quer em função do modelo de jogo e dos ditames do sistema táctico-estratégico.

Caracterizando-se o jogo como um exercício intermitente de alta intensidade, os jogadores de elite diferenciam-se dos jogadores de nível mais baixo por executarem maior número, bem como mais extensos, esforços de alta intensidade (Ekblom,1986b).

As distâncias percorridas podem apresentar valores muito diferentes em função do estilo pessoal de jogo e principalmente da posição específica do jogador em campo. Em alguns casos as diferenças podem ir até 2 a 3 km no total da distância percorrida (Ekblom,1986b).

Os valores para as várias posições, obtidos em estudo de caso, são os seguintes (Ekblom,1986b):

- **Central** (análise de 6 jogos), entre 9.1 e 9.6 km
- **Médio** (análise de 6 jogos), entre 10.2 e 11.1 km
- **Avançado** (análise de 5 jogos), entre 9.8 e 10.6 km.

No entanto é de salientar que a média de 10 jogadores das 4 divisões da Suécia (analisados em vários jogos) variava pouco (±10 km).

É no entanto de salientar que em todas as equipas estudadas por Ekblom, os médios corriam em média 10.6 km, os avançados 10.1 km e os defesas 9.6, destacando-se a inexistência de diferenças entre as 4 divisões.

No estudo de Reilly e Thomas (1976), os médios são os mais activos. Diferenciando os defesas em laterais e centrais verifica-se o relativo estatismo destes. No futebol português actual, os laterais são mais activos que os restantes jogadores (Rebelo,1993).

Quadro 72. Distância percorrida durante um jogo em função da especialização funcional (Reilly e Thomas,1976)

| Posição | N | Média Deslocamentos (metros) | Desvio-Padrão (metros) |
|---|---|---|---|
| Laterais | 8 | 8.245 | 816 |
| Centrais | 7 | 7.759 | 521 |
| Médios | 11 | 9.805 | 787 |
| Avançados | 14 | 8.397 | 710 |

Bangsbo et al. (1991) encontraram os seguintes valores:

- Avançados - 10.5 km
- Defesas - 10.1 km
- Médios - 11.4 km

Rebelo (1993) encontrou diferenças estatisticamente significativas na distância total percorrida entre médios e defesas laterais.

Quadro 73. Deslocamentos médios em jogo dos laterais e médios (Rebelo,1993)

| | Média (metros) | SD | Amplitude |
|---|---|---|---|
| Médios | 9.190 | 877 | 7.866-10.238 |
| Laterais | 10.078 | 864 | 8.380-11.496 |

É a concepção táctica e o modelo de jogo correspondente que vão determinar o perfil dos deslocamentos dos vários jogadores. Daí as

diferenças nítidas que os vários estudos demonstram quanto à especificidade dos deslocamentos.

Outros comportamentos relevam da especificidade posicional. Assim enquanto os avançados e defesas-centrais fazem em média 19.6 e 20.4 saltos por jogo respectivamente, os laterais e os médios apresentam valores muito mais baixos (11.1 e 10.3 respectivamente) (Reilly e Thomas,1976).

Em suma, uns correm mais outros saltam mais, uns são mais altos outros mais resistentes; é da síntese integrada de todas estas características que se consegue construir uma boa equipa.

### 3.4.2.3. Diferenciação de níveis de jogo

Parece haver concordância entre os vários autores estudados, que as diferenças funcionais entre equipas de futebol de nível competitivo diverso, radica menos na distância total percorrida em jogo, e mais na percentagem desta distância executada a alta velocidade.

No entanto, no futebol inglês, o somatório de deslocamentos pode indiciar diferentes níveis competitivos. Whitehead (1975) encontrou percursos de deslocamento de 13.5 km para equipas de elite da 1ª divisão inglesa, enquanto as equipas de 2ª divisão percorriam em média 11.2 km.

Temos de salientar a especificidade do modelo de jogo do futebol inglês, com uma pressão defensiva constante e que no ataque privilegia o jogo directo com passes compridos, fazendo apelo a deslocamentos longos e intensos, o que resulta em maiores distâncias percorridas, bem como maior é a percentagem de momentos de grande intensidade, como podemos apreciar no seguinte quadro:

Quadro 74. Somatório das distâncias percorridas em jogo a alta velocidade

| Esforços de Alta Intensidade | Equipa | Autor |
|---|---|---|
| 2.8 km | Profissionais-Inglaterra | Reilly e Thomas,1976 |
| 2.2 km | Profissionais-Austrália | Withers et al.,1982) |
| 2.1 km | Elite-Prof.-Dinamarca | Bangsbo,1993 |
| 0.8 km | Várias Divisões-Suécia | Ekblom,1986b |

Do quadro atrás apresentado salientam-se os valores encontrados por Ekblom para as equipas suecas, o que pode indiciar procedimentos metodológicos diferentes dos outros autores.

Bangsbo (1992) não encontrou diferenças na distância percorrida em jogo entre jogadores da 1ª e 2ª divisões. A diferenciação assentava ao nível dos esforços de alta intensidade:

• corrida média velocidade - 1ª Div. = 6.1%; 2ª Div. = 4.1%
• corrida a alta velocidade - 1ª Div. = 2.5%; 2ª Div. = 1.6%
• *sprint* - 1ª Div. = 0.8%; 2ª Div. = 0.5%

Quanto maior o nível competitivo de uma equipa, tanto maior será a percentagem de esforços de grande intensidade. Esta asserção normalmente corroborada pela análise do jogo em países de alto nível competitivo, pode ser questionada em relação a outros países onde predomina o modelo de jogo apoiado (indirecto), com muitos passes e manobras laterais, hipervalorizando uma técnica mais individual (de contenção da bola) em detrimento duma técnica colectiva e de validação global de todos os factores conotados com o rendimento.

A nossa experiência no futebol português permitiu-nos verificar a não correspondência entre a posição ocupada na tabela classificativa, e a percentagem de esforços desenvolvidos a velocidades máximas. Entre os paradoxos do futebol português esse ressalta por vezes de forma bem saliente.

De igual forma, para Losada (1979) existe como que uma lentidão atávica caracterizadora do futebol chileno, determinadora de um padrão de jogo específico, cuja expressão funcional e fisiológica está nos antípodas do futebol europeu. Essa diferenciação tem expressão ao nível do consumo máximo de oxigénio. Em média as equipas chilenas apresentam 49,7 ml/kg/min de $VO_2max$ contra 66 ml/kg/min das equipas alemãs.

É óbvio que tamanhas diferenças ao nível do potencial aeróbio determinarão diversas posturas funcionais dentro de campo, com afectação directa no ritmo de jogo.

Pensamos que o futebol latino-americano se diferencia do europeu em função de determinantes genéticas, rácicas e de envolvimento físico e social, e que a expressão futebolística dessas diferenças se materializa em padrões muito diferentes de deslocamentos-tipo em jogo. No entanto alguns indícios aparecem no futebol latino-americano, da crescente importância das condicionantes físicas e atléticas do jogo. O nível de *performance* físico-atlética das equipas do Brasil e Argentina no último Mundial são prova inequívoca disso.

### 3.4.3. Caracterização fisiológica

#### 3.4.3.1. Frequência cardíaca (FC)

Entre os vários parâmetros elegíveis para a caracterização do esforço no jogo de futebol, parece-nos ser a FC o de mais fácil manuseamento. No entanto, na análise dos dados temos de ter em atenção as condições do

envolvimento físico (e.g. calor) e emocional (e.g. *stress* competitivo), o que pode levar à sobreavaliação dos dados da FC.

O comportamento da FC indicia-nos com maior ou menor acuidade o índice de solicitação energética. Podemos estimar o gasto energético em jogo, pela variação da FC, a partir da relação $FC/VO_2$ obtida em laboratório. Este método indirecto não é de todo em todo fiável, pelos diversos factores de erro que podem ser introduzidos neste tipo de análise.

A FC média durante um jogo varia em função do tipo de jogo, bem como da importância do mesmo. Entre um jogo amigável e um jogo oficial de alto nível, as diferenças podem ser nítidas. Os valores encontrados na literatura variam entre 157 batimentos por minuto (jogo amigável) e 171 (jogo oficial). A média varia entre as 160 e 170 pulsações por minuto, o que corresponde a 75 a 85% da frequência cardíaca máxima (Van Gool et al.,1988).

Em termos médios, durante um jogo de futebol a FC mantém-se a cerca de 85% da FCmáx durante um período correspondente a 2/3 do tempo total de jogo (Smodlaka, 1978; Lacour e Chatard, 1984).

Estes dados relativos à FC permitem-nos deduzir que durante um jogo de futebol a média dos consumos de oxigénio se situe entre os 70 e 80% do $VO_2max$ (Bangsbo,1994; Bangsbo,1993; Ekblom, 1986).

Ekblom (1986b) interessantemente conclui que os valores médios de consumo de oxigénio durante o jogo não variam, ao compararmos jogadores de equipas suecas de I divisão com jogadores de equipas de IV divisão e mesmo jogadores de recreação. De igual forma entre equipas dinamarquesas da 1ª e 2ª divisões não se encontram diferenças ao nível do consumo de oxigénio em jogo (Bangsbo,1993).

A frequência cardíaca não é um indicador muito fiável do nível de intensidade de jogo, pois está condicionada a vários factores (psicológicos, afectivos, climatéricos, etc.)

As variações da frequência cardíaca durante o jogo estão normalmente correlacionadas com a posição que cada jogador ocupa no terreno. O quadro que se segue elucida-nos dos valores médios de frequência cardíaca, em tempo cronometrado e em função da posição específica de cada jogador.

Quadro 75. Frequência cardíaca durante a 1º parte de um jogo de futebol, em função do posicionamento específico de cada jogador no terreno (Losada,1979)

| F.C. | % FC máx | Avançado | Av. Centro | Médio-Def | Defesa |
|---|---|---|---|---|---|
| 132 - 162 | 65 - 80 | 21'15" | 8'00" | 29' | 9'30" |
| 162 - 180 | 80 - 90 | 12'00" | 27'30" | 16' | 30'15" |
| 180 - 192 | 90 - 95 | 9'00" | 8'45" | | 3'45" |
| 192 - 204 | 100 | 2'45" | 45" | | 1'30" |

Os dados de Losada são corroborados pelos de Van Gool et al. (1988) que observaram frequências cardíacas médias de 155 bat.min$^{-1}$, para os defesas (centrais e laterais) enquanto a F.C. média para os avançados e médios era de 170 bat.min$^{-1}$.

Outros autores encontram frequências cardíacas médias em jogo, dentro dos valores de referência (150 -170): 167 ± 3.9 (Pirnay et al.,1991), 167 (Van Gool et al.,1988).

### 3.4.3.2. Temperatura corporal

A temperatura corporal é outro factor que está associado ao nível de intensidade de jogo.

A medição da temperatura rectal pode ser um indicador da solicitação energética durante o jogo. Denotaram-se temperaturas rectais médias de 39.5 graus Celsius em equipas suecas de I divisão e valores ligeiramente mais baixos (39.2 - 39.0 - 39.1) em equipas de II, III e IV divisão respectivamente (Ekblom,1986b). Valores idênticos foram obtidos por Smodlaka (1978).

A análise das temperaturas rectais permitem-nos prever uma intensidade de exercício entre os 70-80% do $VO_2max$, embora exista uma perda de fluidos durante o jogo que pode induzir um aumento da temperatura corporal sem o correspondente aumento de dispêndio de energia (Bangsbo,1994).

Parece lógico que a intensificação do jogo, enquanto característica das equipas de nível superior, promova uma elevação da temperatura rectal; no entanto temos de relativizar a validação dos dados da temperatura corporal face às condições do envolvimento. Temperaturas altas em situação de grandes índices de humidade podem induzir uma deperdição hídrica massiva com reflexo directo no aumento da temperatura rectal (Santos,1986).

### 3.4.3.3. Perfil ideal do futebolista

As exigências do jogo de futebol são diversas. O compromisso entre as variáveis que concorrem para a *performance* leva à relativização de cada uma delas, em função do modelo de jogo, condições do envolvimento e estatuto posicional de cada atleta.

O estabelecimento de um modelo teórico perfeito, correlacionado com a *performance* é impossível. No entanto, alguns parâmetros fisiológicos podem servir como referência.

Segundo Bunc et al. (1991), para se ter sucesso a nível do futebol internacional, os atletas devem apresentar o seguinte perfil fisiológico (médio):

- $VO_2max$ - > 62 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$
- Velocidade máxima (tapete rolante c/ 5% incl.) - 17.5 $km.h^{-1}$
- Lactatémia máxima - 11.5 $mmol.l^{-1}$
- $L_{AN}$ - 14 $km.h^{-1}$ (80% $VO_2max$).

Para Vanfraechem e Thomas (1991) a caracterização fisiológica do futebolista de alto nível deve assentar nos seguintes valores:

- Potência Máxima - > 300 W
- $V_E$ - 120 L.min-1
- $VO_2max$ - 65 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$
- Potência Anaeróbia Aláctica - ≤ 900 W
- F.C.máx - 180 $bat.min^{-1}$
- Volume Sistólico - > 120 $ml.bat^{-1}$
- Débito Cardíaco - > 25 $L.min^{-1}$
- Pulso $O_2$ - > 25 $ml.bat^{-1}$
- $VO_2L_{AN}$ - 50 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$
- F.C.$L_{AN}$ - 150 $bat.min^{-1}$

A análise de alguns casos individuais pode relegar para segundo plano a validação dos dados fisiológicos, antropométricos e funcionais. Mas são sempre casos isolados. Os valores médios das componentes fisiológicas de jogadores de futebol de elite terão de ser forçosamente altas.

Outro aspecto a ter em conta será a variabilidade dos vários factores durante a época.

Brewer e Davis (1991) encontraram (em jogadores de Rugby) um decréscimo da potência máxima aeróbia durante o período competitivo (58.4 para 53.5 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$), enquanto a capacidade anaeróbia piorava no perído de transição.

Quanto ao futebol, Heller et al. (1991) verificaram em 12 jogadores Checos de elite, variações estatisticamente não significativas entre o final do período preparatório e o período competitivo, nos seguintes indicadores:

- Em relação à percentagem de gordura corporal (6.5 ± 2.5) não houve alterações, enquanto a massa limpa aumentou de 70.4 kg ± 2.9 para 72.3 kg ± 3.2. Alguns parâmetros fisiológicos e funcionais decresceram; a velocidade máxima no tapete rolante (18.1 ± 0.8 para 17.3 ± 0.6 $km.h^{-1}$), o $VO_2max$ (60.1 ± 2.8 para 59.3 ± 3.1 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$). A lactatémia máxima não sofreu alterações (11.5 ± 1.6 para 11.6 ± 1.3 $mmol.l^{-1}$), enquanto o $L_{AN}$ desceu de 14.2 ± 0.6 $km.h^{-1}$ para 13.9 ± 0.2 $km.h^{-1}$ (78.5 para 80.2% da Vmáx; 79.4 para 81.1% do $VO_2max$ e 92.2 para 90.8% da F.C.máx).

Embora as diferenças não sejam significativas, indiciam que o período de competição provoca um abrandamento do treino das capacidades básicas, com eventual diminuição dos indicadores relacionados com a aptidão aeróbia. A diminuição do potencial aeróbio pode afectar o rendimento em jogo, fundamentalmente nas segundas partes (Medelli et al.,1988).

Em atletas bem treinados, o perfil aeróbio é estável, como o comprova o estudo de Rico et al. (1991), em que não encontraram diferenças significativas no peso corporal, percentagem de gordura e consumo máximo de oxigénio, em 17 futebolistas universitários sujeitos a 3 protocolos diferentes de treino de endurance durante 6 semanas, 3 vezes por semana.

Estes dados sugerem que existe um nível óptimo de treino de base (e não só aeróbio) que não pode ser negligenciado, sob pena de se ver diminuida a capacidade competitiva.

De igual forma é necessário ter sempre como objectivo fundamental do treino, manter as qualidades de força e explosividade, sob pena de termos jogadores resistentes, mas com *handicaps* a nível doutras qualidades fundamentais para uma prestação atlética de alto nível.

## 3.5. Caracterização das corridas do atletismo

Podemos caracterizar o atletismo, melhor dito, os especialistas das várias provas do atletismo à luz de indicadores antropométricos, neurais, fibrilares, mecânicos, etc..

No nosso entender, entre os vários indicadores que podem caracterizar as corridas do atletismo, os energéticos são, os que mais profundamente conseguem tal desiderato.

No entanto, a localização das fontes energéticas dominantes num dado tipo de prova não é fácil, já que em última instância depende do nível competitivo do sujeito.

Segundo Péronnet et al. (1983) a solicitação energética no decurso de uma maratona, é diversa, para atletas que a terminem em 2h10, 3h30 ou 4h30. Quanto mais elevada for a intensidade duma prova, maior será a solicitação das fontes glicolíticas. Inversamente, quanto mais lenta, mais elevada será a contribuição dos ácidos gordos.

O quadro abaixo inscrito elucida-nos acerca das qualidades dominantes, bem como das fontes de energia relacionadas com cada uma das provas de corrida do atletismo.

Quadro 76. Caracterização das várias provas de corrida do atletismo

| **Fonte de energia dominante** | **Qualidade Dominante** | **Especialidade** |
|---|---|---|
| Anaeróbia Aláctica | Velocidade | 100 m |
| Anaeróbia Láctica | Resistência de Velocidade | 200 e 400m |
| Anaeróbia Láctica e Aeróbia | Potência Máxima Aeróbia + R.Velocidade | 800 m |
| Aeróbia | Potência Máxima Aeróbia | 1.500 e 3.000 m |
| Aeróbia | Endurance (acima do $L_{AN}$) | 5.000 e 10.000 m |
| Aeróbia | Endurance (abaixo do $L_{AN}$) | Maratona |

À luz das considerações atrás referidas, concernentes à solicitação energética específica determinada pela intensidade de prova, o quadro anterior não é completamente elucidativo.

No entanto, podemos vislumbrar que em termos bioenergéticos a caracterização das várias corridas do atletismo, são difíceis de agrupar em três grandes grupos (velocidade, meio-fundo e fundo). Será preocupação do nosso estudo tentar averiguar, a partir da análise dos indicadores escolhidos, a legitimidade do agrupamento que decidimos na determinação dos objectivos.

Existe uma relação inversa entre a potência das fontes de energia e a dimensão das respectivas reservas, pelo que nas corridas do atletismo o aumento da distância da prova corresponde à diminuição do ritmo específico.

Uma dada prova de atletismo, apresenta uma dada potência energética específica, que faz apelo a várias fontes de energia. Tal é-nos dado ver no quadro abaixo apresentado.

Quadro 77. Comparação entre a potência energética das várias fontes de energia e a potência requerida por várias provas de corrida do atletismo (Adaptado de Hultman e Harris,1988)

| Prova | Potência energética ($mol.min^{-1}$) | Fontes de Energia | Potência energética ($mol.min^{-1}$) |
|---|---|---|---|
| Repouso | 0.07 | ATP, CP---->ADP,Cr | 4.4 |
| 100 m | 2.6 | Glicogénio---->lactato | 2.35 |
| 400 m | 2.3 | Glicogénio---->CO2 | 0.85-1.14 |
| 800 m | 2.0 | Glicogénio Hepático---->CO2 | 0.37 |
| 1.500 m | 1.7 | Ácidos Gordos---->CO2 | 0.40 |
| Maratona | 1.0 | | |

Como vimos atrás, o nível de treino e competitivo de um atleta, é um factor importante a ter em conta, para caracterizar a forma peculiar de mobilização das várias fontes energéticas.

Hirvonen et al. (1992) comprovaram nos velocistas de elite, uma deplecção mais rápida e intensa dos fosfagénios, atrasando assim a prevalência da glicólise durante uma corrida de 100 metros.

De igual forma, segundo Black (1988) os especialistas dos 400 m com mais êxito são aqueles que conseguem apoiar energeticamente a fase inicial da prova à custa dos fosfatos de alta energia, atenuando assim a emergência da acidose provocada pela alta concentração de lactato.

Em síntese podemos afirmar que a caracterização bioenergética das corridas do atletismo, pressupõe sempre a consideração do nível do atleta considerado.

# 4. Material e métodos

## 4.1. Caracterização das amostras

Este estudo foi realizado a partir de várias amostras de futebolistas de nível competitivo diferenciado e vários especialistas das corridas de atletismo.

Os sujeitos estão assim distribuídos:

### Futebol

1ª Divisão, n = 44 jogadores
Futebol Clube de Famalicão - 10 jogadores
Gil Vicente Futebol Clube - 11 jogadores
Boavista Futebol Clube - 11 jogadores
Vitória de Guimarães - 12 jogadores
2ª Divisão de Honra
Leça Futebol Clube - 18 jogadores
2ª Divisão B
Futebol Clube da Maia - 12 jogadores
3ª Divisão
Futebol Clube Castelo da Maia - 15 jogadores

### Atletismo

- 10 atletas especialistas em provas de velocidade (100, 200 e 400 metros)
- 10 atletas especialistas em provas de meio-fundo (800, 1.500, 5.000 e 10.000 metros)
- 10 atletas especialistas em provas de fundo (10.000 metros, meia-maratona e maratona).

Nota. É muito difícil enquadrar um atleta num determinado tipo de prova ou esforço, já que a caracterização dos esforços varia consoante a óptica de análise. Assim se classificarmos uma prova a partir dos pressupostos bioenergéticos, podemos colidir com outros tipos de classificação que se apoiem noutros enfoques. A divisão por nós estabelecida respeitante ao enquadramento das várias provas de corrida do Atletismo, apoiou-se na caracterização feita por Harre (1982), que caracteriza os esforços da seguinte forma:

- Velocidade - até 45 segundos de esforço
- Endurance de curta duração - esforços compreendidos entre os 45 segundos e 2 minutos
- Endurance de média duração - esforços entre 2 e 11 minutos

- Endurance de longa duração - esforços que se prolongam acima dos 11 minutos, e que se subdividem em:

- Longa duração I - entre 11 e 30 minutos
- Longa duração II - entre 30 e 90 minutos
- Longa duração III - acima de 90 minutos

No entanto, alargamos o âmbito da velocidade até aos 400 metros, já que hoje em dia é considerada uma prova que evidencia com clareza as especificidades dessa capacidade motora. De igual forma no meio-fundo alargamos o critério de Harre até aos 10.000 metros, prova com uma duração média de 30 minutos, já que muitos dos especialistas de 5.000 m usualmente competem em 10.000 m. Dentro da mesma linha de raciocínio englobamos, repetindo, os 10.000 m no fundo, já que não raras vezes os maratonistas competem nesta especialidade, sendo sempre difícil definir a prova principal de um atleta. Por exemplo, Carlos Lopes, no ano em que foi campeão olímpico na maratona, foi campeão do mundo em corta-mato (± 12.000 m em terreno irregular) e fez a segunda melhor marca de sempre no mundo aos 10.000 m.

Assim, sistematizamos os conceitos-base caracterizadores das nossas amostras, da seguinte forma:

Velocistas - englobando os esforços de endurance de curta duração

Meio-fundistas - caracterizando-se por esforços de endurance de média duração e longa duração I

Fundistas - correspondentes aos esforços de endurance de longa duração II e III.

## 4.2. Avaliação dos indicadores fisiológicos

A recolha dos vários parâmetros foi realizada após um período de descanso de pelo menos 12 horas. Não foi realizada qualquer activação (aquecimento) anterior ao teste. Cada elemento foi informado dos procedimentos técnicos correctos, bem como das dificuldades inerentes a este tipo de prova. Fomos sempre assistidos por um médico, apoiado com todas as medidas de assistência urgente a eventual colapso determinado pela situação de esforço intensivo.

Como procedimento visando a obtenção dos patamares máximos de esforço, os atletas eram motivados (com incitamentos externos) a superar o desconforto e dificuldades inerentes ao protocolo.

### 4.2.1. Avaliação dos indicadores respiratórios

No sentido de haver maior correspondência entre a actividade específica dos atletas e o teste, optamos pelo tapete rolante (Erich Jaeger-

Laufergotest). Utilizamos um protocolo em que os sujeitos realizaram um teste progressivo e contínuo, até à exaustão, com uma inclinação estabilizada de 2%, a partir da velocidade inicial de 8 km/hora e com incrementos de carga (2 km/hora) em cada 2 minutos.

Os parâmetros respiratórios foram recolhidos através dum sistema móvel automático EOS-Sprint (Erich Jaeger GmbH & Co, versão XT/AT JK), e analisados através dum computador JVC, modelo GD-H3214VCW. Analisamos os seguintes indicadores respiratórios:

Ventilação ($V_E$), consumo de oxigénio absoluto ($VO_2Abs$), consumo de oxigénio relativizado ao peso corporal ($VO_2Rel$), volume de dióxido de carbono produzido ($VCO_2$), quociente respiratório (QR), equivalente de oxigénio ($EQ\text{-}O_2$) e equivalente de dióxido de carbono ($EQ\text{-}CO_2$).

Como indicadores fundamentais utilizamos:

- Consumo máximo de oxigénio ($VO_2max$); Absoluto ($L.min^{-1}$) e relativo ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$)
- Velocidade máxima atingida, e correspondente ao patamar do consumo máximo de oxigénio ($vVO_2max$)
- Limiar Anaeróbio Respiratório ($L_{AN}$), expresso quer ao nível do $VO_2$ ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) quer em relação à percentagem do consumo máximo de oxigénio ($L_{AN}\text{-}\%VO_2max$). Para o cálculo do $L_{AN}$ utilizamos o método dos equivalentes respiratórios (Wasserman et al.,1990; Davis, 1985)
- Velocidade atingida ao $L_{AN}$ ($vL_{AN}$)
- Economia de Corrida ($E_c$), expressa pelo consumo de oxigénio à velocidade de 16 $km.h^{-1}$, bem como à percentagem correspondente ao $VO_2max$
- Economia de Corrida ($E_c$), expressa pelo consumo de oxigénio à velocidade de 20 $km.h^{-1}$, bem como à percentagem corespondente ao $VO_2max$. Este parâmetro não foi possível de avaliar na totalidade das amostras

### 4.2.2. Avaliação da frequência cardíaca

Utilizamos um electrocardiógrafo (Servomed, SMS 182, Hellige) a partir do qual recolhemos directamente, quer a frequência cardíaca (FC) quer o registo do electrocardiograma. Este último parâmetro foi unicamente utilizado como factor de controle e/ou de detecção de eventuais patologias funcionais cardíacas. Os eléctrodos utilizados foram do tipo 3M e colocados no sistema CM5.

No concernente à FC eligimos como parâmetros de referência a frequência cardíaca máxima atingida durante a prova (FCmáx) expressa em batimentos por minuto ($bat.min^{-1}$), a frequência cardíaca

correspondente à velocidade de 16 km.h$^{-1}$ ($FC_{16}$), a percentagem da FCmáx aos 16 km.h$^{-1}$ ($FC_{16}$-%FCmáx), a frequência cardíaca aos 20 km.h$^{-1}$ ($FC_{20}$) e a percentagem da FCmáx aos 20 km.h$^{-1}$ ($FC_{20}$-%FCmáx).

### 4.2.3. Avaliação de indicadores metabólicos

Para avaliar as adaptações metabólicas agudas induzidas pela prova de esforço máxima, escolhemos a análise da cinética do lactato, a partir da correspondente expressão sanguínea [$(La)_S$].

Utilizamos um aparelho (2300 STAT, L-Lactate Analyser, YSI-Incorporated, modelo 2300-L SN91L034499).

Fizemos a determinação dos valores de lactato no sangue capilar com o seguinte protocolo:

1º Desinfecção do lóbulo da orelha com alcoól a 70% ou alcoól isopropílico

2º Deixar secar e fazer a picada com o sistema Autolet

3º Recolher com o tubo capilar 25 µl de sangue

4º Extravasar o sangue para um tubo de Eppendorf, com a ajuda de pera de borracha ou similar

5º Determinar a concentração de lactato pelo aparelho analisador.

As amostras de sangue (completo) foram recolhidas em 4 momentos diferentes (repouso, 3, 5 e 10 minutos após o términus do teste).

## 4.3. Avaliação dos indicadores antropométricos

O protocolo a utilizar é o proposto pelo ***International Working Group on Kinanthropometry*** (IWGK), descrito por Ross e Marfell-Jones (1983) e Borms (1987).

A altura, os diâmetros e os perímetros serão registados em milímetros, com aproximação às décimas. As pregas de adiposidade subcutânea (*skinfolds* ) serão registados em milímetros.

Foi efectuada uma tripla mensuração de cada medida, procurando obter valores que não ultrapassem os limites propostos por Ross e Marfell-Jones (1983) e obter assim a média como estimador fiel da medida considerada.

Independentemente da eventual existência de atletas esquerdinos, ou ambidextros, todas as medidas serão efectuadas do lado direito dos sujeitos.

### 4.3.1. *Instrumentarium*

Para a recolha das medidas somáticas foram utilizados os seguintes instrumentos:

- Antropómetro de Martin
- Balança marca "Krups", com aproximação dos valores até 0.5 kg
- Craveira reduzida de pontas curvas marca "Siber Hegner"
- Fita métrica metálica graduada em milímetros marca "Harpender"
- Plissómetro (*Skinfold Caliper* ) marca Lange com uma pressão de 10 gr/mm$^2$.

### 4.3.2. Medidas antropométricas

Levamos a cabo a realização de várias mensurações corporais, que incluiam além do peso e altura, perímetros, diâmetros e pregas de adiposidade subcutânea *(skinfolds)*. Assim, estabelecemos as seguintes variáveis (11), que explicitamos de seguida:

(01) - **Peso (P)**
Medido com o indivíduo despido e imóvel. Os valores obtidos são fraccionados até 500 gramas. A variabilidade temporal na recolha das várias mensurações não permitiu o respeito pleno pela precisão, mas a dificuldade de manuseamento das várias amostras constituiu-se como obstáculo intransponível.

(02) - **Altura (Alt)**
Medida entre o *Vertex* e o plano de referência do solo, encontrando-se os indivíduos descalços.

(03) - **Diâmetro Bicôndilo-humeral (DBH)**
Medido entre o epicôndilo e a epitróclea, com o cotovelo flectido a 90 graus e a mão naturalmente supinada.

(04) - **Diâmetro Bicôndilo-femural (DBF)**
Medido entre os pontos mais salientes dos côndilos femurais, com o joelho flectido a 90 graus.

(05) - **Perímetro Braquial Tenso (PBT)**
Medido com o cotovelo flectido a 90 graus, e o *bíceps* em contracção máxima, na maior saliência do ventre muscular.

(06) - **Perímetro Geminal (PGEM)**
Medido ao nível da maior circunferência da perna.

(07) - ***Skinfold*** **Tricipital (STRI)**
Medida na face posterior do braço, a meia distância entre os pontos acromial e olecrâneo. Prega vertical.

(08) - ***Skinfold*** **Subescapular (SSUB)**
Medida no vértice inferior da omoplata. Prega oblíqua para fora e para baixo.

(09) - ***Skinfold*** **Bicipital (SBIC)**
Medida no ventre do bicípede braquial na mesma linha da prega tricipital.

(09) - ***Skinfold*** **Ilíaca (SILI)**
Medida sobre a crista ilíaca, na linha vertical midaxilar. Prega horizontal.

(10) - ***Skinfold*** **Supraespinhal (SSESP)**
Medida 7 cm acima da espinha ilíaca antero-superior. Prega oblíqua para dentro e para baixo.

(11) - ***Skinfold*** **Geminal (SGEM)**
Medida ao nível da maior circunferência da perna, sobre a face interna, com o sujeito sentado e o joelho flectido a 90 graus. Prega vertical.

### 4.3.3. Determinação do somatótipo

A determinação do somatótipo será efectuada de acordo com a técnica antropométrica de Heath e Carter e o cálculo das componentes basear-se-á nas equações propostas por Ross e Marfell-Jones (1983).

**Cálculo da primeira componente (Endomorfismo)**

A determinação desta componente elucida-nos acerca do grau de gordura-magreza relativo e obtém-se a partir da fórmula:

$$I = - 0.7182 + 0.1451 (X) - 0.00068 (X^2) + 0.0000014 (X^3)$$

em que X é a soma das seguintes pregas de adiposidade subcutânea:
- subescapular (SSUB)
- tricipital (STRI)
- supraespinhal (SSESP)

O valor assim obtido deve ser corrigido para a altura, multiplicando-o por 170.18/Altura. A amplitude de variação desta

componente, de acordo com a tabela apresentada pelos autores, pode variar entre 0.5 e 12.

### Cálculo da segunda componente (Mesomorfismo)

Caracteriza-se o Mesomorfismo como o balanço do desenvolvimento muscular e esquelético relativizado à altura, que se estabelece com a seguinte fórmula:

$$II = \{0.858 \times DHB + 0.601 \times DBF + [0.188 (PBT - TRC/10)] + [0.161 (PEG - SGE/10)]\} - (0.131 \times ALT) + 4.50$$

As siglas significam o seguinte:
DBH - diâmetro bicôndilo humeral
DBF - diâmetro bicôndilo femural
PBT - perímetro do braço tenso
STRC - prega de adiposidade subcutânea tricipital
PGEM - perímetro geminal
SGEM - prega de adiposidade subcutânea geminal
ALT - altura

### Cálculo da terceira componente (Ectomorfismo)

Ectomorfismo corresponde à linearidade relativa e estabelece-se da seguinte forma:

$$III = 0.732 \times (ALT/ \text{raiz cúbica do PESO}) - 28.58$$

em que ALT/raiz cúbica Peso é o **índice ponderal recíproco** (IPR). Se o IPR < 40.75 mas > 38.28, então III = 0.463 (ALT/r.Cú PESO) - 17.63. Se IPR < ou = 38.25, é atribuída a esta componente o valor mínimo de 0.1.

### Representação na Somatocarta

A representação gráfica do somatótipo na somatocarta (triângulo de lados curvos de Reuleaux), é determinada a partir das fórmulas seguintes:

$$X = III - I \qquad Y = 2 (II) - (III + I)$$

em que **X** e **Y** representam as coordenadas da somatocarta e **I, II, III** são os valores correspondentes às primeira, segunda e terceira componentes.

### 4.3.4. Avaliação da composição corporal

Existem vários métodos para a determinação da composição corporal. No nosso trabalho utilizamos um **método clínico ou de terreno** cujo processo avaliativo é indirecto, ou seja, exclusivamente baseado em mensurações antropométricas.

O fraccionamento da massa corporal em dois compartimentos foi feito a partir da proposta de Durnin e Womersley (1974) para a determinação da Densidade Corporal (DC), sendo a percentagem de Gordura determinada pela fórmula de Siri (1961). Assim fracciona-se a massa corporal em Massa Gorda e Massa Magra, em que a primeira componente é estabelecida a partir dos valores das pregas de adiposidade subcutânea (PAS) e a segunda por subtracção.

Eis as fórmulas:

**Durnin e Womersley** (1974)

$DC = 1.1631 - 0.0632 \log \sum (x)$
(x) = PAS (Tricipital, Bicipital, Ilíaca, Subescapular)

**Siri (1961)**

$\%\ Gordura = (4.95/DC - 4.50) \times 100$

## 4.4. Avaliação dos indicadores de força explosiva (testes motores)

### 4.4.1. Avaliação da impulsão vertical

#### 4.4.1.1. Teste da componente contráctil (SJ)

Teste - salto vertical máximo, voluntário, partindo de posição estática (SJ -"Squat Jump").

Objectivo - avaliar a força explosiva dos membros inferiores (componente contráctil). Deve-se evitar neste teste o armazenamento de energia elástica, para que o resultado obtido seja única e exclusivamente fruto da acção da porção contráctil do músculo.

Material - Ergojump (Digitime 1000, Digitest Finland)

Descrição - o atleta, de pé, em cima da plataforma de salto, com as mãos na cintura e o tronco direito, partindo de posição de semi-flexão dos joelhos (aproximadamente 90°) executa um salto vertical. São permitidas duas tentativas. Escolhe-se o melhor valor das duas tentativas realizadas.

Avaliação - regista-se o tempo de vôo, e posteriormente, através de fórmula específica, calcula-se a impulsão real em centímetros.

Os atletas devem ser esclarecidos da necessidade de, após a fase de suspensão, o contacto com a plataforma dever ser feito com os membros inferiores completamente em extensão.

### 4.4.1.2. Teste da componente elástica (CMJ)

Teste - salto vertical máximo, voluntário, com contra-movimento (CMJ -"Counter Movement Jump")

Objectivo - avaliar a força explosiva dos membros inferiores (componente elástica). Neste caso visamos medir a potenciação do salto pela adição da energia elástica armazenada na fase excêntrica do movimento.

Material - Ergojump (Digitime 1000, Digitest Finland)

Descrição - o atleta, de pé, em cima da plataforma de salto, com as mãos na cintura, o tronco direito e as pernas estendidas, executa uma semi-flexão dos joelhos (aproximadamente 90°), imediatamente seguida de um salto vertical. Realizam-se de igual forma duas tentativas.

Avaliação - regista-se o tempo de vôo, e posteriormente, através de fórmula específica, calcula-se a impulsão real em centímetros, que traduz o nível de força armazenado durante a fase de alongamento muscular (fase excêntrica). Escolhe-se a melhor das duas tentativas.

Os atletas devem ser esclarecidos da necessidade de respeitar o comportamento correcto, com vimos no teste anterior.

### 4.4.1.3. Teste de potência mecânica do salto vertical

Teste - saltos verticais sucessivos, voluntários, durante 15 segundos.

Objectivo - avaliar a potência mecânica dos membros inferiores.

Material - Ergojump (Digitime 1000, Digiteste Finland)

Descrição - o atleta de pé em cima da plataforma de salto, com as mãos na cintura, o tronco direito e as pernas estendidas; ao sinal, executa um conjunto de saltos verticais, o mais rápido e alto possível, fazendo entre cada salto uma flexão de pernas (aproximadamente 90°) imediatamente seguida de novo salto e durante 15 segundos.

Avaliação - regista-se o tempo total de vôo e o número de saltos que o atleta efectua; através de fórmula específica calcula-se a potência mecânica.

Neste teste devem-se evitar os desvios da verticalidade, ajudando o atleta a evitar desvios horizontais. O atleta deve realizar sempre uma

flexão de 90° antes de cada salto, e o contacto com a plataforma deve ser sempre com os membros inferiores em extensão.

### 4.4.1.4. Análise dos testes e fórmulas de conversão

O aparelho (Ergojump Digitime 1000) por nós escolhido para a detecção do força explosiva dos membros inferiores, foi concebido por Carmelo Bosco, e consiste num cronómetro digital electrónico (± 0.001 seg.). ligado por um cabo a uma plataforma sensível. O cronómetro acciona-se automaticamente, através de um interruptor, no momento em que os pés do sujeito deixam de contactar com a plataforma e desliga-se no momento em que os pés do sujeito voltam a contactar com a plataforma após o salto (Bosco et al.,1983). O Ergojump foi concebido de forma a registar o tempo de vôo em cada salto, ou num conjunto de saltos.

O tempo de vôo permite calcular a **altura alcançada pelo centro de gravidade** (CG) no salto, através da fórmula proposta por Bosco et al. (1983):

$$\textbf{Alt. CG} = \textbf{g} \times \textbf{TV}^2 / \textbf{8}$$

em que:
**Alt.CG** representa a altura alcançada pelo centro de gravidade
**g** a aceleração da gravidade (9,81 $m/s^2$)
**TV** o tempo de vôo.

A **potência mecânica** é estabelecida a partir da realização de saltos sucessivos sobre a plataforma, em que se devem considerar dois factores:

1 - o tempo total de vôo, dado pelo cronómetro ao adicionar os tempos de cada salto

2 - o número de saltos realizados

A potência mecânica é expressa em Watts por quilograma de peso corporal.

A fórmula de conversão é a seguinte (Bosco,1987):

$$W = \frac{9.81^2 \times tv \times tt}{4 \times ns \times (tt - tv)}$$

em que:
tv = tempo de vôo
tt = tempo de trabalho total
ns = número de saltos

## 4.5. Procedimentos Estatísticos

A análise dos resultados foi antecedida de estudos exploratórios prévios às diferentes distribuições de valores por forma a testar a normalidade bem como a presença de *out-liers*.

O estudo da cinética do lactato, nos três momentos de observação foi efectuado a partir da Anova de Medidas Repetidas Factorial.

Para pesquizar diferenças entre os grupos de atletas recorreu-se à Anova Multifactorial, bem como ao teste de Schiffé e intervalos de confiança para as médias.

Utilizou-se a análise da Função Discriminante para verificar a diferença nos vectores de médias no caso do somatótipo e da composição corporal.

As análises foram efectuadas nos "packages" Statview (Feldman et al.,1986) e SPSS$^x$ (Norusis,1990). O nível de significância foi mantido em 5%.

# 5. Apresentação dos resultados

Este estudo foi realizado a partir de várias amostras de futebolistas de diferente nível competitivo e especialistas das corridas de atletismo, cuja caracterização sumária a partir dos respectivos valores de idade, peso e altura, se encontra expressa nos quadros que se seguem.

## Futebol - Equipas

Quadro 78. Caracterização biométrica das várias equipas de futebol

| **Amostra** | **Idade** (anos) | **Peso** (kg) | **Altura** (cm) |
|---|---|---|---|
| Famalicão (1ª Divisão) | 26.2 ± 1.8 | 74.3 ± 3.9 | 177.1 ± 4.0 |
| Gil Vicente (1ªDivisão) | 25.7 ± 3.9 | 77.4 ± 6.3 | 179.3 ± 7.5 |
| Boavista (1ª Divisão) | 27.5 ± 3.0 | 70.5 ± 5.0 | 174.5 ± 6.9 |
| Guimarães (1ª Divisão) | 24.1 ± 2.7 | 72.2 ± 7.6 | 175.7 ± 6.0 |
| **Total 1ª Divisão** | 25.8 ± 3.1 | 73.6 ± 6.3 | 176.6 ± 6.3 |
| Leça (2ª Divisão de Honra) | 25.5 ± 3.5 | 74.2 ± 6.1 | 175.4 ± 7.2 |
| Maia (2ª Divisão B) | 26.1 ± 4.9 | 69.8 ± 9.0 | 172.9 ± 7.2 |
| Castelo (3ª Divisão) | 22.7 ± 2.3 | 73.1 ± 4.5 | 175.8 ± 4.8 |

## Futebol - Posições

Quadro 79. Caracterização biométrica dos futebolistas de acordo com a especialização funcional

| **Amostra** | **Idade** (anos) | **Peso** (kg) | **Altura** (cm) |
|---|---|---|---|
| Médios | 25.9 ± 4.2 | 71.3± 5.9 | 174.8 ± 6.0 |
| Laterais | 24.9 ± 3.1 | 70.7 ± 6.5 | 172.2 ± 5.0 |
| Centrais | 25.3 ± 2.6 | 77.1 ± 4.5 | 180.3 ± 5.6 |
| Avançados | 24.9 ± 3.9 | 72.8 ± 7.2 | 175.5 ± 6.6 |

## Atletismo

Quadro 80. Caracterização biométrica dos vários especialistas das corridas do atletismo

| Amostra | Idade (anos) | Peso (kg) | Altura (cm) |
|---|---|---|---|
| Velocistas | 23.3 ± 3.4 | 70.4 ± 6.6 | 177.9 ± 4.9 |
| Meio-fundistas | 24.8 ± 3.7 | 62.0 ± 2.7 | 173.3 ± 3.6 |
| Fundistas | 30.0 ± 3.1 | 58.4 ± 3.2 | 169.7 ± 3.9 |

O estudo comparativo entre futebolistas e velocistas, meio-fundistas e fundistas do atletismo, foi levado a efeito pela avaliação dos indicadores expressos no ponto de Material e Métodos.

Assim fizemos a inter-verificação dos resultados da seguinte forma:

1º Entre equipas de futebol de diferente nível competitivo

2º Entre futebolistas em função da especialização funcional

3º Entre os vários especialistas do atletismo.

4º Entre futebolistas e velocistas, meio-fundistas e fundistas do atletismo

No sentido de procurar uma superior força interpretativa dos dados recolhidos, sempre que possível levamos a efeito a análise integrada dos indicadores.

A ordem de apresentação dos resultados seguiu uma sequência onde se pretendeu agrupar os indicadores dentro de uma lógica que os validasse com maior profundidade.

## 5.1. Avaliação dos indicadores fisiológicos

Englobamos neste ponto a velocidade conseguida ao nível do consumo máximo de oxigénio, pois não faria sentido tratar este indicador fora do âmbito que lhe dá consistência e força interpretativa.

## 5.1.1. Consumo máximo de oxigénio ($VO_2max$), frequência cardíaca após prova máxima de esforço (FCmáx) e velocidade ao $VO_2max$ ($vVO_2max$)

### 5.1.1.1. Estudo da variabilidade inter-equipas de futebol

#### 5.1.1.1.1. Em função do nível competitivo das equipas

Quadro 81. Valores médios (±SD) de $VO_2max$, FCmáx e $vVO_2max$ de várias equipas de futebol de diferente nível competitivo

| Amostra | n | FCmáx (bat-min$^{-1}$) | $vVO_2max$ (km.h$^{-1}$) | $VO_2$máx | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | L.min$^{-1}$ | ml.kg$^{-1}$.min$^{-1}$ |
| Famalicão (1ª Divisão) | 10 | 179.4 ± 7.0 | 18.8 ± 1.0 | 4.3 ± 0.2 | 59.5 ± 4.3 |
| Gil Vicente (1ª Divisão) | 11 | 182.9 ± 7.9 | 19.1 ± 1.4 | 4.3 ± 0.5 | 56.1 ± 6.5 |
| Boavista (1ª Divisão) | 11 | 191.6 ± 7.9 | 18.2 ± 1.4 | 4.2 ± 0.5 | 59.4 ± 6.1 |
| Guimarães (1ª Divisão) | 12 | 187.3 ± 6.3 | 19.2 ± 1.0 | 4.1 ± 0.5 | 57.2 ± 7.3 |
| **Total 1ª Divisão** | 44 | 185.5 ± 8.4 | 18.8 ± 1.2 | 4.2 ± 0.4 | 58.0 ± 6.2 |
| Leça (Divisão de Honra) | 18 | 187.9 ± 7.7 | 18.3 ± 1.3 | 4.0 ± 0.3 | 53.8 ± 3.0 |
| Maia (2ª Divisão) | 12 | 180.5 ± 9.6 | 18.2 ± 1.0 | 3.9 ± 0.4 | 56.2 ± 5.7 |
| Castelo (3ª Divisão) | 15 | 184.3 ± 9.8 | 18.9 ± 1.3 | 4.2 ± 0.3 | 58.1 ± 4.7 |

A análise dos resultados pela Anova constou de dois momentos. O primeiro para verificar a presença de valores significativos entre as equipas de 1ª divisão. O segundo para estudar o comportamento entre divisões, considerando as equipas da 1ª divisão como um todo.

A análise das equipas da 1ª divisão, evidenciou o seguinte quadro: a presença de diferenças significativas para a frequência cardíaca máxima ($F_{(3-40)} = 4,4$; $p = 0.003$), e o teste *a posteriori* mostrou que as diferenças só eram significativas entre as equipas do Famalicão e Boavista. Em virtude da verificação da homogeneidade dos valores das outras equipas em relação a este indicador, pensamos que esta diferença será o resultado do teste ter sido realizado no dia a seguir a um jogo extremamente exigente, o que veio a afectar, provavelmente, o comportamento da frequência cardíaca.

Em função da labilidade deste indicador, e por uma questão de operacionalidade, foi decidido colapsar as equipas da 1ª divisão num só grupo. A análise das equipas agrupadas nas respectivas divisões não permitiu detectar diferenças com relevância estatística ($p > 0.05$).

Podemos salientar a homogeneidade das várias equipas quanto ao consumo máximo de oxigénio e velocidade máxima atingida em prova, o

que não permite diferenciar, a partir destes indicadores, o nível competitivo das várias equipas ($p > 0.05$).

### 5.1.1.1.2. De acordo com a especialização funcional

Quadro 82. Valores médios (± SD) de $VO_2max$, FCmáx e $vVO_2max$ de jogadores de futebol de acordo com a especialização funcional

| Amostra | FCmáx (bat.min$^{-1}$) | $vVO_2max$ (km.h$^{-1}$) | $VO_2$máx | |
|---|---|---|---|---|
| | | | L.min$^{-1}$ | ml.kg$^{-1}$.min$^{-1}$ |
| Médio | 185.2 ± 8.6 | 18.8 ± 1.5 | 4.2 ± 0.5 | 59.5 ± 6.7 |
| Lateral | 184.2 ± 11.8 | 18.9 ± 1.0 | 4.2 ± 0.4 | 59.3 ± 3.6 |
| Central | 184.6 ± 9.1 | 18.5 ± 1.1 | 4.3 ± 0.4 | 56.8 ± 5.5 |
| Avançado | 182.4 ± 8.2 | 18.4 ± 1.0 | 4.0 ± 0.4 | 54.9 ± 8.2 |

A análise estatística dos resultados (Anova) permitiu verificar a homogeneidade dos futebolistas, em relação aos indicadores em epígrafe, quando considerados em função das posições habituais em jogo, tendo-se constatado a inexistência de diferenças com significado estatístico ($p > 0.05$).

Pensamos, no entanto, que se podem salientar dois grupos: um englobando Centrais e Avançados, cujo perfil de delocamentos em jogo é mais reduzido, outro correspondente aos Laterais e Médios, cujo superior nível de actividade em jogo terá como resultante valores mais elevados da potência aeróbia.

Os avançados salientam-se por apresentarem uma potência máxima aeróbia inferior, considerada não só em termos relativos como absolutos. Tal facto é denunciador da relativa "imobilidade" destes atletas.

## 5.1.1.2. Atletismo

Quadro 83. Valores médios (± SD) de $VO_2max$, FCmáx e $vVO_2max$ de vários especialistas das corridas do Atletismo

| Amostra | FCmáx (bat.min$^{-1}$) | $vVO_2max$ (km.h$^{-1}$) | $VO_2$máx | |
|---|---|---|---|---|
| | | | L.min$^{-1}$ | ml.kg$^{-1}$.min$^{-1}$ |
| Velocistas | 193.4 ± 10.2 | 20.0 ± 2.3 | 4.0 ± 0.4 | 56.9 ± 4.8 |
| Meio-fundistas | 186.3 ± 9.6 | 23.8 ± 1.1 | 4.2 ± 0.3 | 68.1 ± 5.2 |
| Fundistas | 182.1 ± 3.8 | 24.2 ± 1.5 | 4.4 ± 0.3 | 76.8 ± 4.8 |

A Anova e o teste de múltipla comparação *a posteriori* permitiu verificar as seguintes diferenças com significado estatístico:

- $VO_2max$ Absoluto ($F_{(2,27)} = 4,1$; $p = 0.03$)
  - entre velocistas e fundistas
- $VO_2max$ Relativo ($F_{(2,27)} = 40,9$ ; $p = 0.0001$)
  - entre velocistas e meio-fundistas
  - entre velocistas e fundistas
  - entre meio-fundistas e fundistas
- $vVO_2max$ ($F_{(2,27)} = 18,3$ ; $p = 0.0001$)
  - entre velocistas e meio-fundistas
  - entre velocistas e fundistas
- FCmáx ($F_{(2,27)} = 4,6$ ; $p = 0.02$)
  - entre velocistas e fundistas

A análise da frequência cardíaca, cuja labilidade por vezes reduz a riqueza das comparações, permite, em relação ao presente estudo, detectar um perfil de resposta diferenciado em função de cada especialidade. Vislumbra-se uma bradicardia funcional, nos especialistas de provas mais longas, manifestada pelos menores valores de frequência cardíaca após prova de esforço máxima, e que é tanto mais acentuada quanto mais longa é o tipo de prova que caracteriza cada atlteta.

A análise dos indicadores $VO_2max$ e $vVO_2max$ evidencia uma capacidade funcional crescente, quando passamos dos velocistas para os meio-fundistas e destes para os fundistas.

### 5.1.1.3. Resultados comparativos entre futebolistas e velocistas, meio-fundistas e fundistas do atletismo

Quadro 84. Comparação entre futebolistas e vários especialistas do Atletismo ao nível do $VO_2max$, FCmáx e $vVO_2max$

| Amostra | FCmáx (Prova) | $vVO_2max$ | $VO_2max$ | |
|---|---|---|---|---|
| | (bat.min$^{-1}$) | (km.h$^{-1}$) | L.min$^{-1}$ | ml.kg$^{-1}$.min$^{-1}$ |
| Futebol | 184.9 ± 9.1 | 18.7 ± 1.2 | 4.1 ± 0.4 | 56.9 ± 5.5 |
| Velocistas | 193.4 ± 10.2 | 20.0 ± 2.3 | 4.0 ± 0.4 | 56.9 ± 4.8 |
| Meio-fundistas | 186.3 ± 9.6 | 23.8 ± 1.1 | 4.2 ± 0.3 | 68.1 ± 5.2 |
| Fundistas | 182.1 ± 3.8 | 24.2 ± 1.5 | 4.4 ± 0.3 | 76.8 ± 4.8 |

A Anova permitiu-nos verificar as seguintes diferenças com significado estatístico, entre futebolistas e os vários especialistas do Atletismo:

FCmáx - ($F_{(3,115)}$=3,2; p=0.03)

- entre futebolistas e velocistas

$vVO_2max$ - ($F_{(3,115)}$ = 87,6; p=0.0001)

- entre futebolistas e velocistas
- entre futebolistas e meio-fundistas
- entre futebolistas e fundistas

$VO_2max$ Absoluto - não se verificaram diferenças com significado estatístico ($F_{(3,115)}$=2,5; p=0.06)

$VO_2max$ Relativo - ($F_{(3,115)}$=50.0; p=0.0001)

- entre futebolistas e meio-fundistas
- entre futebolistas e fundistas

Da interverificação dos resultados em relação aos vários indicadores salienta-se a similitude dos velocistas em relação aos futebolistas no concernente aos indicadores de consumo máximo de oxigénio. No entanto, neste dois grupos, o mesmo consumo não corresponde a idêntica capacidade de trabalho. Verifica-se que os velocistas com o mesmo $VO_2max$ dos futebolistas, atingem superiores velocidades de corrida que de igual forma se manifesta a nível da frequência cardíaca.

As comparações entre futebolistas e meio-fundistas e fundistas são dispiciendas, pois a especificidade funcional é marcante. Embora não se evidenciem diferenças com significado estatístico quanto à FCmáx e $VO_2Abs$, tal facto não quer significar qualquer similitude entre estes grupos, pois a capacidade funcional, expressa pela conjugação do consumo máximo de oxigénio com a velocidade máxima de corrida, é incomparavelmente diferente.

O perfil das diferenças em relação aos vários indicadores subscritos neste ponto, está bem explicitado nas figuras que se seguem.

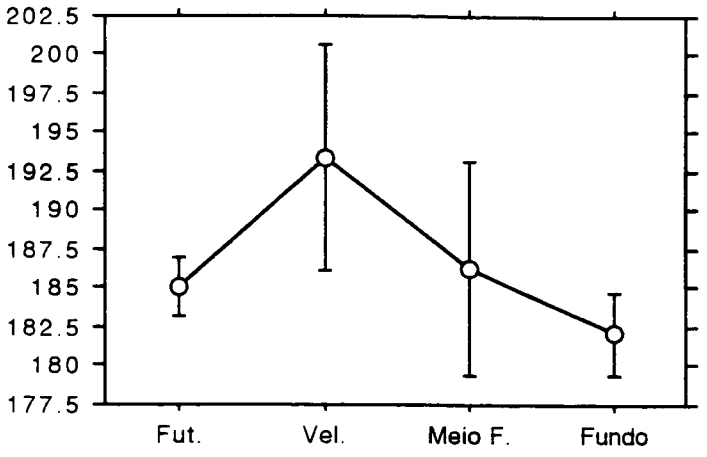



Figura 1. Perfil comparativo entre futebolistas e vários especialistas das corridas do atletismo em relação à **FCmáx** de prova

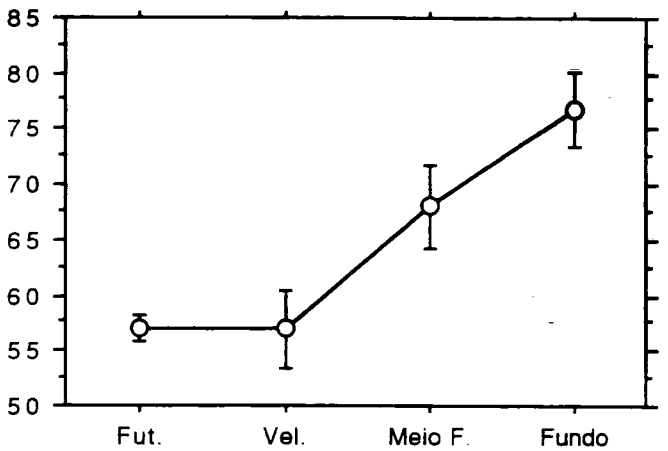



Figura 2. Perfil comparativo entre futebolistas e vários especialistas das corridas do atletismo em relação ao **$VO_2$max Relativo**

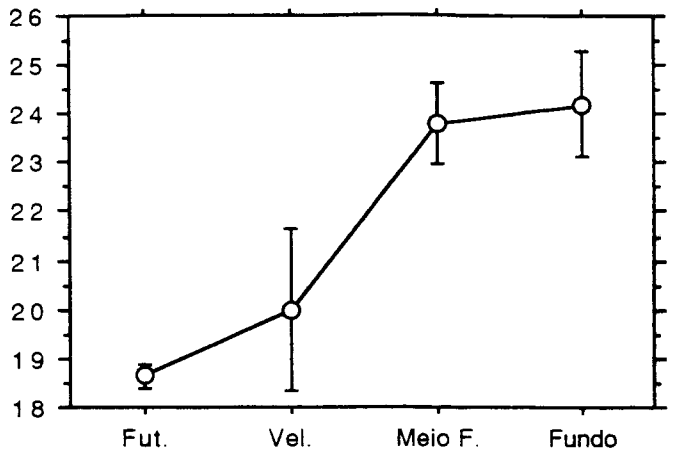



Figura 3. Perfil comparativo entre futebolistas e vários especialistas das corridas do atletismo em relação à **velocidade máxima** em tapete rolante

## 5.1.2. Análise da economia de corrida ($E_{c-16}$)

A análise da economia de corrida é um indicador muito importante acerca do perfil aeróbio de um sujeito.

A $E_{c-16}$ pode ser analisada à luz do dispêndio energético à velocidade de 16 quilómetros por hora ($VO_2$-16), e da percentagem do $VO_2$max correspondente a essa velocidade ($VO_2$-16.%$VO_2$max), bem como da frequência cardíaca à velocidade de 16 quilómetros por hora (FC-16) e da percentagem da frequência cardíaca máxima correspondente a essa velocidade (FC-16.%FCmáx).

### 5.1.2.1.Estudo da variabilidade inter-equipas de Futebol

#### 5.1.2.1.1. Em função do nível competitivo das equipas

Quadro 85. Valores médios (± SD) da $E_{c-16}$ de várias equipas de futebol em função do nível competitivo

| Amostra | n | $VO_{2-16}$ (ml.kg$^{-1}$.min$^{-1}$) | $VO_{2-16}$ (% $VO_2$max) | $FC_{16}$ (bat.min$^{-1}$) | $FC_{16}$ (% FCmax) |
|---|---|---|---|---|---|
| Famalicão (1ª Div.) | 10 | 51.6 ± 4.5 | 87.4 ± 11.9 | 169.5 ± 9.0 | 95.3 ± 3.9 |
| Gil Vicente (1ª Div.) | 11 | 51.2 ± 4.9 | 91.6 ± 5.6 | 171.8 ± 8.3 | 94.0 ± 2.3 |
| Boavista (1ª Div.) | 11 | 51.9 ± 3.3 | 90.1 ± 3.5 | 180.5 ± 7.5 | 94.1 ± 1.7 |
| Guimarães (1ª Div.) | 12 | 51.6 ± 4.5 | 90.6 ± 6.3 | 178.1 ± 7.7 | 95.1 ± 2.3 |
| **1ª Divisão-Total** | 44 | 51.6 ± 4.2 | 90.0 ± 7.2 | 175.2 ± 9.0 | 94.6 ± 2.6 |
| Leça ( Honra) | 18 | 51.6 ± 2.8 | 95.9 ± 3.0 | 182.8 ± 7.6 | 97.2 ± 1.6 |
| Maia (2ª Div.) | 12 | 51.5 ± 4.1 | 92.2 ± 7.8 | 176.2 ± 9.7 | 97.6 ± 1.7 |
| Castelo (3ª Div.) | 15 | 51.0 ± 4.8 | 87.7 ± 7.0 | 174.1 ± 7.8 | 94.5 ± 3.4 |

O procedimento analítico utilizado neste indicador foi similar ao dos anteriores. Assim a Anova foi realizada em dois momentos. No primeiro para verificar a variabilidade entre as equipas da 1ª divisão. O segundo, colapsando as equipas da 1ª divisão num só grupo, analisar o comportamento da variância entre as várias divisões.

O primeiro momento de análise permitiu verificar a existência de diferenças significativas ($F_{(3-40)}$=4,3; p=0.01) respeitantes à frequência cardíaca aos 16 km.h$^{-1}$ ($FC_{16}$) entre o Famalicão e Boavista. Pensamos que o momento da realização do teste da equipa do Boavista (no dia a seguir a um jogo) afectou o comportamento deste indicador, que é extremamente lábil.

O segundo momento de análise permitiu constatar a existência de diferenças com significado estatístico, em relação aos seguintes indicadores:

$VO_{2-16}$ . (%$VO_2$max) - ($F_{(6-82)}$ = 5,0; p = 0.003)
- entre a 1ª divisão e a divisão de Honra
- entre a 3ª divisão e a divisão de Honra

$FC_{16}$ - ($F_{(6-82)}$ = 4,0; p = 0.01)
- entre a 1ª divisão e a divisão de Honra
- entre a 3ª divisão e a divisão de Honra

$FC_{16}$ . (%FCmáx) - ($F_{(6-82)}$ = 8,1; p = 0.0001)
- entre a 1ª divisão e a divisão de Honra
- entre a 1ª divisão e a 2ª divisão B
- entre a 3ª divisão e a divisão de Honra
- entre a 2ª divisão B e a 3ª divisão

A análise dos resultados permite verificar que o consumo de oxigénio aos 16 km.h$^{-1}$ é quase igual entre todas as divisões. As diferenças assentam na relativização do consumo de oxigénio à velocidade de 16 km.h$^{-1}$ ao $VO_2$max, indicação a partir da qual os jogadores da divisão de honra, se caracterizam por uma corrida menos económica.. No nosso entender, tal situação deve-se ao facto desta equipa ter sido testada no período pré-competitivo. Ora, mais do que qualquer outro indicador, a economia de corrida é um indicador preciso do nível de treino dum sujeito, que no caso vertente é reforçado pelos indicadores concernentes à frequência cardíaca.

Para a comparação dos futebolistas com os vários especialistas das corridas do atletismo, colocava-se a alternativa de expurgar ou não a equipa da 2ª divisão de honra. Como podemos averiguar no quadro nº as diferenças (com e sem expurgo) são dispiciendas, e não afectam significativamente o perfil dos futebolistas, pelo que resolvemos colapsar todas as equipas de futebol num só grupo.

### 5.1.2.1.2. De acordo com a especialização funcional

Quadro 86. Valores médios (± SD) de $E_{c-16}$ de jogadores de futebol em função da especialização funcional

| Amostra | n | $VO_2$-16 ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) | $VO_2$-16 (% $VO_2max$) | $FC_{16}$ ($bat.min^{-1}$) | $FC_{16}$ (% FCmax) |
|---|---|---|---|---|---|
| Médio | 26 | 51.6 ± 4.7 | 90.5 ± 6.9 | 176.8 ± 8.7 | 95.2 ± 2.9 |
| Lateral | 20 | 51.3 ± 3.9 | 87.4 ± 6.7 | 174.0 ± 10.5 | 94.2 ± 2.9 |
| Central | 22 | 51.3 ± 4.0 | 91.6 ± 7.4 | 177.1 ± 9.6 | 95.6 ± 2.6 |
| Avançado | 21 | 51.7 ± 3.4 | 94.9 ± 5.7 | 178.6 ± 7.3 | 97.0 ± 2.4 |

A análise dos resultados permitiu-nos verificar as seguintes diferenças, estatisticamente significativas, entre futebolistas de acordo com a respectiva especialização funcional

$VO_{2-16}$ . (%$VO_2max$) - ($F_{(3-85)} = 4,3$; $p = 0.007$)

- entre Laterais e Avançados

$FC_{16}$ . (%FCmáx) - ($F_{(3-85)} = 4,0$; $p = 0.01$)

- entre Laterais e Avançados

Salienta-se que somente ao valores dos indicadores relativizados aos máximos é que apresentam nestes casos particulares significado estatístico. Quer isto dizer que embora os avançados apresentem valores semelhantes para a frequência cardíaca e consumo de oxigénio à velocidade de 16 $km.h^{-1}$, a margem de evolução até aos valores máximos é mais diminuta nos avançados. Para os avançados correr a 16 $km.h^{-1}$ é quase atingir a velocidade máxima de corrida em tapete rolante. Os laterais do presente estudo são os que denotam superior economia de corrida, o que corrobora outros indicadores.

### 5.1.2.2. Atletismo

Quadro 87. Valores médios (± SD) de $E_{c-16}$ de vários especialistas do Atletismo

| Amostra | n | $VO_2$-16 ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) | $VO_2$-16 (% $VO_2max$) | FC-16 ($bat.min^{-1}$) | FC-16 (% FCmax) |
|---|---|---|---|---|---|
| Velocistas | 10 | 48.6 ± 3.4 | 85.9 ± 8.3 | 181.6 ± 11.4 | 93.9 ± 2.3 |
| Meio-fundistas | 10 | 45.0 ± 8.5 | 67.3 ± 8.0 | 154.3 ± 15.7 | 82.8 ± 6.1 |
| Fundistas | 10 | 50.6 ± 5.8 | 66.0 ± 7.6 | 150.7 ± 7.9 | 82.9 ± 3.6 |

A Anova permitiu-nos concluir da existência das seguintes diferenças com relevância estatística:

$VO_{2-16}$ . (%$VO_2max$) - ($F_{(2-27)} = 19,3$; $p = 0.0001$):

• entre velocistas e meio-fundistas
• entre velocistas e fundistas

$FC_{16}$ - ($F_{(2-27)} = 19,5$; $p = 0.0001$):
• entre velocistas e meio-fundistas
• entre velocistas e fundistas

$FC_{16}$ . (%FCmáx) - ($F_{(2-27)} = 22,1$; $p = 0.0001$):
• entre velocistas e meio-fundistas
• entre velocistas e fundistas

A análise dos resultados em relação do consumo de oxigénio à velocidade de 16km.h$^{-1}$ permite-nos salientar que o indicador mais importante se consubstancia na relativização desse consumo ao $VO_2max$, já que análise do $VO_2$ *per se* não tem força heurística suficiente para caracterizar as várias amostras.

A análise da frequência cardíaca neste patamar de esforço permite verificar a bradicardia funcional dos meio-fundistas e fundistas.

### 5.1.2.3. Resultados comparativos entre futebolistas e velocistas, meio-fundistas e fundistas do atletismo

Quadro 88. Análise comparativa entre futebolistas e velocistas, meio-fundistas e fundistas a nível da economia de corrida ($E_c$-16)

| Amostra | n | $VO_2$-16 (ml.kg$^{-1}$.min$^{-1}$) | $VO_2$-16 (% $VO_2$max) | FC-16 (bat.min$^{-1}$) | FC-16 (% FCmax) |
|---|---|---|---|---|---|
| Futebol * | 71 | 51.4 ± 4.3 | 89.9 ± 7.3 | 175.1 ± 8.8 | 95.1 ± 2.9 |
| Futebol ** | 89 | 51.5 ± 4.0 | 91.1 ± 7.1 | 176.7 ± 9.1 | 95.5 ± 2.8 |
| Velocistas | 10 | 48.6 ± 3.4 | 85.9 ± 8.3 | 181.6 ± 11.4 | 93.9 ± 2.3 |
| Meio-fundistas | 10 | 45.0 ± 8.5 | 67.3 ± 8.0 | 154.3 ± 15.7 | 82.8 ± 6.1 |
| Fundistas | 10 | 50.6 ± 5.8 | 66.0 ± 7.6 | 150.7 ± 7.9 | 82.9 ± 3.6 |

* Com expurgo da equipa da 2ª divisão de honra
** Sem expurgo

No tratamento estatístico efectuado adoptamos os valores dos futebolistas sem o expurgo da equipa de 2ª divisão de honra.

A Anova permitiu-nos verificar as seguintes diferenças:

$VO_{2-16}$ - ($F_{(3-115)} = 6,6$; $p = 0.0004$)
• entre futebolistas e meio-fundistas

$VO_{2-16}$ . (%$VO_2$max) - ($F_{(3-115)} = 61,0$; $p = 0.0001$):
• entre futebolistas e meio-fundistas
• entre futebolistas e fundistas

$FC_{16}$ - ($F_{(3-115)} = 35,6$; $p = 0.0001$):
• entre futebolistas e meio-fundistas

• entre futebolistas e fundistas

$FC_{16}$ . (%FCmáx) - ($F_{(3-115)} = 85,6$; $p = 0.0001$):

• entre futebolistas e meio-fundistas

• entre futebolistas e fundistas

Todos os indicadores conotados com a $Ec_{16}$ indiciam uma certa similitude entre futebolistas e velocistas.

Na relação futebolistas-meio-fundistas e futebolistas-fundistas, obviamente as diferenças são nítidas, já que o perfil funcional dos futebolistas é completamente distinto dos atletas especializados em esforços longos e contínuos.

Gostaríamos de salientar o facto de que o consumo máximo de oxigénio (relativo) ser idêntico entre futebolistas e fundistas. Isto não tem qualquer significado especial, pois enquanto os futebolistas estão perto do seu pico máximo de consumo, os fundistas ainda apresentam uma grande margem de evolução até ao $VO_2max$.

### 5.1.3. Análise da economia de corrida aos 20 km.h$^{-1}$ ($E_{c-20}$)

A detecção deste indicador não foi conseguida na totalidade dos elementos das amostras. No grupo do Atletismo somente 1 elemento não conseguiu atingir o patamar dos 20 km.h$^{-1}$, enquanto que no futebol numa amostra total de 89 elementos somente 36 conseguiram tal desiderato.

#### 5.1.3.1. Estudo da variabilidade inter-equipas de Futebol

##### 5.1.3.1.1. Em função do nível competitivo das equipas

Quadro 89. $E_{c-20}$ de várias equipas de futebol em função do nível competitivo

| Amostra | n | $VO_{2-20}$ (ml.kg$^{-1}$.min$^{-1}$) | $VO_{2-20}$ (% $VO_2max$) | $FC_{20}$ (bat.min$^{-1}$) | $FC_{20}$ (% FCmax) |
|---|---|---|---|---|---|
| Famalicão (1ª Div.) | 3 | 59.7 ± 3.0 | 98.2 ± 3.1 | 177.7 ± 16.6 | 99.4 ± 1.0 |
| Gil Vicente (1ª Div.) | 4 | 60.7 ± 3.7 | 99.2 ± 1.7 | 186.8 ± 8.7 | 99.6 ± 0.8 |
| Boavista (1ª Div.) | 4 | 62.5 ± 6.0 | 100 | 189.0 ± 2.6 | 100 |
| Guimarães (1ª Div.) | 7 | 60.9 ± 6.9 | 100 | 186.9 ± 4.3 | 100 |
| **1ª Divisão-Total** | 18 | 61.0 ± 5.2 | 99.5 ± 1.5 | 185.8 ± 8.3 | 99.8 ± 0.5 |
| Leça ( Honra) | 7 | 54.3 ± 2.7 | 100 | 188.6 ± 9.0 | 100 |
| Maia (2ª Div.) | 2 | 60.2 ± 7.3 | 100 | 180.5 ± 6.4 | 100 |
| Castelo (3ª Div.) | 9 | 59.4 ± 3.7 | 97.9 ± 2.6 | 186.4 ± 9.7 | 98.7 ± 1.5 |

O tratamento estatístico (Anova) foi levado a cabo em dois momentos sucessivos. O primeiro para verificar a variância entre as equipas de 1ª divisão. A análise dos resultados não evidenciou qualquer diferença com significado estatístico pelo que podemos colapsar as equipas da 1ª divisão num só grupo. O segundo momento de análise, que prescrutou a variabilidade inter-divisões, permitiu verificar diferenças com significado estatístico nos seguintes indicadores:

$VO_{2\text{-}20}$ - ($F_{(3\text{-}32)} = 3{,}6$; $p = 0.02$):

- entre a 1ª divisão e a divisão de Honra
- entre a 3ª divisão e a divisão de Honra

$FC_{20}$ . (%FCmáx) - ($F_{(3\text{-}32)} = 4{,}2$; $p = 0.01$):

- entre a 1ª divisão e a 3ª divisão
- entre a divisão de Honra e a 3ª divisão

A análise dos resultados permitiu-nos constatar que a velocidade de 20 km.h$^{-1}$, é para quase todas as sub-amostras do futebol a velocidade terminal de prova e correspondente ao consumo máximo de oxigénio. De realçar que somente 40% dos futebolistas conseguiram atingir esta velocidade.

Interessantemente os sujeitos da equipa da divisão de honra conseguiram atingir o patamar dos 20 km.h$^{-1}$, com um consumo relativo baixo, o que poderá indiciar uma solicitação energética específica.

Analisemos o quadro que se segue.

Quadro 90. Análise das diferenças entre a $Ec_{16}$ e a $Ec_{20}$ entre os futebolistas que conseguiram atingir a velocidade de 20 km.h$^{-1}$

| **Amostra** | **n** | **$VO_{2\text{-}16}$** ml.kg$^{-1}$.min$^{-1}$ | **$VO_{2\text{-}16}$** % $VO_2$max | **$VO_{2\text{-}20}$** ml.kg$^{-1}$.min$^{-1}$ | **$VO_{2\text{-}20}$** % $VO_2$max |
|---|---|---|---|---|---|
| **1ª Divisão-Total** | 18 | 51.7 ± 4.4 | 85.5 ± 7.3 | 61.0 ± 5.2 | 99.5 ± 1.5 |
| Leça ( Honra) | 7 | 51.3 ± 2.7 | 94.5 ± 3.3 | 54.3 ± 2.7 | 100 |
| Maia (2ª Div.) | 2 | 47.2 ± 1.6 | 79.2 ± 12.2 | 60.2 ± 7.3 | 100 |
| Castelo (3ª Div.) | 9 | 50.1 ± 4.1 | 83.6 ± 3.9 | 59.4 ± 3.7 | 97.9 ± 2.6 |

Como podemos averiguar, os atletas da 1ª divisão, 2ª B e 3ª denotam uma margem de evolução (± 10 ml.kg$^{-1}$.min$^{-1}$) entre a velocidade de 16 km.h$^{-1}$ e 20 km.h$^{-1}$. Essa margem é muito reduzida (3 ml.kg$^{-1}$.min$^{-1}$) na equipa da divisão de honra, o que comprova a forte componente anaeróbia na consecução da velocidade terminal nesta equipa.

### 5.1.3.2.2. De acordo com a especialização funcional

Quadro 91. Valores médios (± SD) de $E_{C-20}$ de jogadores de futebol em função da especialização funcional

| Amostra | n | $VO_{2-20}$ ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) | $VO_{2-20}$ (% $VO_2max$) | FC-20 ($bat.min^{-1}$) | FC-20 (% FCmax) |
|---|---|---|---|---|---|
| Médio | 14 | 60.1 ± 6.7 | 98.9 ± 2.2 | 187.3 ± 7.1 | 99.5 ± 1.0 |
| Lateral | 9 | 59.9 ± 2.8 | 99.6 ± 1.3 | 186.6 ± 11.8 | 99.7 ± 0.9 |
| Central | 7 | 57.3 ± 3.3 | 99.2 ± 2.0 | 181.3 ± 5.1 | 99.8 ± 0.6 |
| Avançado | 6 | 58.6 ± 5.4 | 99.5 ± 1.2 | 188.8 ± 8.9 | 99.5 ± 1.4 |

A Anova não permitiu verificar qualquer diferença com significado estatístico entre futebolistas de acordo com a especificidade funcional. Isto indicia que este patamar de esforço é atingido por sujeitos com idêntica capacidade funcional, expressa quer pelos indicadores de consumo de oxigénio quer pelo comportamento da frequência cardíaca.

### 5.1.3.2. Atletismo

Quadro 92. $E_{C-20}$ de vários especialistas do Atletismo

| Amostra | n | $VO_{2-20}$ ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) | $VO_{2-20}$ (% $VO_2max$) | FC-20 ($bat.min^{-1}$) | FC-20 (% FCmax) |
|---|---|---|---|---|---|
| Velocistas | 9 | 54.8 ± 5.1 | 96.3 ± 5.1 | 191.0 ± 12.7 | 98.4 ± 2.3 |
| Meio-fundistas | 10 | 59.5 ± 4.4 | 87.5 ± 4.1 | 172.5 ± 11.9 | 92.6 ± 3.0 |
| Fundistas | 10 | 65.7 ± 6.5 | 85.6 ± 6.8 | 168.2 ± 6.8 | 92.3 ± 2.8 |

Independentemente da existência de diferenças estatisticamente significativas, entre os futebolistas, e no respeitante à $VO_{2-20}$ e $FC_{20}$ . (%FCmáx), resolvemos colapsar os futebolistas num só grupo, por uma questão de operacionalidade.

A Anova demonstrou a existência de diferenças estatisticamente significativas, em todos os indicadores da $EC_{20}$, a nível dos vários especialistas das corridas do atletismo.

$VO_{2-20}$ - ($F_{(2-26)} = 11,6$: $p = 0.0002$)

- entre velocistas e meio-fundistas
- entre velocistas e fundistas
- entre meio-fundistas e fundistas

$VO_{2-20}$ . (%$VO_2max$) - ($F_{(2-26)} = 10,0$; $p = 0.0006$)

- entre velocistas e meio-fundistas
- entre velocistas e fundistas

$FC_{20}$ - ($F_{(2-26)}$ = 12,0; p = 0.0002):
- entre velocistas e meio-fundistas
- entre velocistas e fundistas

$FC_{20}$ . (%FCmáx) - ($F_{(2-26)}$ = 14,8; p = 0.0001):
- entre velocistas e meio-fundistas
- entre velocistas e fundistas

Evidencia-se com clareza que os velocistas são completamente dissemelhantes dos meio-fundistas e fundistas no concernente à economia de corrida. Estes dados corroboram os resultados da $EC_{16}$.

Considerando somento o gasto energético a uma dada velocidade constatamos que os fundistas não são os mais económicos. No entanto temos de relativizar esses dados ao $VO_2max$ para vislumbrar-mos a margem de evolução de cada grupo até ao esforço máximo.

O comportamento da frequência cardíaca permite-nos averiguar os valores mais baixos dos fundistas, e a enorme variabilidade dos velocistas e meio-fundistas. Embora os valores dos desvios-padrão nos velocistas sejam elevados, mais não representam do que a extrema variabilidade deste indicador que se manifesta com maior acuidade entre os velocistas. Quanto aos meio-fundistas e após análise exploratória dos resultados verificamos que a variabilidade deste indicador é da responsabilidade dos especialistas do meio-fundo curto (800 e 1.500 m) cuja resposta cardíaca é similar à dos velocistas.

### 5.1.3.3. Resultados comparativos entre futebolistas e velocistas, meio-fundistas e fundistas do atletismo

Quadro 93. Análise comparativa entre futebolistas e velocistas, meio-fundistas e fundistas a nível da economia de corrida ($E_C$-20)

| Amostra | n | $VO_2$-20 ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) | $VO_2$-20 (% $VO_2max$) | FC-20 ($bat.min^{-1}$) | FC-20 (% FCmax) |
|---|---|---|---|---|---|
| Futebol | 36 | 59.3 ± 5.1 | 99.2 ± 1.8 | 186.2 ± 8.5 | 99.6 ± 1.0 |
| Velocistas | 9 | 54.8 ± 5.1 | 96.3 ± 5.1 | 191.0 ± 12.7 | 98.4 ± 2.3 |
| Meio-fundistas | 10 | 59.5 ± 4.4 | 87.5 ± 4.1 | 172.5 ± 11.9 | 92.6 ± 3.0 |
| Fundistas | 10 | 65.7 ± 6.5 | 85.6 ± 6.8 | 168.2 ± 6.8 | 92.3 ± 2.8 |

A Anova permitiu verificar as seguintes diferenças com significado estatístico:

$VO_2$-20 - ($F_{(3-61)}$ = 7,8; p = 0.0002):
- entre futebolistas e fundistas

$VO_2$-20 . (%$VO_2max$) - ($F_{(3-61)}$ = 47,8; p = 0.0001)
- entre futebolistas e meio-fundistas
- entre futebolistas e fundistas

$FC_{20}$ - ($F_{(3-61)}$ = 15,3; p = 0.0001):

- entre futebolistas e meio-fundistas
- entre futebolistas e fundistas

$FC_{20}$ . (%FCmáx) - ($F_{(3-61)}$ = 60,7; p = 0.0001):

- entre futebolistas e meio-fundistas
- entre futebolistas e fundistas

A análise dos resultados permite verificar que o consumo à velocidade de 20 $km.h^{-1}$, é maior do que o $VO_2max$ nos futebolistas. Isto acontece porque somente os mais aptos dos futebolistas conseguiram atingir este patamar de esforço. Este indicador, quer para os futebolistas quer para os velocistas corresponde aos valores máximos.

A figura 4 permite-nos ver o perfil das relações, nas várias amostras, entre a $EC_{16}$ e $EC_{20}$ e o $VO_2max$.

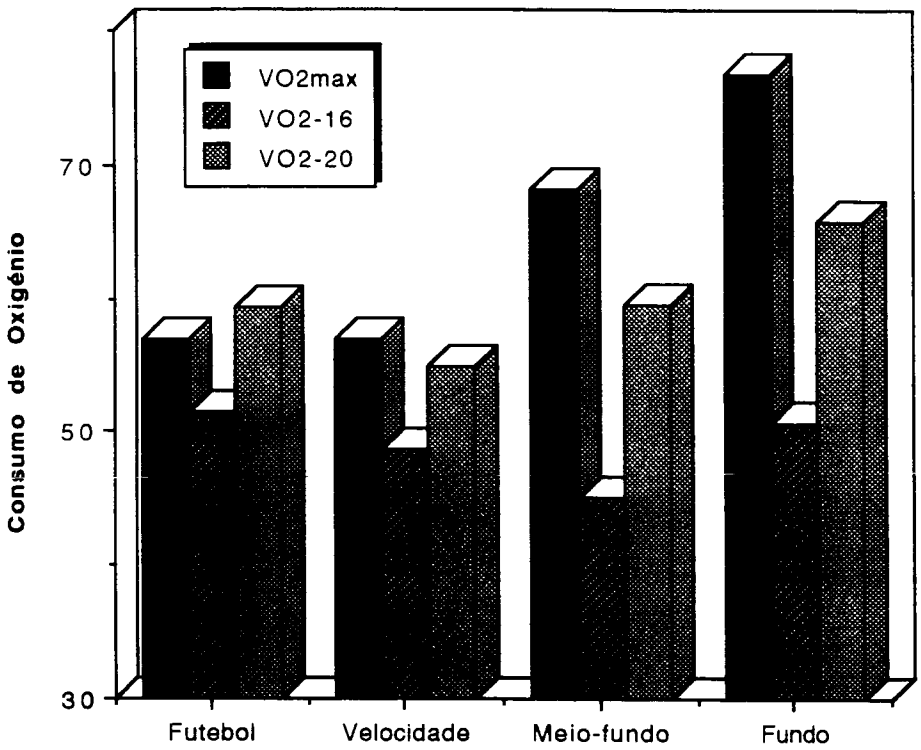



Figura 4. Comparação do VO2max, VO2-16 e VO2-20 entre futebolistas, velocistas, meio.fundistas e fundistas

### 5.1.4. Limiar anaeróbio ventilatório

Dificuldades de índole operativa não permitiram a detecção do limiar anaeróbio ventilatório em vários atletas o que provocou a redução do número de sujeitos em cada equipa. Na equipa da Guimarães não foi de todo possível detectar este indicador.

### 5.1.4.1. Estudo da variabilidade inter-equipas de Futebol

#### 5.1.4.1.1. Em função do nível competitivo das equipas

Quadro 94. $L_{AN}$ em equipas de futebol de diferente nível

| Amostra | n | $vL_{AN}$ (km.h$^{-1}$) | Limiar Anaeróbio | |
|---|---|---|---|---|
| | | | $VO_2$ * | % $VO_2$max |
| Famalicão | 8 | 14.5 ± 1.8 | 50.2 ± 4.3 | 83.6 ± 2.5 |
| Gil Vicente | 11 | 14.2 ± 1.4 | 44.1 ± 4.7 | 78.8 ± 5.5 |
| Boavista | 7 | 14.0 ± 1.2 | 45.3 ± 5.4 | 79.0 ± 8.7 |
| **1ª Divisão (Total)** | 26 | 14.2 ± 1.4 | 46.3 ± 5.3 | 80.3 ± 6.1 |
| 2ª Divisão de Honra | 18 | 13.6 ± 1.3 | 43.6 ± 3.9 | 81.1 ± 5.6 |
| 2ª Divisão B | 7 | 13.1 ± 1.8 | 44.8 ± 3.2 | 78.9 ± 4.7 |
| 3ª Divisão | 12 | 14.8 ± 1.0 | 49.7 ± 4.2 | 85.3 ± 4.9 |

* valores expressos em ml.kg$^{-1}$.min$^{-1}$

A análise do $L_{AN}$ foi efectuada, primeiro para os indicadores ventilatórios e depois para a velocidade correspondente ao $L_{AN}$.

**Indicadores ventilatórios**

Na análise exploratória das distribuições do consumo de oxigénio no limiar anaeróbio ($VO_2L_{AN}$) e da percentagem do $VO_2$max correspondente ao limiar anaeróbio ($L_{AN}$%$VO_2$max), nas várias equipas de futebol, foi detectado um "outlier" na equipa do Maia (2ª Divisão B) que por manifestamente afectar, neste indicador, a normalidade da distribuição foi expurgado.

A Anova foi efectuada em dois momentos. O primeiro visando as equipas da 1ª divisão, onde se comprovou a existência de diferenças de médias com significado estatístico ($F_{(2-23)} = 3.964$, $p = 0.0332$) somente entre as equipas do Famalicão e Gil Vicente. No segundo momento e apesar da diferença entre as duas equipas anteriores, foram consideradas as equipas da 1ª divisão um só grupo e foi testada a diferença com as outras equipas. Verificou-se existirem diferenças com significado estatístico ($F_{(3-60)} = 4.502$, $p = 0.007$) entre as equipas da 3ª divisão e 2ª divisão de honra.

Apesar de ter sido verificada diferença estatística entre algumas equipas de futebol foi decidido, com base no eventual poder descritivo, colapsar todas as equipas num só grupo e estudar o limiar anaeróbio por posição específica no jogo.

Na análise deste indicador salientam-se duas equipas, Famalicão e Castelo da Maia, cujo $L_{AN}$ indicia um treino mais acentuado para a potenciação dos mecanismos aeróbios.

### Velocidade ao limiar anaeróbio ($vL_{AN}$)

A análise dos resultados não permitiu verificar diferenças com significado estatístico, quer entre as equipas da 1ª divisão, quer entre as várias divisões. pelo que, este indicador reforça a homogeneidade dos futebolistas.

## 5.1.4.1.2. De acordo com a especialização funcional

Quadro 95. Valores médios de $L_{AN}$ em futebolistas em função da especialização funcional

| Amostra | n | $vL_{AN}$ (km.h$^{-1}$) | Limiar Anaeróbio | |
|---|---|---|---|---|
| | | | $VO_2$ * | % $VO_2$max |
| Médios | 19 | 14.5 ± 1.7 | 46.7 ± 4.9 | 81.7 ± 5.6 |
| Laterais | 14 | 14.4 ± 1.2 | 47.7 ± 3.8 | 80.8 ± 6.5 |
| Centrais | 17 | 14.0 ± 1.0 | 45.4 ± 5.3 | 80.2 ± 5.2 |
| Avançados | 15 | 12.9 ± 1.3 | 44.2 ± 5.0 | 82.5 ± 6.5 |

* valores expressos em ml.kg$^{-1}$.min$^{-1}$

A análise do $L_{AN}$ foi efectuada, primeiro para os indicadores ventilatórios e depois para a velocidade correspondente ao $L_{AN}$.

### Indicadores ventilatórios

A análise dos resultados permitiu verificar a ausência de diferenças estatisticamente significativas ($p > 0.05$) entre os jogadores de futebol de acordo com a respectiva especialização funcional, em relação ao $VO_2L_{AN}$ e $L_{AN}$%$VO_2$max.

Poder-se-ia pensar que os avançados são os atletas de superior perfil aeróbio. A relativização destes valores deve ser feita à velocidade atingida ao $L_{AN}$, que consubstancia a itensidade a partir do qual se acentuam os mecanismos anaeróbios de produção de energia.

Na discussão dos resultados analisaremos estes dados com mais pormenor.

### Velocidade ao limiar anaeróbio ($vL_{AN}$)

A Anova permitiu detectar diferenças estatisticamente significativas ($F_{(3-61)} = 4.6$, $p = 0.006$) entre avançados e médios, e entre avançados e laterais.

Este indicador reforça e clarifica a informação dada pelos indicadores ventilatórios.

## 5.1.4.2. Atletismo

Quadro 96. Valores médios (± SD) de $L_{AN}$ em vários especialistas do atletismo

| Amostra | n | $vL_{AN}$ (km.h$^{-1}$) | Limiar Anaeróbio | |
|---|---|---|---|---|
| | | | $VO_2$ * | % $VO_2$max |
| Velocistas | 9 | 15.8 ± 1.9 | 47.0 ± 7.3 | 81.9 ± 7.0 |
| Meio-fundistas | 7 | 20.0 ± 1.6 | 60.2 ± 3.6 | 86.6 ± 7.6 |
| Fundistas | 10 | 21.6 ± 2.1 | 69.0 ± 5.5 | 89.9 ± 6.0 |

* valores expressos em ml.kg$^{-1}$.min$^{-1}$

A análise do $L_{AN}$ foi efectuada, primeiro para os indicadores ventilatórios e depois para a velocidade correspondente ao $L_{AN}$.

### Indicadores ventilatórios

A Anova permitiu verificar, entre os vários grupos, diferenças com significado estatístico ($F_{(2-23)} = 34.19$, $p = 0.0001$) no $VO_2L_{AN}$ entre os velocistas e meio-fundistas, entre os velocistas e fundistas quer mesmo entre meio-fundistas e fundistas.

Quanto ao $L_{AN}$%$VO_2$max, a análise não permitiu verificar diferenças com relevância estatística ($p > 0.05$). No entanto a análise do quadro permite vislumbar um melhor perfil aeróbio dos especialistas nos esforços longos, mesmo quando os valores são relativizados ao $VO_2$max. Como asseveramos em relação ao ponto anterior, a força discriminativa deste indicador entre os vários especialistas das corridas do atletismo só tem razão de ser quando equacionamos a velocidade desenvolvida ao $L_{AN}$.

### Velocidade ao limiar anaeróbio ($vL_{AN}$)

A Anova demonstrou a existência de diferenças com significado estatístico ($F_{(2-23)} = 23.5$, $p = 0.0001$) entre velocistas e meio-fundistas, e entre velocistas e fundistas.

### 5.1.4.3. Resultados comparativos entre futebolistas e velocistas, meio-fundista e fundistas do atletismo

Quadro 97. Comparação entre o $L_{AN}$ de futebolistas e de vários especialistas do atletismo

| Amostra | n | $vL_{AN}$ (km.h$^{-1}$) | Limiar Anaeróbio | |
|---|---|---|---|---|
| | | | $VO_2$ * | % $VO_2$max |
| Futebolistas | 64 | 14.0 ± 1.5 | 46.0 ± 4.9 | 81.3 ± 5.8 |
| Velocistas | 9 | 15.8 ± 1.9 | 47.0 ± 7.3 | 81.9 ± 7.0 |
| Meio-fundistas | 7 | 20.0 ± 1.6 | 60.2 ± 3.6 | 86.6 ± 7.6 |
| Fundistas | 10 | 21.6 ± 2.1 | 69.0 ± 5.5 | 89.9 ± 6.0 |

* valores expressos em ml.kg$^{-1}$.min$^{-1}$

A análise do $L_{AN}$ foi efectuada, primeiro para os indicadores ventilatórios e depois para a velocidade correspondente ao $L_{AN}$.

#### Indicadores ventilatórios

De acordo com o procedimento anterior, e para fins meramente comparativos, as várias equipas de futebol foram consideradas como um só grupo.

A Anova detectou diferenças com significado estatístico ($F_{(3-86)}$ = 68.556, p = 0.0001) entre futebolistas e meio-fundistas e futebolistas e fundistas, no respeitante ao $L_{AN}$, considerado ao nível do consumo de oxigénio. Existe uma grande similitude entre futebolistas e velocistas no concernente a este indicador.

Quanto ao $L_{AN}$, considerado em relação à percentagem do consumo máximo de oxigénio, as diferenças são significativas ($F_{(3-86)}$ = 6.743, p = 0.0004) mas unicamente entre futebolistas e fundistas.

Este último indicador terá mais força discriminativa entre atletas de uma mesma modalidade, já que assim é mais fácil relativizar os valores de $L_{AN}$ ao consumo máximo de oxigénio. Em modalidades desportivas com $VO_2$max muito diferentes é difícil realizar a classificação dos sujeitos a partir deste indicador. O primeiro ($L_{AN}$-$VO_2$) é muito mais eficaz na discriminação entre modalidades diferentes.

#### Velocidade ao limiar anaeróbio ($vL_{AN}$)

A Anova demonstrou a existência de diferenças com significado estatístico ($F_{(3-86)}$ = 87.9, p = 0.0001) entre o grupo de futebolistas e os três grupos do atletismo (velocistas, meio-fundistas e fundistas). A

similitude entre futebolistas e velocistas quanto aos indicadores ventilatórios do $L_{AN}$ é quebrada pelo indicador de velocidade.

### 5.1.5. Análise da cinética do lactato

### 5.1.5.1.Estudo da variabilidade inter-equipas de Futebol

#### 5.1.5.1.1. Em função do nível competitivo das equipas

Quadro 98. Valores médios ± (sd) do nível de concentração de lactato no sangue após prova de esforço máxima em equipas de futebol de diferente nível competitivo

| Amostra | n | Lactatémia (mmol.l$^{-1}$) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 3' | 5' | 10' |
| Famalicão (1ª Divisão) | 10 | 8.3 ± 1.3 | 8.4 ± 1.3 | 7.1 ± 1.2 |
| Gil Vicente (1ª Divisão) | 11 | 7.3 ± 1.4 | 7.8 ± 1.5 | 6.8 ± 1.4 |
| Boavista (1ª Divisão) | 11 | 8.5 ± 2.2 | 9.1 ± 2.1 | 8.6 ± 2.3 |
| Guimarães (1ª Divisão) | 12 | 8.7 ± 1.3 | 9.0 ± 1.2 | 8.3 ± 1.3 |
| **Total 1ª Divisão** | 44 | 8.2 ± 1.6 | 8.6 ± 1.6 | 7.7 ± 1.7 |
| Leça (Divisão de Honra) | 18 | 8.1 ± 0.2 | 8.8 ± 2.4 | 8.7 ± 2.0 |
| Maia (2ª Divisão) | 12 | 8.1 ± 1.7 | 8.1 ± 1.8 | 7.2 ± 1.7 |
| Castelo (3ª Divisão) | 15 | 8.2 ± 1.7 | 8.4 ± 1.7 | 7.7 ± 1.8 |

A análise dos resultados das medidas repetidas constou de dois momentos. O primeiro para verificar a presença de variabilidade significativa entre as equipas de 1ª divisão. O segundo para estudar o comportamento das médias entre divisões, considerando as equipas da 1ª divisão como um todo.

A análise das equipas da 1ª divisão, evidenciou o seguinte quadro: a presença de um efeito significativo para as medidas repetidas de lactato ($F_{(2\text{-}80)} = 32.663$, $p = 0.001$), bem como um efeito interactivo com as equipas ($F_{(6\text{-}80)} = 3.688$, $p = 0.003$)

A análise das equipas agrupadas nas respectivas divisões permitiu detectar um quadro idêntico ao anterior. Pela análise conjugada das várias divisões com as medidas repetidas verificamos a existência de um efeito interactivo significativo ($F_{(6,170)} = 3.332$, $p = 0.004$, bem como nas medidas repetidas de concentração de lactato ($F_{(2,170)} = 72.81$, $p = 0.0001$.

Apesar do efeito significativo para a interacção, foi decidido colapsar as equipas de futebol num só grupo. Esta "manobra" permitirá comparar o futebol com os grupos distintos das especialidades do atletismo. Se assim não fosse seria extremamente complicado considerar o factor equipas de futebol das 4 divisões. Para além deste facto, há que realçar o "baixo" valor da estatística F na interacção e que apresenta significado estatístico porque o número de graus de liberdade é grande.

### 5.1.5.1.2. De acordo com a especialização funcional

Quadro 99. Valores médios ± (sd) do nível de concentração de lactato sanguíneo em futebolistas, após prova de esforço máxima e em função da especialização funcional

| Amostra | n | Lactatémia ($mmol.l^{-1}$) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 3' | 5' | 10' |
| Médio | 26 | 8.1 ± 2.1 | 8.6 ± 2.0 | 7.7 ± 2.1 |
| Lateral | 20 | 8.6 ± 1.7 | 8.8 ± 1.6 | 7.8 ± 1.7 |
| Central | 22 | 8.1 ± 1.2 | 8.4 ± 1.4 | 7.7 ± 1.5 |
| Avançado | 21 | 8.0 ± 1.5 | 8.1 ± 1.5 | 7.2 ± 1.5 |

A análise efectuada foi direccionada simultaneamente para as medidas repetidas e para a especialização funcional dos futebolistas da amostra. A Anova para as medidas repetidas da concentração de lactato apresentou significância estatística ($F_{(2,170)} = 69.276$, $p = 0.0001$). O mesmo não ocorreu para a interacção posições *versus* medidas repetidas ($p > 0.05$).

### 5.1.5.2. Atletismo

Quadro 100. Valores médios ± (sd) do nível de concentração de lactato sanguíneo em vários especialistas de corridas do atletismo, após prova de esforço máxima

| Amostra | n | Lactatémia | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 3' | 5' | 10' |
| Velocistas | 10 | 8.9 ± 1.5 | 9.5 ± 1.5 | 8.3 ± 1.5 |
| Meio-fundistas | 10 | 7.8 ± 2.7 | 7.6 ± 2.9 | 6.8 ± 2.8 |
| Fundistas | 10 | 7.0 ± 1.5 | 7.6 ± 2.1 | 6.6 ± 2.3 |

A análise da interacção entre as medidas repetidas e os vários grupos do atletismo não evidenciou diferenças com significado estatístico ($F_{(4,54)}$ = 0.839, p = 0.506). No entanto, a análise dos resultados repetidos no tempo permitiu expressar diferenças estatisticamente significativas ($F_{(2,54)}$ = 17.277, p = 0.0001).

Salientam-se os valores médios dos meio-fundistas aos 5 minutos, que contrariam o perfil normal da cinética do lactato nas restantes amostras. Pensamos que a conjugação de dois factores, percentagem de treino aeróbio contínuo e capacidade glicolítica potenciada (que não se manifesta plenamente num teste de protocolo contínuo e progressivo) justifica este comportamento da lactatémia.

### 5.1.5.3. Resultados comparativos entre futebolistas e velocistas, meio-fundistas e fundistas do atletismo

Quadro 101. Valores médios ± (sd) de concentração de lactato sanguíneo em futebolistas e vários especialistas do Atletismo após prova máxima de esforço

| Amostra | n | Lactatémia | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 3' | 5' | 10' |
| Futebolistas | 89 | 8.3 ± 1.8 | 8.5 ± 1.7 | 7.6 ± 1.8 |
| Velocistas | 10 | 8.9 ± 1.5 | 9.5 ± 1.5 | 8.3 ± 1.5 |
| Meio-fundistas | 10 | 7.8 ± 2.7 | 7.6 ± 2.9 | 6.8 ± 2.8 |
| Fundistas | 10 | 7.0 ± 1.5 | 7.6 ± 2.1 | 6.6 ± 2.3 |

A análise foi efectuada em simultâneo para as medidas repetidas e para as diferenças entre os vários grupos. Os resultados da Anova não evidenciaram qualquer significado estatístico para a interacção Grupos vs. Medidas Repetidas $F_{(6,230)}$ = 1.09, p = 0.368. No entanto, os resultados são estatisticamente significativos para as medidas repetidas de concentração sanguínea de lactato ($F_{(2,230)}$ = 82.458, p = 0.0001).

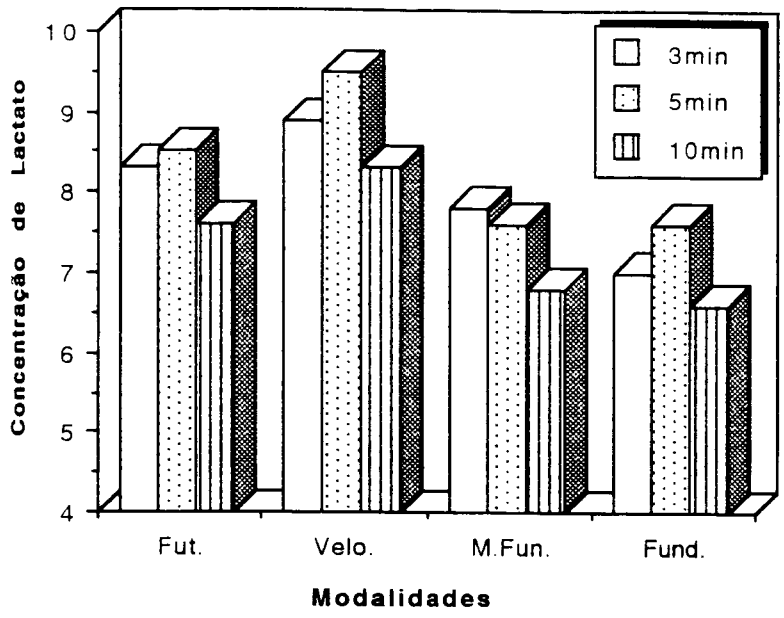



Figura 5. Perfil do comportamento dos valores médios das concentrações de lactato sanguíneo em futebolistas, velocistas, médio-fundistas e fundistas aos 3, 5 e 10 minutos.

Como podemos verificar pela figura 5 existe um perfil idêntico da cinética do lactato entre as várias amostras, exceptuando o caso dos meio-fundistas, que contrariamente aos outros grupos atingiram o pico de lactatémia antes dos 5 minutos.

Salientam-se os valores médios mais altos dos velocistas e os mais baixos dos fundistas o que indicia uma certa especificidade de resposta ao esforço máximo em protocolo progressivo e contínuo.

## 5.2. Avaliação dos Indicadores Somáticos

### 5.2.1. Estudo do Somatótipo

#### 5.2.1.1. Estudo da variabilidade inter-equipas de Futebol

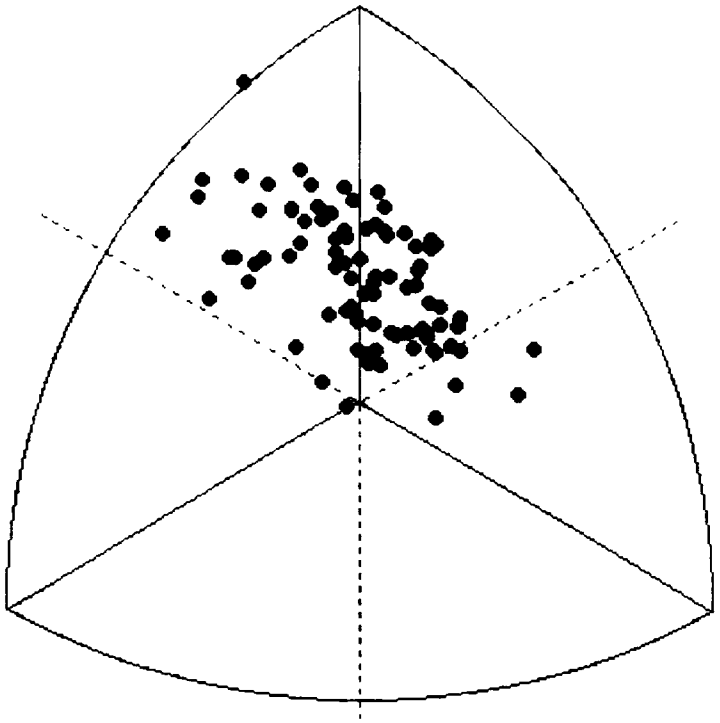
##### 5.2.1.1.1. Em função do nível competitivo das equipas

Quadro 102. Valores médios ± (sd) das componentes do somatótipo das várias equipas de futebol em função do nível competitivo

| Amostra | Somatótipo | | |
|---|---|---|---|
| | Endo | Meso | Ecto |
| Famalicão (1ª Divisão) | 2.2 ± 0.8 | 4.6 ± 0.5 | 2.3 ± 0.6 |
| Gil Vicente (1ª Divisão) | 2.5 ± 0.6 | 4.2 ± 0.8 | 2.2 ± 0.7 |
| Boavista (1ª Divisão) | 2.0 ± 0.5 | 4.2 ± 0.7 | 2.4 ± 0.8 |
| Guimarães (1ª Divisão) | 2.3 ± 0.4 | 3.8 ± 0.6 | 2.4 ± 0.5 |
| **1ª Divisão-Total** | 2.2 ± 0.6 | 4.2 ± 0.7 | 2.3 ± 0.6 |
| Leça ( Divisão de Honra) | 2.5 ± 0.7 | 4.5 ± 0.8 | 2.0 ± 0.9 |
| Maia (2ª Divisão) | 2.0 ± 0.3 | 4.6 ± 0.7 | 2.2 ± 0.5 |
| Castelo (3ª Divisão) | 2.3 ± 0.6 | 4.3 ± 1.0 | 2.4 ± 0.8 |

A análise dos resultados foi efectuada em duas etapas. Na primeira realizou-se uma pesquisa à variação interna no seio das equipas da 1ª divisão a partir da Função Discriminante. Os resultados evidenciaram um $\Lambda$ de Wilks de 0.687 com um $\chi^2_{(9)} = 14.78$, p= 0.10. Este resultado implicou o colapso das 4 equipas num só grupo. O mesmo ocorreu entre a 1ª divisão e as divisões restantes ($\Lambda$ de Wilks de 0.890; $\chi^2_{(9)}= 14.78$, p= 0.10).

Podemos constatar a assunção da mesomorfia como componente dominante em todas as equipas de futebol, independentemente da divisão considerada. Os valores de mesomorfia da equipa de Guimarães caracterizam-na como a de pior perfil de robustez e muscularidade.De salientar a homogeneidade das várias equipas em relação à componente ectomorfa. A variação dos valores de endomorfia permite considerar as várias equipas homogéneas.



Somatocarta 1. Amostra global de futebolistas

A análise da somatocarta permite evidenciar uma grande dispersão correspondente à elevada variabilidade dentro deste grupo, e que aprofundaremos na discussão dos resultados.

### 5.2.1.1.2. De acordo com a especialização funcional

Quadro 103. Valores médios ± (sd) das componentes do somatótipo de futebolistas de acordo com a especialização funcional

| Amostra | Somatótipo | | |
|---|---|---|---|
| | Endo | Meso | Ecto |
| Médios | 2.1 ± 0.6 | 4.3 ± 0.7 | 2.3 ± 0.8 |
| Laterais | 2.3 ± 0.6 | 4.6 ± 0.8 | 2.0 ± 0.6 |
| Centrais | 2.3 ± 0.5 | 4.2 ± 0.8 | 2.4 ± 0.8 |
| Avançados | 2.4 ± 0.7 | 4.3 ± 0.8 | 2.2 ± 0.7 |

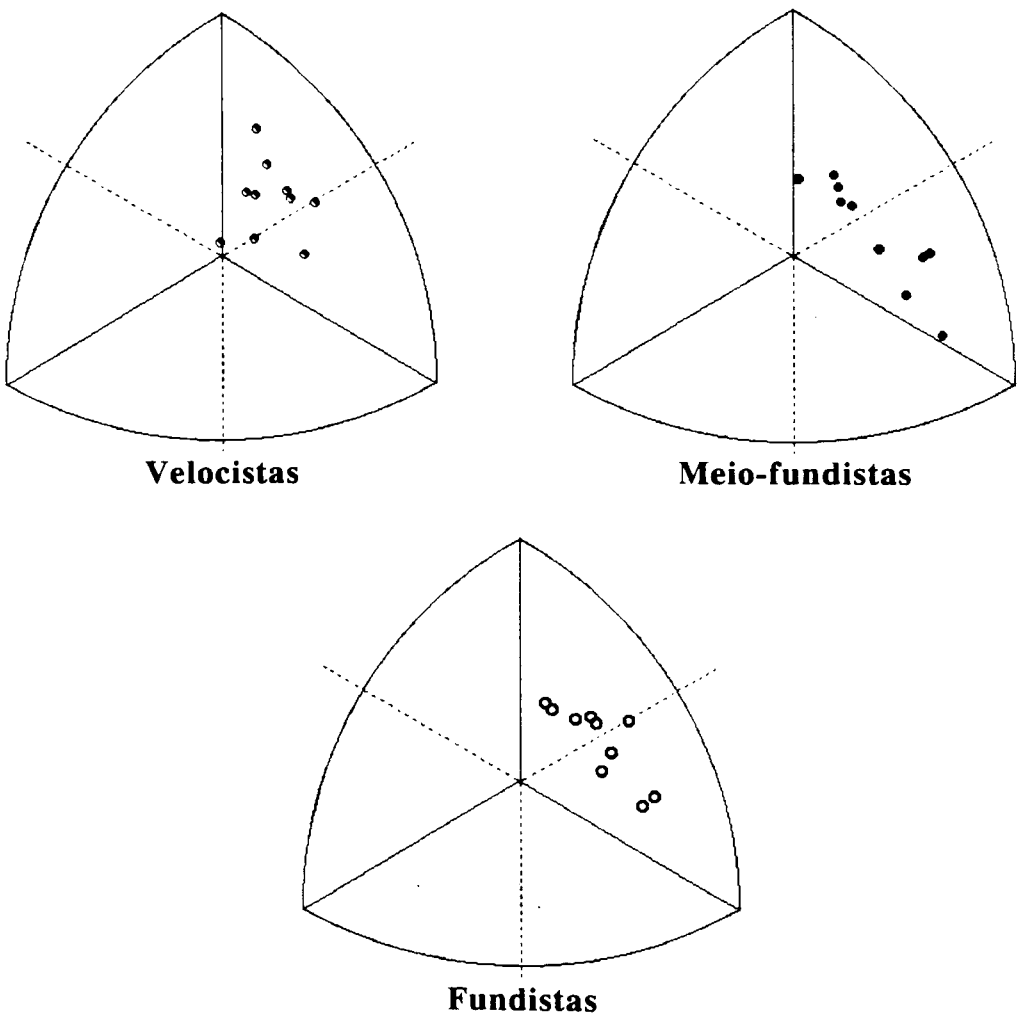
O teste multivariado às componentes do somatótipo entre os jogadores, em função da especialização funcional evidenciou um $\Lambda$ de Wilks = 0.874 com um $\chi^2_{(9)}$ = 11.433, p= 0.247. Assim a análise discriminante, entre funções específicas, não permitiu verificar diferenças com significância estatística, pelo que o somatótipo não se apresenta como diferenciador dos vários grupos.

## 5.2.1.2. Atletismo

Quadro 104. Valores médios ± (sd) das componentes do somatótipo dos vários especialistas do Atletismo

| Amostra | Somatótipo | | |
|---|---|---|---|
| | Endo | Meso | Ecto |
| Velocistas | 1.7 ± 0.4 | 3.9 ± 0.8 | 3.0 ± 0.5 |
| Meio-fundistas | 1.5 ± 0.3 | 3.1 ± 1.1 | 3.5 ± 1.0 |
| Fundistas | 1.4 ± 0.2 | 3.5 ± 0.6 | 3.4 ± 0.8 |

O teste multivariado às componentes do somatótipo entre os vários especialistas das corridas de atletismo evidenciou um $\Lambda$ de Wilks = 0.703 com um $\chi^2_{(6)}$ = 19.157, p= 0.164. Assim a análise discriminante, entre velocistas, meio-fundistas e fundistas, não permitiu realçar a eventual presença de protótipos somáticos específicos de cada especialidade.




Somatocartas 2 (Velocistas), 3 (Meio-fundistas) e 4 (Fundistas)

A localização das várias amostras do atletismo na somatocarta não permite evidenciar a presença de protótipos somáticos distintos, dada a variabilidade somática no seio de cada grupo.

### 5.2.1.3. Resultados comparativos entre futebolistas e velocistas, meio-fundistas e fundistas do atletismo

Quadro 105. Valores médios ± (sd) das componentes do somatótipo entre futebolistas e váriosespecialistas do atletismo

| Amostra | Somatótipo | | |
|---|---|---|---|
| | Endo | Meso | Ecto |
| Futebol (n = 89) | 2.3 ± 0.6 | 4.3 ± 0.8 | 2.2 ± 0.7 |
| Velocistas (n = 10) | 1.7 ± 0.4 | 3.9 ± 0.8 | 3.0 ± 0.5 |
| Meiofundistas (n = 10) | 1.5 ± 0.3 | 3.1 ± 1.1 | 3.5 ± 1.0 |
| Fundistas (n = 10) | 1.4 ± 0.2 | 3.5 ± 0.6 | 3.4 ± 0.8 |

O teste multivariado às componentes do somatótipo entre o grupo dos futebolistas e os diferentes especialistas das corridas do atletismo evidenciou um $\Lambda$ de Wilks = 0.624 com um $\chi^2_{(9)} = 6.531$, p=0.000. Das funções discriminantes consideradas só a primeira é significativa e explica 94.303% da variância, apesar do valor da correlação canónica (Rc) ser igual a 0.595. Os valores dos coeficientes canónicos estruturais apresentam a seguinte hierarquia das componentes do somatótipo relativamente aos 4 grupos: Ectomorfia (0.874), Endomorfia (-0.830) e a Mesomorfia (-0.673).

## 5.2.2. Composição Corporal

Para o tratamento das componentes da composição corporal só consideramos a percentagem de gordura corporal e a quantidade (kg) de massa magra.

## 5.2.2.1. Estudo da variabilidade inter-equipas de Futebol

### 5.2.2.1.1. Em função do nível competitivo das equipas

Quadro 106. Valores médios ± (sd) da composição corporal de várias equipas de futebol de nível diferente

| Amostra | Gordura | | M. Magra |
|---|---|---|---|
| | % | (kg) | |
| Famalicão (1ª) | 10.9 ± 3.0 | 8.1 ± 2.5 | 66.2 ± 3.4 |
| Gil Vicente (1ª) | 12.5 ± 2.5 | 9.7 ± 2.2 | 67.7 ± 5.3 |
| Boavista (1ª) | 10.2 ± 2.4 | 7.3 ± 1.9 | 63.2 ± 4.4 |
| Guimarães (1ª) | 11.7 ± 2.1 | 8.6 ± 2.3 | 63.6 ± 5.5 |
| **Total 1ª Div.** | 11.4 ± 2.6 | 8.4 ± 2.3 | 65.1 ± 5.0 |
| Leça (Honra) | 12.6 ± 2.7 | 9.4 ± 2.6 | 64.8 ± 4.4 |
| Maia (2ª) | 10.3 ± 1.5 | 7.2 ± 1.8 | 62.5 ± 7.4 |
| Castelo (3ª) | 11.6 ± 2.4 | 8.4 ± 2.1 | 63.7 ± 3.1 |

A análise dos resultados foi efectuada em duas etapas complementares:

Na primeira realizou-se uma pesquisa à variação interna no seio das equipas da 1ª divisão a partir da Função Discriminante. Os resultados evidenciaram um $\Lambda$ de Wilks de 0.734 com um $\chi^2_{(9)} = 12.181$, p= 0.203. Este resultado implicou o colapso das 4 equipas num só grupo.

Na segunda etapa, em que se procurou descortinar a variabilidade entre a 1ª divisão e as divisões restantes verificou-se um $\Lambda$ de Wilks de 0.882; $\chi^2_{(9)}= 10.534$, p= 0.309. A partir da análise multivariada dos 2 indicadores (% de gordura, quantidade de massa magra) demonstrou-se uma certa homogeneidade entre equipas da 1ª divisão, bem como a inexistência de diferenças estatisticamente significativas entre aa várias divisões. Podemos assim considerar os futebolistas como um grupo homogéneo.

## 5.2.2.1.2. De acordo com a especialização funcional

Quadro 107. Valores médios ± (sd) de composição corporal de futebolistas em função da posição específica

| Amostra | Gordura | | M. Magra |
|---|---|---|---|
| | % | (kg) | (kg) |
| Médios | 10.7 ± 2.2 | 7.7 ± 2.0 | 63.6 ± 4.7 |
| Laterais | 11.4 ± 2.7 | 8.2 ± 2.6 | 62.5 ± 4.4 |
| Centrais | 12.0 ± 2.2 | 9.2 ± 1.9 | 67.9 ± 3.9 |
| Avançados | 12.1 ± 2.9 | 9.0 ± 2.7 | 63.8 ± 5.4 |

O teste multivariado aos dois indicadores (% de gordura e quantidade de massa magra) da composição corporal entre jogadores de futebol em função da especialização funcional evidenciou um $\Lambda$ de Wilks = 0.7962 com um $\chi^2_{(6)} = 19.369$, $p = 0.0036$.

Apesar do significado estatístico do teste multivariado, a qualidade do ajuste (quadro nº ) do compósito linear é manifestamente reduzida, o que evidencia uma grande variação em função das posições específicas bem como da sua sobreposição no espaço das variáveis.

Quadro 108. Reclassificação (% de classificação correcta) dos elementos nos seus grupos originais

| | n | Laterais | Médios | Centrais | Avançados |
|---|---|---|---|---|---|
| Laterais | 20 | **8 (40.0%)** | 5 (25.0%) | 3 (15.0%) | 4 (20.0%) |
| Médios | 26 | 5 (19.2%) | **9 (34.6%)** | 9 (34.6%) | 3 (11.5%) |
| Centrais | 22 | 0 (0%) | 3 (13.6%) | **13 (59.1%)** | 6 (27.3%) |
| Avançados | 21 | 5 (23.8%) | 5 (23.8%) | 4 (19.0%) | **7 (33.3%)** |

A percentagem média de elementos correctamente classificados dentro dos respectivos grupos é de somente 41.57%, o que indicia a manifesta interpenetração de funções dentro do futebol no que concerne à expressão da composição corporal tal como foi avaliada pelos indicadores considerados.

## 5.2.2.2. Atletismo

Quadro 109. Valores médios ± (sd) da composição corporal dos vários especialistas do Atletismo

| Amostra | Gordura | | M. Magra |
|---|---|---|---|
| | % | (kg) | (kg) |
| Velocistas | 9.0 ± 2.3 | 6.4 ± 1.7 | 64.1 ± 5.8 |
| Meio-fundistas | 7.3 ± 1.5 | 4.5 ± 1.1 | 57.5 ± 2.0 |
| Fundistas | 7.3 ± 1.1 | 4.3 ± 0.7 | 54.1 ± 2.8 |

O teste multivariado aos dois indicadores (% de gordura e quantidade de massa magra) da composição corporal entre os vários especialistas das corridas de atletismo, evidenciou um $\Lambda$ de Wilkys de 0.4161, com um $\chi^2_{(4)} = 23.237$, $p = 0.0001$. Das funções discriminantes só a primeira é significativa e explica 98.04% da variância, detectando-se um valor de Rc = 0.756. Os valores dos coeficientes canónicos estruturais apresentam a seguinte hierarquia dos vários indicadores relativamente aos 3 grupos: % de Gordura (0.414) e Massa Magra (0.963).

A qualidade do ajuste (quadro nº ) do compósitos linear é elevada em todos os grupos.

Quadro 110. Reclassificação (% de classificação correcta) dos elementos nos seus grupos originais

| | n | Velocistas | Meio-fundistas | Fundistas |
|---|---|---|---|---|
| Velocistas | 10 | **8 (80%)** | 2 (20%) | 0 (0%) |
| Meio-fundistas | 10 | 1 (10%) | **8 (80%)** | 1 (10%) |
| Fundistas | 10 | 0 (0%) | 2 (20%) | **8 (80%)** |

A percentagem média de elementos correctamente classificados dentro dos respectivos grupos é elevada (80%), o que manifesta uma clara separação de especialidades dentro das corridas de atletismo, no que concerne à expressão da composição corporal tal como foi avaliada pelos indicadores considerados.

### 5.2.2.3. Resultados comparativos entre futebolistas e velocistas, meio-fundistas e fundistas do atletismo

Quadro 111. Valores médios ± (sd) da comparação da composição corporal entre futebolistas e vários especialistas do Atletismo

| Amostra | Gordura | | M. Magra |
|---|---|---|---|
| | % | (kg) | (kg) |
| Futebol | 11.5 ± 2.5 | 8.5 ± 2.3 | 64.5 ± 5.0 |
| Velocistas | 9.0 ± 2.3 | 6.4 ± 1.7 | 64.1 ± 5.8 |
| Meio-fundistas | 7.3 ± 1.5 | 4.5 ± 1.1 | 57.5 ± 2.0 |
| Fundistas | 7.3 ± 1.1 | 4.3 ± 0.7 | 54.1 ± 2.8 |

O teste multivariado à percentagem de gordura e massa magra entre futebolistas e os diferentes especialistas das corridas de atletismo evidenciou um $\Lambda$ de Wilkys = 0.531 com um $\chi^2_{(6)} = 73.691$ ; $p = 0.000$. Das funções discriminantes consideradas só a primeira explica 92.09% da variância, e um valor de Rc = 0.658. Os valores dos coeficientes canónicos estruturais apresentam a seguinte hierarquia: percentagem de gordura 0.643 e a quantidade de massa magra 0.626, que expressam o seu poder discriminativo no espaço da Composição Corporal.

É evidente a diferença de médias entre futebolistas e os restantes grupos, sobretudo meio-fundistas e fundistas no respeitante à percentagem de gordura. Este quadro é idêntico para a variável massa magra. Realçamos a similitude de variabilidade entre futebolistas e velocistas e a sua disparidade em relação aos meio-fundistas e fundistas.

Quadro 112. Reclassificação (% de classificação correcta) dos elementos nos seus grupos originais

| | n | Futebolistas | Velocistas | Meio-fundistas | Fundistas |
|---|---|---|---|---|---|
| Futebolistas | 80 | **59 (66.3%)** | 20 (22.5%) | 6 (6.7%) | 4 (4.5%) |
| Velocistas | 10 | 2 (20%) | **6 (60%)** | 2 (20%) | 0 (0%) |
| Meio-fundistas | 10 | 0 (0%) | 1 (10%) | **8 (80%)** | 1 (10%) |
| Fundistas | 10 | 0 (0%) | 0 (0%) | 3 (30%) | **7 (70.0%)** |

A percentagem média de elementos correctamente classificados dentro dos respectivos grupos é de 67.23%, o que indicia uma clara diferenciação entre os vários grupos e no concernente à composição corporal tal como foi avaliada pelos indicadores considerados.

## 5.3. Avaliação Motora

### 5.3.1. Avaliação da Impulsão Vertical e da Potência Mecânica Média

#### 5.3.1.1. Estudo da variabilidade inter-equipas de Futebol

##### 5.3.1.1.1. Em função do nível competitivo das equipas

Quadro 113. Valores médios ± (sd) do SJ, CMJ, Potência Mecânica de várias equipas de futebol de nível diverso

| Amostra | SJ (cm) | CMJ (cm) | Potência Mec-15" (joules.s-1) |
|---|---|---|---|
| Famalicão (1ª Divisão) | 35.5 ± 4.1 | 37.4 ± 3.9 | 37.5 ± 7.1 |
| Gil Vicente (1ª Divisão) | 35.3 ± 4.2 | 35.6 ± 5.5 | 31.8 ± 7.2 |
| Boavista (1ª Divisão) | 35.0 ± 4.8 | 35.7 ± 7.2 | 37.1 ± 11.7 |
| Guimarães (1ª Divisão) | 35.4 ± 4.7 | 37.5 ± 3.7 | 38.8 ± 9.7 |
| **Total 1ª Div.** | 35.3 ± 4.3 | 36.6 ± 5.2 | 36.3 ± 9.3 |
| Leça (Divisão de Honra) | 35.8 ± 6.0 | 36.4 ± 6.5 | 43.5 ± 9.2 |
| Maia (2ª Divisão) | 37.2 ± 3.7 | 37.9 ± 4.9 | 45.2 ± 11.5 |
| Castelo (3ª Divisão) | 34.9 ± 4.1 | 36.4 ± 3.6 | 38.2 ± 11.0 |

A análise dos resultados foi efectuada em duas etapas. Na primeira realizou-se uma pesquisa à variação interna no seio das equipas da 1ª divisão a partir da Função Discriminante. Os resultados evidenciaram um $\Lambda$ de Wilks de 0.859 com um $\chi^2_{(9)} = 5.988$, $p = 0.741$. Este resultado implicou o colapso das 4 equipas num só grupo. O mesmo ocorreu entre a 1ª divisão e as restantes divisões ( $\Lambda$ de Wilks de 0.8563, $\chi^2_{(9)} = 13.104$, $p = 0.157$) ou seja, as equipas de futebol passam a formar um só grupo.

##### 5.3.1.1.2. De acordo com a especialização funcional

Quadro 114. Valores médios ± (sd) do SJ, CMJ, Potência Mecânica de futebolistas de acordo com a especialização funcional

| Amostra | SJ (cm) | CMJ (cm) | Potência Mec-15" (joules.s-1) |
|---|---|---|---|
| Médios | 33.4 ± 4.9 | 34.8 ± 5.7 | 35.8 ± 9.8 |
| Laterais | 35.7 ± 4.2 | 36.3 ± 4.6 | 37.8 ± 8.3 |
| Centrais | 36.3 ± 3.9 | 38.1 ± 4.6 | 41.2 ± 10.2 |
| Avançados | 37.5 ± 4.3 | 37.9 ± 4.9 | 43.0 ± 11.8 |

O teste multivariado aos vários indicadores da força explosiva entre jogadores de futebol em função da especialização funcional evidenciou um $\Lambda$ de Wilks = 0.8084 com um $\chi^2_{(9)} = 17.977$, p = 0.0354.

Apesar do significado estatístico do teste multivariado, a qualidade do ajuste (quadro 115) dos compósitos lineares é manifestamente reduzida, o que evidencia uma grande variação em função das posições específicas bem como da sua sobreposição no espaço das variáveis.

Quadro 115. Reclassificação (% de classificação correcta) dos elementos nos seus grupos originais

| | n | Laterais | Médios | Centrais | Avançados |
|---|---|---|---|---|---|
| Laterais | 20 | **4 (20.0%)** | 6 (30.0%) | 5 (25.0%) | 5 (25.0%) |
| Médios | 26 | 4 (15,4%) | **11 (42.3%)** | 6 (23.1%) | 5 (19.2%) |
| Centrais | 22 | 4 (18.2%) | 5 (22.7%) | **8 (36.4%)** | 5 (22.7%) |
| Avançados | 21 | 4 (19.0%) | 2 (9.5%) | 6 (28.6%) | **9 (42.9%)** |

A percentagem média de elementos correctamente classificados dentro dos respectivos grupos é de somente 35.96%, o que indicia a manifesta interpenetração de funções dentro do futebol no que concerne à expressão da força explosiva tal como foi avaliada pelos indicadores considerados.

### 5.3.1.2. Atletismo

Quadro 116. Valores médios ± (sd) do SJ, CMJ, Potência Mecânica de vários especialistas do Atletismo

| **Amostra** | **SJ** (cm) | **CMJ** (cm) | **Potência Mec-15"** (joules.s$^{-1}$) |
|---|---|---|---|
| Velocistas | 40.4 ± 6.6 | 43.8 ± 7.0 | 41.0 ± 13.6 |
| Meio-fundistas | 29.8 ± 6.1 | 31.9 ± 6.6 | 36.7 ± 11.9 |
| Fundistas | 24.9 ± 4.5 | 25.8 ± 3.9 | 32.7 ± 14.0 |

O teste multivariado aos vários indicadores da força explosiva entre os vários especialistas das corridas de atletismo, evidenciou um $\Lambda$ de Wilkis de 0.3432, com um $\chi^2_{(6)} = 27.803$, p = 0.0001. Das funções discriminantes só a primeira é significativa e explica 98.9% da variância, detectando-se um valor de Rc = 0.806. Os valores dos coeficientes canónicos estruturais apresentam a seguinte hierarquia dos vários indicadores relativamente aos 3 grupos: SJ (0.968), CMJ (0.861) e Potência Mecânica (0.160).

A qualidade do ajuste (quadro 117) do compósito linear é elevada nos grupos de velocistas e fundistas e reduzida nos meio-fundistas.

Quadro 117. Reclassificação (% de classificação correcta) dos elementos nos seus grupos originais

| | n | Velocistas | Meio-fundistas | Fundistas |
|---|---|---|---|---|
| Velocistas | 10 | **7 (70%)** | 3 (30%) | 0 (0%) |
| Meio-fundistas | 10 | 2 (20%) | **4 (40%)** | 4 (40%) |
| Fundistas | 10 | 0 (0%) | 3 (30%) | **7 (70%)** |

A percentagem de reclassificação entre velocistas e fundistas é elevada, e entre os meio-fundistas é reduzida.

### 5.3.1.3. Resultados comparativos entre futebolistas e velocistas, meio-fundistas e fundistas do atletismo

Quadro 118. Comparação de médias entre futebolistas e vários especialistas do Atletismo a nível do SJ, CMJ, Potência Mecânica Média

| **Amostra** | **SJ** (cm) | **CMJ** (cm) | **Potência Mec-15"** (joules.s$^{-1}$) |
|---|---|---|---|
| Futebol | 35.6 ± 4.6 | 36.7 ± 5.1 | 39.3 ± 10.3 |
| Velocistas | 40.4 ± 6.6 | 43.8 ± 7.0 | 41.0 ± 13.6 |
| Meio-fundistas | 29.8 ± 6.1 | 31.9 ± 6.6 | 36.7 ± 11.9 |
| Fundistas | 24.9 ± 4.5 | 25.8 ± 3.9 | 32.7 ± 14.0 |

Os resultados deste quadro estão bem expressos nas figuras 6 e 7 que se refere aos intervalos de confiança para as médias dos quatro grupos. São claros no SJ (figura 6) as diferenças significativas ($p<0.005$) entre futebolistas e velocistas, futebolistas e meio-fundistas e futebolistas e fundistas. No CMJ (figura 7) foi encontrado o mesmo quadro de resultados para o mesmo valor de p. Na prova de Potência Mecânica Média não se encontrou qualquer significado estatístico na comparação entre grupos.

O teste multivariado aos vários indicadores da força explosiva entre o grupo de futebolistas e os grupos dos diferentes especialistas das corridas de atletismo evidenciou um $\Lambda$ de Wilks = 0.5815 com um $\chi^2$ (9) = 62.071, p = 0.000. Das funções discriminantes encontradas só a primeira é significativa e explica 91.5% da variância, apesar do valor da Rc = 0.620. Os valores dos coeficientes canónicos estruturais apresentam

a seguinte hierarquia para os indicadores considerados: SJ (0.961), CMJ (0.951) e Potência Mecânica (0.191) que expressam o seu poder discriminatório no espaço da Força Explosiva.

Figura 6. Valores em cm (SJ)

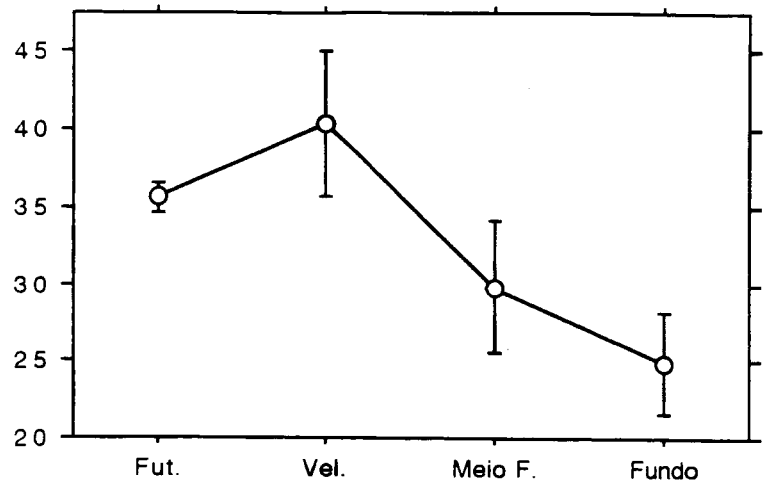
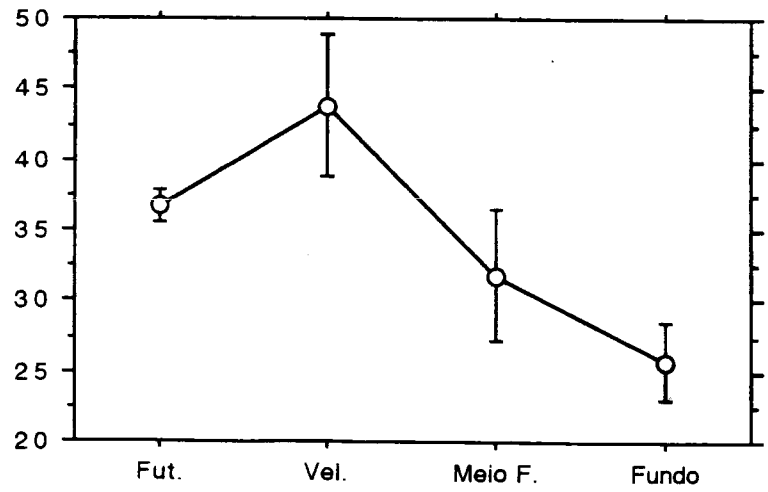



Figura 7. Valores em cm (CMJ)




Figuras 6 e 7. Intervalos de Confiança para as médias dos quatros grupos no teste de SJ e CMJ

## 5.2. Amostras especiais

Procuramos, numa análise particular, tentar evidenciar a especificidade de alguns elementos, tentando vislumbrar os eventuais desvios em relação às médias da amostra global.

### 5.2.1. Futebolistas de elite

A nossa amostra de futebolistas integrava 6 elementos que integraram a selecção nacional A de Portugal. No sentido de tentar verificar, se estes elementos de *top* se diferenciavam dos restantes à luz dos indicadores por nós escolhidos, seleccionamos e tratamos os valores a eles correspondentes.

Quadro 119. Valores médios (±SD) dos vários indicadores correspondentes aos 6 futebolistas da nossa amostra que integraram a selecção nacional A

| **Indicadores Somáticos** | **Indicadores Fisiológicos** |
|---|---|
| Idade (anos) - 24.8 ± 3.1 | $VO_2max$ ($L.min^{-1}$) - 4.6 ± 0.5 |
| Peso (kg) - 76.2 ± 4.7 | $VO_2max$ ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) - 60.2 ± 3.1 |
| Altura (cm) - 182.8 ± 5.0 | FCmáx ($bat.min^{-1}$) - 186.2 ± 4.2 |
| Endomorfismo - 2.2 ± 0.6 | Lactato 3' - 8.0 ± 2.1 |
| Mesomorfismo - 3.4 ± 0.5 | Lactato 5' - 8.2 ± 2.1 |
| Ectomorfismo - 3.0 ± 0.6 | Lactato 10' - 7.4 ± 2.3 |
| Gordura (kg) - 8.7 ± 2.6 | $VO_{2\text{-}16}$ ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) - 53.6 ± 3.7 |
| Gordura (%) - 11.4 ± 2.8 | $VO_{2\text{-}16}$ (%$VO_2max$) - 89.0 ± 3.4 |
| **Indicadores Motores** | $FC_{16}$ ($bat.min^{-1}$) - 173.8 ± 3.4 |
| SJ (cm) - 37.2 ± 4.0 | $FC_{16}$ (%FCmáx) - 93.5 ± 2.1 |
| CMJ (cm) - 36.8 ± 8.3 | $VO_2L_{AN}$ ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) - 47.6 ± 0.9 |
| PM 15" ($joules.s^{-1}$) - 36.7 ± 10.7 | $L_{AN}$ (%$VO_2max$) - 77.6 ± 6.6 |
| $vVO_2max$ (km.h-1) - 19.0 ± 1.7 | |

Nota. Não incluímos os valores da $EC_{20}$, pois somente 2 sujeitos atingiram este patamar

A análise comparativa entre os 6 jogadores de *top* e a amostra global, permitiu verificar diferenças significativas ($p<0.05$) somente nos seguintes indicadores: Peso, Altura e $VO_2maxAbs$.

### 5.2.2. Futebolistas de raça negróide

O quadro que se segue apresenta as características dos futebolistas de raça negróide das nossas amostras.

Quadro 120. Valores médios (±SD) dos vários indicadores correspondentes aos 7 futebolistas de raça negróide que integram as nossas amostras

| **Indicadores Somáticos** | **Indicadores Fisiológicos** |
|---|---|
| Idade (anos) - 26.9 ± 5.6 | $VO_2max$ ($L.min^{-1}$) - 3.9 ± 0.5 |
| Peso (kg) - 74.8 ± 4.9 | $VO_2max$ ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) - 52.5 ± 6.2 |
| Altura (cm) - 176.1 ± 6.1 | FCmáx ($bat.min^{-1}$) - 184.9 ± 14.0 |
| Endomorfismo - 2.1 ± 0.5 | Lactato 3' - 6.3 ± 0.8 |
| Mesomorfismo - 4.8 ± 1.1 | Lactato 5' - 6.8 ± 0.9 |
| Ectomorfismo - 2.0 ± 0.9 | Lactato 10' - 6.1 ± 1.3 |
| Gordura (kg) - 8.2 ± 2.0 | $VO_{2\text{-}16}$ ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) - 50.2 ± 5.0 |
| Gordura (%) - 10.9 ± 2.3 | $VO_{2\text{-}16}$ (%$VO_2max$) - 95.8 ± 3.4 |
| **Indicadores Motores** | $FC_{16}$ ($bat.min^{-1}$) - 178.3 ± 10.9 |
| SJ (cm) - 30.7 ± 7.6 | $FC_{16}$ (%FCmáx) - 96.6 ± 2.9 |
| CMJ (cm) - 30.9 ± 7.0 | $VO_{2\text{-}20}$ ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) - 58.2 ± 5.3 |
| PM 15" ($joules.s^{-1}$) - 37.5 ± 10.9 | $VO_{2\text{-}20}$ (%$VO_2max$) - 98.3 ± 2.3 |
| v$VO_2max$ (km.h-1) - 18.0 ± 1.6 | $FC_{20}$ ($bat.min^{-1}$) - 197.0 ± 1.4 |
| | $FC_{20}$ (%FCmáx) - 99.2 ± 1.1 |
| | $VO_2L_{AN}$ ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) - 40.6 ± 8.3 |
| | $L_{AN}$ (%$VO_2max$) - 76.8 ± 9.4 |

Nota. Somente 5 sujeitos atingiram o patamar dos 20 $km.h^{-1}$

Da análise comparativa dos futebolistas de raça negróide com a amostra global de futebolistas ressaltam as seguintes evidências:

1º - $VO_2max$ absoluto ligeiramente mais baixo e relativo nitidamente mais baixo

2º - pior perfil aeróbio sub-máximo expresso pelos valores de economia de corrida

3º - valores de $L_{AN}$ mais baixos, quer quanto ao consumo quer relativizando ao $VO_2max$

4º - lactatémias significativamente mais baixas

5º - na apreciação do somatótipo denotam-se valores ligeiramente mais elevados de mesomorfismo

6º - valores de força explosiva dada pelos testes de Bosco, nitidamente mais baixos.

A análise comparativa entre a amostra global de futebolistas e os elementos de raça negróide que a integra, permite-nos concluir que estes apresentam um perfil global sem relevâncias positivas.

# 6. Discussão dos resultados

A análise dos resultados comprova uma certa homogeneidade entre os futebolistas, independentemente do seu nível competitivo, pelo que, em relação a quase todos os indicadores, poderemos considerá-los como um bloco na análise comparativa. No entanto, as disparidades funcionais, caracteriais e adaptativas dos vários especialistas das corridas do atletismo são de tal forma marcantes, que se torna ilógico considerar como um bloco homogéneo, sujeitos cuja especificidade fisiológica, somática e motora se evidencia como características de populações completamente diferentes.

Ressaltando-se a impossibilidade de retirar força heurística de comparações entre futebol e atletismo, considerados como blocos homogéneos, procuraremos assim o estabelecimento de comparações entre os futebolistas, cuja homogeneidade caracterial é evidente ou pelo menos demonstrável no respeitante a alguns indicadores, e os especialistas das corridas do atletismo, considerados estes no âmbito da sua especificidade funcional (velocistas, meio-fundistas e fundistas).

Noutros momentos de análise procuraremos o estudo particular de cada amostra e sub-amostra, visando prescrutar os sinais caracteriais relevantes da sua especificidade.

A interpretação dos resultados será, algumas vezes, matizada pelas concepções subjectivas alicerçadas na nossa experiência no terreno, consubstanciada na integração em várias equipas técnicas de futebol durante 10 anos (7 anos na 1ª divisão, 2 na 2ª e 1 na 3ª).

## 6.1. Indicadores Fisiológicos

### 6.1.1. Indicadores Respiratórios

Para evitar a análise indicador a indicador, que se tornaria fastidiosa e pouca esclarecedora, resolvemos englobar num mesmo momento analítico os seguintes indicadores:

- **Consumo Máximo de Oxigénio ($VO_2max$)**
- **Economia de Corrida aos 16 Km.h$^{-1}$ ($E_{c-16}$)**
- **Economia de Corrida aos 20 km.h$^{-1}$ ($E_{c-20}$)**
- **Limiar Anaeróbio Respiratório ($L_{AN}$)**

De igual forma consideraremos a **Frequência Cardíaca** como indicador fisiológico a ser englobado neste ponto, já que a sua análise só tem razão de ser se referida aos indicadores respiratórios, bem como procuraremos relativizar alguns dados à **Velocidade alcançada ao $VO_2max$ ($vVO_2max$)** e à **Velocidade alcançada ao $L_{AN}$ ($vL_{AN}$)**.

## Futebol

## $VO_2max$

O $VO_2max$ como indicador da potência máxima aeróbia, ou seja, da capacidade máxima de trabalho solicitando de forma plena os mecanismos de produção aeróbia de energia, apresenta algumas dificuldades de validação nos denominados jogos desportivos colectivos, pois no quadro dos factores de valor físico, outros indicadores (e.g. os correlacionados com a coordenação, força, velocidade) podem ganhar importância determinante.

No entanto, este factor como indicador da possibilidade de manutenção duma certa qualidade de jogo, expressa na densidade (relação estímulo-carga e intervalo de recuperação) de esforços curtos (entre 2 e 5 segundos), pode definir níveis competitivos entre equipas, bem como caracterizar a especialização funcional de cada jogador.

No futebol, modalidade desportiva de *nuances* peculiares, em que os factores conotados com o rendimento não são facilmente discerníveis, a validação do $VO_2max$ é fácil em determinados contextos e muito difícil noutros.

A análise da literatura não ajuda a discernir a importância no futebol deste indicador fisiológico.

Alguns estudos no futebol, demonstram com clareza uma relação entre o sucesso desportivo e a potência máxima aeróbia.

Atentemos no seguinte quadro:

Quadro121. Relação entre o $VO_2max$ e a posição final no campeonato Húngaro da 1ª Divisão (Ekes et al.,1974)

| | **VO2max ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$)** | **Classificação no Campeonato** |
|---|---|---|
| Ujpesti Dózsa | 66.6 | 1º |
| FTC | 64.3 | 2º |
| Vasas SC | 63.3 | 3º |
| Honvéd SE | 58.1 | 5º |

A clareza justificativa dos resultados apresentados no quadro nº , é contrariada pelos dados apresentados por Roi et al. (1991) respeitantes ao $VO_2max$ duma equipa italiana da 1ª divisão (Atalanta BC) no decurso de um período que medeou entre 1984 e 1990. O consumo máximo de oxigénio não variou de forma significativa ($p > 0.05$) e os resultados classificativos foram díspares. Sexto lugar em 1988-89 e descida à 2ª divisão em 1986-87.

Reforçando estas considerações, Bangsbo (1993) não verificou diferenças ao nível do $VO_2max$ entre jogadores efectivos e suplentes, de

equipas de elite dinamarquesas, concluindo que esta variável não é crucial para uma alta *performance* no futebol. Esta constatação é, no nosso entender, precipitada, já que os programas de treino, nas quais a potenciação dos mecanismos oxidativos deve estar incluída, são iguais para todos os jogadores, e por vezes de forma mais exigente para os jogadores suplentes. Estas considerações são corroboradas pela nossa experiência pessoal no âmbito do futebol.

O $VO_2max$ *per se* não nos permite predizer o nível competitivo de uma equipa, pois este está condicionado a múltiplos factores, entre os quais se salientam as determinantes técnicas, tácticas e estratégicas. No entanto, a melhoria da condição física geral, que se expressa, entre outros parâmetros, no aumento do $VO_2max$, ganha importância cada vez maior, mesmo no futebol dito "tecnicista".

Uma determinada qualidade e constância de esforço são incompatíveis com níveis de aptidão aeróbia similares às dos sedentários.

A análise dos dados carreados pela literatura não nos permite relacionar de forma inequívoca o nível de prestação competitiva de um atleta ou equipa, com a potenciação máxima dos sistemas aeróbios de produção de energia. No entanto, o futebol moderno exige uma certa aptidão aeróbia que, alguns estudos comprovam, será tanto maior quanto maior for o nível competitivo duma equipa (Vos,1979; Ekblom, 1986). Podemos corroborar estas asserções com o estudo de Schonholzer (1980) que apresenta o $VO_2max$ de várias equipas de futebol de diferente perfil competitivo.

Alemanha (1976) - 70.0 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$
Áustria (1976) - 56.3 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$
Suiça (1976) - 50.3 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$

As comparações entre estas equipas são possíveis pois correspondem ao mesmo modelo e filosofia de jogo, pelo que podemos correlacionar o nível competitivo com o $VO_2max$. Isto quer dizer que, dentro do mesmo modelo e filosofia de jogo a equipa com superior perfil aeróbio poderá desenvolver um jogo de superior qualidade (ou pelo menos superior densidade) competitiva. Estas constatações são feitas marginalmente à problemática do êxito, pois o carácter aleatório do jogo pode diminuir a força validativa dos factores de condição física.

As comparações entre equipas de diferente matriz técnica e conceptual são obviamente mais difíceis. No entanto, mesmo dentro do mesmo padrão e filosofia de jogo, as dificuldades na definição de níveis competitivos a partir deste indicador tornam-se evidentes. Atentemos em alguns valores de $VO_2max$ referentes ao futebol alemão:

- 3ª divisão (TSV Battenberg) - 69.2 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ (tapete rolante) (Nowacki et al,1988)

- Selecção Nacional Germânica de 1974 (Campeã do Mundo) - 55.9 ± 4.7 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ (cicloergómetro) (Nowacki et al.,1984)

- Seleccção Nacional Germânica de 1978 - 62.0 ± 4.5 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ (tapete rolante) (Hollman et al.,1981)

- Selecção Nacional Germânica de 1981/82 (2º lugar no Campeonato do Mundo) - 59.5 ± 5.4 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ (cicloergómetro) (Nowacki e Castro, 1984).

Dos dados atrás apresentados salienta-se o facto de que, quando a selecção alemã foi campeã do mundo, apresentava um $VO_2max$ menor, em comparação com outros momentos em que não chegou ao êxito máximo. De igual forma interessa evidenciar os altos valores de VO2max na equipa da 3ª divisão acima referida, que em parte condiciona a possibilidade de estabelecer relações directas entre nível competitivo e potencial máximo aeróbio.

Se em todos os jogos desportivos colectivos, a *performance* está condicionada por factores técnicos, tácticos, estratégicos e de envolvimento psíquico e social, no futebol esse condicionamento é muito mais sentido, já que a lei do fora-de-jogo aliada a várias manobras de destruição de ritmo de jogo permite encobrir, com maior ou menor eficácia, as insuficiências a nível da condição física.

A análise da literatura não permite vislumbrar a força preditiva do $VO_2max$ na *performance* no futebol.

A análise dos nossos dados permite salientar algumas ilacções, que em certa medida corroboram os dados atrás expressos referentes ao futebol alemão:

1ª a similitude das equipas da 1ª divisão, 2ª divisão B e 3ª divisão quanto aos valores da potência máxima aeróbia

2ª que os valores, ligeiramente mais baixos, da equipa da 2ª divisão de honra são resultado do nível de treino reduzido aquando da realização dos testes, e não de qualquer diferença potencialmente diferenciadora do nível competitivo.

Esta ilacção dos nossos resultados é reforçada com o estudo de Faina et al. (1988), que de igual forma encontraram em futebolistas amadores italianos uma potência máxima aeróbia superior à dos profissionais.

Na análise das idades das várias equipas, verificamos que a equipa da 3ª divisão apresenta uma média nitidamente mais baixa que as restantes equipas. Como o aumento da idade está correlacionado negativamente com o $VO_2max$ (Wilmore e Costill,1994) poderíamos ser levados a admitir que a potência máxima aeróbia da equipa da 3ª divisão seria fruto desse facto e não das adaptações específicas do treino que caracteriza o futebol deste escalão competitivo. Aventamos a hipótese de que um estudo mais profundo do futebol da 3ª divisão, permitisse diferenciar este escalão competitivo dos restantes, embora a equipa integrante da nossa amostra se caracterize por uma particular influência do seu envolvimento.

A equipa seleccionada para o presente estudo diz respeito a um clube localizado na periferia da cidade do Porto, que normalmente recebe os

atletas juniores dos grandes clubes (Porto, Boavista, Salgueiros e Leixões), cujo valor no momento não permitiu a inclusão na equipa principal dos clubes onde foram formados. Normalmente os juniores das equipas dos "grandes" clubes suportam um tipo de treino mais cuidado e intensivo do que muitas equipas de escalões secundários. Daí poder esperar-se uma normal potenciação dos vários factores conotados com a condição física do futebolista.

Estas asserções são corroboradas pela análise comparativa a nível do $VO_2max$ Absoluto que é idêntico entre a 1ª e 3ª divisões, e nitidamente superior às equipas da 2ª divisão (Honra e B).

Importa referir que enquanto em todas as outras equipas a recolha dos dados foi realizada no decurso do período competitivo, na equipa da 2ª divisão de Honra, a recolha foi feita no período pré-competitivo. Daí os valores nitidamente mais baixos a nível do $VO_2max$ Relativo. Normalmente com o treino sistemático diminui a percentagem de gordura corporal, aumenta a massa magra e duma forma geral diminui o peso corporal, melhorando-se assim todos os parâmetros conotados com a condição física.

No futebol português a possibilidade de discernir a correspondência entre o nível competitivo de uma equipa, e o seu potencial máximo aeróbio (expresso pela determinação laboratorial do $VO_2max$) é manifestamente difícil, como comprovamos pela análise dos dados do nosso estudo.

Os resultados carreados por outros estudos são conflituais; Ekblom (1986) encontrou em profissionais valores superiores aos de amadores, ao nível do $VO_2max$, enquanto Faina et al. (1988) detectaram em amadores $VO_2max$ superiores a profissionais. Vos (1979), em jogadores holandeses, encontrou os seguintes valores: 52.3, 57.3 e 58.2 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$, para amadores, semi-profissionais e profissionais, respectivamente.

Medelli et al. (1988) para futebolistas belgas, indica valores de 63.4 ± 3.2 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ para jogadores de uma equipa de 3ª divisão, e valores médios de 63 e 70 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ para duas equipas de 1ª divisão.

O $VO_2max$ como indicador do nível competitivo duma equipa é manifestamente pouco válido. No entanto em algumas situações pode discernir, pelo menos o âmbito funcional dos vários níveis competitivos.

Novack et al. (1978) afirmam que para um tipo de futebol, tecnicamente impressivo, de contenção e de transições lentas, um $VO_2max$ variando entre os 50 e 60 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ é suficiente; mas para um futebol, mais vivo, pressionante e agressivo, como o alemão e inglês, tais valores são insuficientes.

Tais considerações podem ser questionadas face aos resultados de White et al. (1988), que encontraram em 17 jogadores da 1ª divisão inglesa valores médios de $VO_2max$ de 49.6 ± 1.2 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$; mesmo que relativizemos estes dados ao protocolo utilizado (ciclo-ergómetro),

tais valores são inferiores a sedentários saudáveis que executem o mesmo protocolo.

No futebol alemão, altamente competitivo, o $VO_2max$ de algumas equipas de primeiro plano, Eintracht Frankfurt (55.9 ± 4.7 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$) e FC Kaiserslautern (52.7 ± 7.2 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$) (Nowacki et al.,1988) é similar aos valores por nós encontrados.

A dificuldade de validação do $VO_2max$ como factor descriminativo do nível competitivo de uma equipa, evidencia-se com clareza a partir da comparação dos valores de jogadores de elite da Croácia (52.1 ± 10.7) (Matkovic et al.,1993) com jogadores de Hong-Kong (59.1 ± 4.9) (Chin et al.,1992). O nível competitivo da escola jugoslava é muito superior ao da colónia inglesa, o que não é expresso pelo indicador escolhido.

Independentemente da conflitualidade dos dados, parece-nos que no futebol moderno o primado da técnica só deverá acontecer, quando os pressupostos da condição física estiverem resolvidos. Dos vários parâmetros integrantes do quadro da condição física do futebolista, uma boa aptidão aeróbia é condição-base para a manifestação de outras qualidades, essas sim, verdadeiramente definidoras de um futebol de qualidade (Reilly e Thomas,1979).

A emergência da fadiga, que se acentua na segunda parte dos jogos, e que se evidencia pela deplecção glicogénica (Saltin,1973; Smaros,1980; Jacobs, 1982), pode ser atenuada pela potenciação dos sistemas oxidativos. A importância de tal facto radica não só na capacidade de recuperação dos esforços intensos em jogo, como no aumento da disponibilidade para o treino extensivo (Gerisch et al.,1988).

Uma pergunta se levanta a partir destas asserções:

- Em termos de potenciação dos mecanismo oxidativos no futebol, importa mais o consumo máximo de oxigénio ou o perfil aeróbio sub-máximo?

Procuraremos dar a resposta aquando da discussão doutros indicadores ($L_{AN}$ e $E_C$).

A análise da potência máxima aeróbia dos futebolistas em função da especialização funcional, permite verificar algumas diferenças entre as várias posições (utilizamos a palavra posições como conceito dinâmico, caracterizador das funções específicas em jogo).

Os dados emergentes da literatura, permitem-nos detectar uma certa diferenciação entre jogadores de futebol, a partir da sua especialização funcional.

Quadro 122. $VO_2max$ de futebolistas em função da especialização funcional

| Amostra | n | VO2max ($L.min^{-1}$) | VO2max ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) | Autor |
|---|---|---|---|---|
| Defesas | 33 | 4.0 ± 0.5 | 56.0 ± 3.0 | Rahkila e Luhtanen,1991 |
| Médios | 29 | 3.9 ± 0.3 | 59.= ± 4.0 | " |
| Avançados | 29 | 3.8 ± 0.4 | 58.0 ± 4.0 | " |
| Defesas | 9 | | 59.3 ± 1.3 | Raven et al.,1976 |
| Médios | 2 | | 56.1 ± 1.4 | " |
| Avançados | 5 | | 59.6 ± 1.2 | " |
| Defesas Lat. | 3 | | 61.6 ± 3.4 | Bangsbo,1993 |
| Defesas Cent. | 3 | | 54.2 ± 2.9 | " |
| Médios | 5 | | 62.5 ± 2.4 | " |
| Avançados | 3 | | 62.0 ± 0.3 | " |

A análise do quadro anterior não nos permite esclarecer em absoluto as diferenças do perfil aeróbio, em função da posição normalmente ocupada pelo futebolista em campo. No futebol moderno o papel mais activo dos médios e defesas laterais apresenta correspondência com o respectiva potência máxima aeróbia. A amostra de Raven et al. (1976) refere somente 2 médios, o que não nos permite extrapolações estatisticamente válidas. Neste caso os médios são os que apresentam um $VO_2max$ mais baixo, o que contraria a análise de outras amostras, e inclusivé das nossas.

No nosso estudo, os médios e os defesas laterais apresentam um $VO_2max$ idêntico, quer em termos absolutos quer em termos relativos. Os centrais embora sejam os que apresentam um $VO_2max$ Absoluto mais elevado, tal fica a dever-se ao facto de serem mais altos e mais pesados. Alguns indicadores relacionam-se positivamente com a massa corporal. O $VO_2max$, considerado em termos absolutos, é um deles. Daí a importância da relativização do consumo de oxigénio ao peso do sujeito (Astrand e Rodahl,1986).

Assim o $VO_2max$ Relativo dos centrais e avançados é menor do que o manifestado pelos laterais e médios.

A análise dos dados permite detectar uma certa correspondência entre o perfil funcional em jogo de um atleta e o seu perfil aeróbio, qualquer que seja o indicador utilizado.

Alguns autores conseguiram caracterizar o jogador a partir do perfil dos respectivos tipos de deslocamento (Reilly e Thomas, 1976; Ekblom,1986).

Existe sem dúvida uma correspondência entre o perfil de jogo, o estatuto posicional, o nível de actividade de um futebolista e o seu perfil

fisiológico. Paul Breitner desempenhando em 1974 as funções de lateral (defesa ofensivo) caracterizava-se por um $VO_2max$ de 66.4 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$; em 1982 jogando na posição de central o $VO_2max$ baixou para 60.7 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ ( Nowacki et al.,1988). Embora a diferença de 8 anos, entre os dois momentos de análise, permita especular que a progressiva diminuição do consumo máximo de oxigénio se deveu aos efeitos deletérios da idade, pensamos que em atletas de elite, o treino sistemático obsta a tal efeito negativo, e que as diferenças nos valores são o resultado da adaptação às solicitações específicas da posição. A eventual diminuição da potência máxima aeróbia em atletas (entre os 20 e 30 anos) provocada pela idade será sempre negligenciável, pois Wilmore e Costill (1994) encontraram em sedentários, medidos entre os 25 e 35 anos, diminuições de cerca de 9% no $VO_2max$.

No futebol português o relativo estatismo dos centrais e avançados, que consubstancia a especifidade da respectiva dinâmica de jogo, determina a especificidade fisiológica destes atletas que se reflecte, entre outros indicadores no consumo máximo de oxigénio.

Gostaríamos, no entanto, de salientar o perfil (em termos comparativos) dos avançados das nossas amostras. São os que apresentam valores mais baixos de $VO_2max$, considerado este em termos absolutos ou relativos. São mais novos, mais pesados que médios e laterais e com maior percentagem de gordura corporal, quando comparados com os jogadores das outras posições, o que acentua a fragilidade do seu potencial aeróbio.

Normalmente os avançados do futebol português raramente contribuem para as tarefas defensivas. O seu jogo caracteriza-se por *sprints* esporádicos no decurso das manobras de ataque, pelo que essa atitude em jogo reflecte-se inequivocamente na avaliação dos vários factores da condição física (Santos, 1989).

As manobras defensivas são desvalorizadas pelos atacantes no futebol português, já que devido à deficiente condição física que normalmente demonstram, resguardam-se para as manobras de ataque (Santos, 1989). Todavia, nos estudos de Rahkila e Luhtanen (1991) e Bangsbo (1993) os avançados apresentam um $VO_2max$ Relativo, não muito diferente dos Médios e superior aos Defesas.

Noutros estudos são os avançados os futebolistas que apresentam um $VO_2max$ superior (Kansal et al.,1980; Withers e Roberts,1977; Raven et al.,1976).

Independentemente dos futebolistas portugueses apresentarem valores de $VO_2max$, normalmente mais baixos do que os referidos na literatura para a elite internacional, o perfil diferenciador entre posições é respeitado, excluindo o caso particular dos avançados.

Quando aprofundamos a leitura dos dados referentes ao consumo máximo de oxigénio, englobando na análise a velocidade máxima atingida no decurso do teste laboratorial, nenhuma força heurística suplementar é

acrescida, já que a homogeneidade dos futebolistas em relação a este indicador é marcante.

Os valores médios da velocidade máxima atingida pelos futebolistas situam-se entre os 18 e 19 $km.h^{-1}$. Se considerarmos que quase todos os jogadores, num *sprint* máximo são capazes de atingir velocidades superiores a 30 $km.h^{-1}$, vislumbramos os baixos níveis de resistência (aeróbia e anaeróbia) dos futebolistas.

Quanto à análise da frequência cardíaca após prova de esforço máxima, a sua nítida variabilidade indicia-nos a labilidade deste indicador. É muito difícil validar o comportamento da frequência cardíaca, já que as respostas individuais ao esforço são muito diversas, e com forte determinação genética, e altamente condicionada pelo nível de treino, idade, fadiga, condição psico-afectiva, etc..

## $E_{c-16}$ (correspondente ao consumo de oxigénio a 16 $km.h^{-1}$)

A economia de corrida consubstancia o gasto energético a velocidades de corrida submáximas. É um verdadeiro indicador do perfil aeróbio de um atleta, pois indica quer o consumo de oxigénio a um dado nível de esforço, quer a percentagem do $VO_2max$ que lhe corresponde.

O futebol é uma modalidade desportiva caracterizada por esforços intermitentes, de extensão variada e de periodicidade aleatória. Assim a detecção do perfil adaptativo dos futebolistas por testes contínuos pode não caracterizar com eficácia estes desportistas.

As dificuldades de validação dos testes contínuos laboratoriais ficaram bem evidenciadas pela discussão dos resultados concernentes ao consumo máximo de oxigénio, bem como da frequência cardíaca máxima de prova.

Conscientes de que os testes máximos laboratoriais não apresentam, pelo menos nas nossas amostras, suficiente força descriminativa, passemos a analisar os testes submáximos, expressos pelos indicadores em epígrafe.

O dispêndio energético (expresso em $ml.kg^{-1}.min^{-1}$) a uma intensidade de corrida correspondente a 16 $km.h^{-1}$, não diferencia as equipas das várias divisões. É de salientar a quase perfeita homegeneidade das amostras no respeitante a este indicador, já que todas se situam dentro duma amplitude de variação muito reduzida (51.0-51.9 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$). Quando fazemos a correspondência do $VO_{2-16}$ à percentagem do $VO_2max$, acentuam-se algumas diferenças, embora sem significado estatístico. Assim as equipas mais económicas são o Famalicão (1ª divisão) e Castelo (3ª divisão). Podemos justificar os resultados desta última equipa com os argumentos aduzidos para a análise do $VO_2max$. Quanto ao Famalicão, a organização metodológica do treino, da nossa responsabilidade, teve sempre em vista o desenvolvimento e manutenção

das dominantes aeróbias quer com exercícios específicos quer inespecíficos.

Importa salientar que dentro das nossas preocupações como treinador no futebol, a potenciação dos processos aeróbios não era visto como finalidade, mas antes de tudo como meio de facilitação dos processos de recuperação, já que tivemos sempre como referência o carácter específico dos esforços típicos do futebol de superior qualidade competitiva (Reilly e Thomas,1976; Ekblom,1986).

A análise dos valores da frequência cardíaca a esta velocidade, bem como a respectiva relativização à FCmáx, não permite salientar grandes diferenciações. As ligeiras diferenças com significado estatístico que se encontram entre o Boavista e o Famalicão, quanto à $FC_{16}$ não são conclusivas, e antes se justificam pela natural labilidade deste indicador.

É interessante verificar que os futebolistas atingem, em média, aos 16 km.h$^{-1}$, 91.5% do $VO_2max$ e 96% da FCmáx. Esta intensidade de esforço é quase máxima para os jogadores de futebol das nossas amostras, o que indicia um perfil aeróbio fraco, quando comparados com os *sprinters*, que apresentam valores superiores de economia de corrida. Enquanto uma boa aptidão aeróbia sub-máxima não apresenta qualquer interesse para os velocistas, para os futebolistas, embora não seja fundamental é pelo menos importante.

De salientar a pior condição aeróbia da equipa da 2ª divisão de honra, expressa pelo $VO_{2\text{-}16}$.%$VO_2max$, $FC_{16}$ e $FC_{16}$.%FCmáx, que pensamos resultar do nível reduzido de treino global, por estar no período pré-competitivo. Os indicadores sub-máximos são muito sensíveis ao nível de treino (Svedenhag,1992).

Quanto à análise comparativa destes indicadores nos futebolistas, a partir da especialização funcional, denota-se de igual forma uma certa homogeneidade, com diferenças com significado estatístico somente entre os laterais e avançados, e incidindo nos resultados dos indicadores relativizados aos valores máximos ($VO_{2\text{-}16}$.%$VO_2max$ e $FC_{16}$.%FCmáx).

Os laterais modernos são como diz Nowacki et al. (1988) os "defesas ofensivos", pelo que a abrangência de tarefas solicita-lhes um nível de actividade que se reflecte inequivocamente nos indicadores da potência e capacidade aeróbias.

Na análise das nossas amostras, estes dados corroboram a menor condição aeróbia dos avançados e evidenciam os laterais como os jogadores com superior perfil aeróbio, considerado este na vertente máxima ou sub-máxima.

### $E_{c\text{-}20}$ (correspondente ao consumo de oxigénio a 20 km.h$^{-1}$)

Quanto à análise da $E_{c\text{-}20}$, salienta-se o facto de que, da amostra global de 89 futebolistas somente 36 atingiram este patamar, que de uma

forma geral correspondeu quer ao consumo máximo de oxigénio quer à frequência cardíaca máxima. Assim nas amostras do futebol este indicador quase que se pode sobrepor ao $VO_2max$. No entanto algumas particularidades se podem evidenciar:

- Que este indicador em futebolistas é pouco esclarecedor, da economia de corrida porque representa, para a quase totalidade dos sujeitos, o patamar do esforço máximo
- Que as diferenças com significado estatístico encontradas em relação à equipa da 2ª divisão de honra, assentam no nível de treino desta equipa que foi avaliada fora da época competitiva. No entanto, na equipa do Leça, os 7 jogadores (em 18) que conseguiram atingir este patamar, fizeram um apelo superior aos mecanismos glicolíticos. Enquanto os restantes jogadores (9) tiveram um pico de lactato médio de 8.0 $mmol.l^{-1}$, os jogadores que atingiram os 20 $km.h^{-1}$, atingiram um pico de lactato sanguíneo de 10.1 $mmol.l^{-1}$.
- Que a equipa da 3ª divisão assemelha-se à 1ª divisão em quase todos os sub-indicadores que caracterizam a $EC_{-20}$. No entanto a equipa da 3ª divisão apresenta uma frequência cardíaca, a esta intensidade de esforço, menos elevada que as outras.
- Que na equipa do Maia (2ª divisão B) somente 2 jogadores conseguiram atingir este patamar de velocidade, o que indicia uma condição física deficiente.
- Que a equipa que em termos percentuais teve mais jogadores a atingir o patamar dos 20 $km.h^{-1}$ foi o Guimarães.
- Que os futebolistas que atingiram o patamar dos 20 $km.h^{-1}$ são os de melhor condição cárdio-respiratória, como podemos apreciar no quadro que se segue, que expressa a comparação entre os futebolistas que atingiram o patamar dos 20 $km.h^{-1}$ e o total da amostra a nível de vários indicadores.

Quadro 123. Comparação entre as amostras globais de futebolistas e os futebolistas que atingiram o patamar dos 20 $km.h^{-1}$, a nível de vários indicadores

| Amostra | n | $VO_{2-16}$ ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) | $VO_{2-16}$ (% $VO_2max$) | $FC_{16}$ (% FCmax) | vVO2max ($km.h^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1ª Divisão-Total | 44 | 51.6 ± 4.2 | 90.0 ± 7.2 | 94.6 ± 2.6 | 18.8 ± 1.2 |
| 1ª Divisão* | 18 | 51.7 ± 4.4 | 85.5 ± 7.3 | 92.6 ± 1.5 | 19.9 ± 0.5 |
| Leça ( Honra) | 18 | 51.6 ± 2.8 | 95.9 ± 3.0 | 97.2 ± 1.6 | 18.3 ± 1.3 |
| Leça (Honra)* | 7 | 51.3 ± 2.7 | 94.5 ± 3.4 | 95.7 ± 0.8 | 19.1 ± 1.1 |
| Maia (2ª Div.) | 12 | 51.5 ± 4.1 | 92.2 ± 7.8 | 97.6 ± 1.7 | 18.2 ± 1.0 |
| Maia (2ª Div.)* | 2 | 47.2 ± 1.6 | 79.2 ± 12.2 | 95.0 ± 1.4 | 20.0 ± 0.0 |
| Castelo (3ª Div.) | 15 | 51.0 ± 4.8 | 87.7 ± 7.0 | 94.5 ± 3.4 | 18.9 ± 1.3 |
| Castelo (3ª Div.)* | 9 | 50.1 ± 4.1 | 83.6 ± 3.9 | 92.2 ± 1.9 | 19.8 ± 0.6 |

* futebolistas que atingiram o patamar dos 20 $km.h^{-1}$

Como podemos apreciar pelo quadro antecedente, demonstra-se que os sujeitos que conseguiram atingir a velocidade de 20 $km.h^{-1}$ apresentam uma melhor condição física expressa por outros indicadores sub-máximos e máximos.

A análise deste indicador à luz da especialização funcional dos futebolistas não nos permite qualquer diferenciação. Todos atingiram este patamar dentro das seguintes amplitudes:

- $VO_{2\text{-}20}$ (57.3 - 60.1 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$) (98.9 - 99.6% do $VO_2max$)
- $FC_{20}$ (181.3 - 188.8 $bat.min^{-1}$) (99.5 - 99.8% da FCmáx)

Salientamos a percentagem de jogadores, por posição, que atingiram este patamar de esforço, o que indicia o seu nível de preparação, ou quanto muito a correspondência entre a função e a capacidade de trabalho.

Médios - 14 em 19 (73%)
Laterais - 9 em 14 (64%)
Centrais - 7 em 17 (41%)
Avançados - 6 em 15 (40%)

A análise deste dados permite-nos induzir que os centrais e os avançados se caracterizam por uma atitude refractária aos esforços duros e prolongados. Pensamos que o problema não diz respeito à motivação para um dado tipo de esforço, mas sim, que a especificidade de funções vai determinar, no tempo, um processo adaptativo selectivo que se manifesta com maior ou menor acuidade no perfil fisiológico dos sujeitos (vidé caso de Paul Breitner citado por Nowacki et al.,1988). Esta situação poderia ser contrariada com a assunção do treino como processo global, em que além da potenciação dos factores específicos (directamente implicados) da *performance*, se deveria ter em conta o desenvolvimento e manutenção dos factores básicos, cuja utilidade assenta tanto na eficácia dos processos de recuperação como na economia bioenergética.

O menosprezo por estas preocupações, justifica em parte os valores baixos de alguns indicadores de condição física que caracterizam os futebolistas portugueses.

## $L_{AN}$ (Limiar Anaeróbio Respiratório)

Este indicador é um dos mais fiáveis na constatação da aptidão aeróbia. Consubstancia o patamar máximo de trabalho em equilíbrio metabólico. Quanto mais alto, ou seja quanto mais próximo do $VO_2max$ este limiar estiver maior é a capacidade de trabalho em *steady-state* que um indivíduo pode desenvolver.

Temos no entanto de relativizar o $L_{AN}$ à capacidade de trabalho, ou seja à potência desenvolvida nesse limiar. Não interessa ter um $L_{AN}$ alto

se a capacidade de trabalho for diminuta. Daí o interesse em analisar este indicador de uma forma inter-relacionada.

Como já tivemos oportunidade de referir não conseguimos determinar o $L_{AN}$ em todos os futebolistas (64 em 89).

Os valores deste indicador nas várias divisões de futebol encontram-se todos abaixo dos 50 $ml.kg.^{-1}min^{-1}$, correspondendo a percentagens do $VO_2max$ variando entre os 76.0% e os 84.5%.

Quanto à velocidade atingida ao limiar anaeróbio ventilatório ($vL_{AN}$) indica o Famalicão como a equipa da 1ª divisão de superior perfil aeróbio. Na comparação entre divisões ressalta o melhor perfil da equipa da 3ª divisão.

Pela análise dos vários indicadores relacionados com o $L_{AN}$, evidencia-se a melhor condição dos jogadores da 3ª divisão, que já vinha a ser indiciada por outros indicadores ($VO_2max$, $VO_{2\text{-}16}$). O simples facto da média das idades ser menor nesta amostra, não justifica totalmente as diferenças encontradas. Quer-nos parecer que nos juniores se trabalha mais e melhor do que nos seniores, que os atletas mais jovens se mantêm mais activos fora dos períodos competitivos, que apresentam maior apetência para o treino e que treinam normalmente mais duro. Estas asserções de índole especulativa foram em parte comprovadas pela nossa experiência como técnico.

Os valores nitidamente mais baixos (estatisticamente significativos) dos futebolistas da 2ª divisão B, corroboram a tendência diferenciadora de outros indicadores, que apresentam esta equipa como a de pior condição física global. De salientar que somente 2 em 12 jogadores atingiram o patamar dos 20 $km.h^{-1}$ na prova de esforço.

Se, como vimos, o $VO_2max$ não tem força discriminativa para a caracterização funcional das nossas amostras do futebol, os indicadores submáximos já começam a definir perfis de condição física, que, de igual forma, não se podem relacionar com o nível competitivo. Caracterizam somente as equipas integrantes da nossa amostra. O universo que pretendemos conhecer, a partir do estudo das amostras por nós seleccionadas, apresenta-se, pelos dados do presente estudo, extremamente heterogéneo. Acreditamos que esta constatação corresponde à realidade.

É interessante verificar que os valores por nós encontrados correspondentes ao limiar anaeróbio respiratório são idênticos aos encontrados, para futebolistas dinamarqueses de elite, por Bangsbo (1993) para o limiar láctico das 3 $mmol.l^{-1}$.

Vejamos:

Quadro 124. Limiar láctico das 3 mmol em futebolistas dinamarqueses de elite em função da especialização funcional (Adaptado de Bangsbo,1993)

| Amostra | n | $VO_2max$ ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) | $VO_{2-Lac3}$ ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) | $VO_{2-Lac3}$ (%$VO_2max$) |
|---|---|---|---|---|
| Laterais | 3 | 61.6 ± 3.4 | 50.0 ± 2.2 | 81.2 ± 4.4 |
| Centrais | 3 | 54.2 ± 2.9 | 43.3 ± 4.5 | 79.6 ± 4.3 |
| Médios | 5 | 62.5 ± 2.4 | 50.8 ± 3.5 | 81.3 ± 4.3 |
| Avançados | 3 | 62.0 ± 0.3 | 50.2 ± 0.7 | 80.9 ± 0.7 |

Quando se relativizam ao $VO_2max$, para a elite dinamarquesa o limiar láctico das 3 mmol, e para a nossa amostra o $L_{AN}$ respiratório, verifica-se uma similitude de valores. Isto poderá significar, salvas as diferenças de nível de condição física entre as duas amostras, que o limiar láctico das 3 mmol se correlaciona muito bem com o limiar anaérobio respiratório. Schulz e Fromme (1993) determinaram o limiar anaeróbio respiratório com uma concentração de lactato sanguíneo de 2.19 ± 1.1 $mmol\text{-}l^{-1}$ em 11 triatletas.

Parecem confirmar-se as diferenças entre o limiar anaeróbio respiratório e o limiar láctico das 4 mmol.

A homogeneidade das nossas amostras de futebolistas, no concernente ao $L_{AN}$, é manifesta. No entanto temos de relativizar os dados a outros factores.

Pela análise das nossas amostras verificamos que os laterais atingem o $L_{AN}$ aos 47.7 ± 3.8 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ (80.8% do $VO_2max$) enquanto os avançados fazem-no aos 44.2 ± 5.0 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ (82.5% do $VO_2max$). Estes dados devem ser relativizados à capacidade de trabalho.

O limiar anaeróbio nos avançados, embora mais alto em termos de percentagem do $VO_2max$, é menor no gasto energético. Portanto menos trabalho por kg-peso corporal pode ser desenvolvido, o que é perfeitamente evidenciado pela $vL_{AN}$ que é significativamente ($p < 0.05$) mais baixa.

Os avançados diferenciam-se claramente dos médios e laterais quanto à $vL_{AN}$, o nos permite evidenciar a incapacidade discriminativa dos indicadores ventilatórios do $L_{AN}$, que por si só escamoteiam parte importante da informação.

O nó górdio da questão da validação do $L_{AN}$ entronca na necessidade de correlacionar os indicadores ventilatórios ($VO_2L_{AN}$ e $L_{AN}.\%VO_2max$) à intensidade de trabalho desenvolvida nesse patamar (expressa em $km.h^{-1}$ ou $Watt.kg^{-1}$).

O $L_{AN}$ deve ser relativizado à velocidade desenvolvida nesse patamar. Tomemos por referência os melhores valores de $L_{AN}$ para os futebolistas e os especialistas de atletismo das nossas amostras.

**Sujeito A** (futebol) 94% do $VO_2max$, 57.6 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$
**Sujeito B** (atletismo) 96.6% do VO2max 67.4 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$

Só que enquanto os 94 % do futebolista correspondem a uma velocidade de 16 km por hora, os 96.6 % do maratonista dizem respeito a uma velocidade de 24 km por hora.

Daqui ressalta a necessidade de relativizarmos o $L_{AN}$ ou o limiar láctico à potência de trabalho desenvolvida.

O $L_{AN}$ detectado por outros autores é idêntico aos nossos valores. Assim Rahkila e Luhtanen (1991) encontraram valores de 47.0 ± 4.0 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ (± 83% do $VO_2max$) para futebolistas finlandeses de elite.

Bunc et al. (1991) e Vanfraechem e Thomas (1991) definem, respectivamente, valores de 80% e 77% do $VO_2max$ para futebolistas de nível internacional. Bunc et al. (1987) encontraram em 15 futebolistas checos um $L_{AN}$ de 80.5 ± 2.5.

Pensamos, que o $L_{AN}$ de jogadores de nível internacional deve ser o mais alto possível. Embora, por si só, este indicador não permita diferenciar futebolistas de alto nível, julgamos essencial uma boa capacidade de trabalho (ritmo e intensidade) sem entrar em acentuada acumulação de lactato e a consequente acidose que lhe está correlata.

## Atletismo

### $VO_2max$

A caracterização duma dada especialidade do Atletismo, através do $VO_2max$, é feita com clareza e facilidade.

A análise da literatura evidencia claramente entre os vários especialistas das corridas do atletismo, um progressivo aumento do $VO_2max$, quer absoluto quer relativo, quando passamos dos esforços curtos para os longos (Bricki,1991; Desnus et al.,1990; Joussellin et al.,1984).

Bosco (1985) encontrou nos vários especialistas das corridas do atletismo italiano valores de $VO_2max$ (em $ml.kg^{-1}.min^{-1}$) variando entre 44-60 para velocistas, 66-72 para meio-fundistas e 68-84 para fundistas.

O alto índice de correlação entre o $VO_2max$ e a *performance* nos esforços prolongados permite diferenciar, a partir deste indicador, os vários especialistas das corridas do atletismo. Temos no entanto de relativizar a importância discriminativa do $VO_2max$ em função da especialidade considerada. Davies e Thompson (1979) encontraram uma correlação elevada (r = - 0.85) entre o $VO_2max$ e o tempo aos 5.000 m. Essa correlação diminuía quando a distância considerada aumentava.

Em fundistas de elite cujo $VO_2max$ é igual ou com estreita margem de variação, a correlação entre *performance* e $VO_2max$ não é facilmente

correlacionável. Conley e Krahenbuehl (1980) encontaram em 12 especialistas de 10.000 m de elite uma correlação muito fraca (r = -0.12) entre o $VO_2max$ e a *performance* .

Estas constatações vêm corroborar algumas conclusões do nosso estudo, em que se comprova não existir correlação entre o nível de *performance* dos atletas da nossa amostra e o respectivo $VO_2max$.

A clareza discriminativa entre as sub-amostras do atletismo a partir do $VO_2max$, é também corroborada pela análise do comportamento da frequência cardíaca.

A análise dos nossos dados permite-nos concluir a correspondência entre a frequência cardíaca após prova de esforço máxima e o tipo de especialidade praticada. Assim os velocistas apresentam uma FCmáx nitidamente mais elevada que os outros, por duas ordens de razões:

1ª Porque o *stress* sistémico induzido pela prova de esforço (aumentos de, catecolaminas plasmáticas, temperatura corporal, sudação, viscosidade sanguínea, trabalho cardíaco, etc.) é maior nestes atletas do que nos meio-fundistas e fundistas. Parece que o treino aumenta o tónus parassimpático e diminui a actividade simpática (Brooks e Fahey,1984). Segundo os mesmos autores tal adaptação pode ser provocada pelo aumento da libertação de acetilcolina no coração, diminuição da captação e *turn-over* das catecolaminas, ou talvez da diminuição da sensibilidade a estes neuro-mediadores. É sabido que o treino de *endurance* atenua a resposta adrenérgica ao exercício, com consequente expressão a nível da frequência cardíaca (Gollnick et al.,1986).

2ª Porque os fundistas, apresentam como adaptação crónica uma resposta cardíaca menos acentuada, quer ao exercício maximal quer submaximal (Astrand e Rohdal,1986).

A análise da literatura confirma os nossos dados relativos à FCmáx dos velocistas. Barnes (1981) constatou na elite norte-americana uma FCmáx de 192.2 ± 9.0.

A análise do perfil corporal das nossas amostras demonstra uma diminuição do peso e da altura, quando passamos dos velocistas para os meio-fundistas e destes para os fundistas. A conjugação destes dois factores pode explicar parcialmente a diminuição da FCmáx. No entanto a idade, factor determinante na predição da frequência cardíaca máxima, não justifica a diferença entre as amostras, pois entre velocistas (23.3 ± 3.4) e meio-fundistas (24.8 ± 3.7) as diferenças não são significativas.

Os resultados indiciam que as adaptações crónicas induzidas pelos esforços prolongados, propiciam uma nítida economia de trabalho do miocárdio, com uma menor libertação de catecolaminas, diminuição da sensibilidade dos adrenoreceptores e consequente diminuição da frequência cardíaca, quer como resposta ao esforço submáximo quer ao esforço máximo. Estes dados são corroborados, em parte por Brooks e Fahey (1984).

Contrariamente ao que se denota nos jogos desportivos colectivos, em que o consumo máximo de oxigénio absoluto relaciona-se positivamente com o peso e tamanho corporal, no atletismo normalmente tal relação não se verifica.

Quadro 125. Algumas variáveis biométricas e $VO_2max$ de vários especialistas das corridas do atletismo

| **Amostra** | **Idade** (anos) | **Peso** (kg) | **Altura** (cm) | **$VO_2max$** ($L.min^{-1}$) | **$VO_2max$** ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|
| Velocistas | 23.3 ± 3.4 | 70.4 ± 6.6 | 177.9 ± 4.9 | 4.0 ± 0.4 | 56.9 ± 4.8 |
| Meio-fundistas | 24.8 ± 3.7 | 62.0 ± 2.7 | 173.3 ± 3.6 | 4.2 ± 0.3 | 68.1 ± 5.2 |
| Fundistas | 30.0 ± 3.1 | 58.4 ± 3.2 | 169.7 ± 3.9 | 4.4 ± 0.3 | 76.8 ± 4.8 |

Como podemos constatar no quadro antecedente, existe uma progressiva diminuição do peso e da altura, quando caminhamos dos velocistas para os fundistas. No entanto, o $VO_2max$ aumenta, na relação inversa, quer o consideremos na vertente absoluta quer relativa. Tal facto indicia a importância progressiva da potência máxima dos mecanismos aeróbios, que ganha tanta mais importância quanto mais longa for a prova de referência. Isto dentro de certos limites, como iremos ver de seguida, e pela análise doutros indicadores.

Podemos aceitar o postulado, de que quanto mais longa a prova, mais importante se torna o $VO_2max$, com as ressalvas concernentes à especificidade dos fundistas.

Os nossos velocistas apresentam valores de $VO_2max$ similares aos melhores *sprinters* do mundo. Barnes (1981) encontrou para 6 velocistas de elite norte-americanos valores médios de $VO_2max$ de 3,96 $L.min^{-1}$ (55.8 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$). Isto indicia que em velocistas este indicador é dispiciendo, e que a diferenciação qualitativa será determinada pela força de outros indicadores.

Outros autores encontraram valores semelhantes aos nossos. Bricki e Dekkar (1987), 57.5 ± 3.8 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ (200-400 m) e 53.1 ± 4.2 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ (100-200 m); Crielaard et Pirnay (1981), 60.1 ± 5.9 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ (100,200 e 400 m); Desnus et al. (1990), 57.9 ± 4.8 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ (100 m) e 61.4 ± 4.1 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ (400 m); Joussellin et al. (1984), 61.4 ± 4.6 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ (400 m) e 52.9 ± 3.6 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ (100-200 m); .

Se dividirmos a nossa amostra de velocistas, em função das especialidades, os resultados são 55.0 ± 4.4 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ (100-200 m) e 58.1 ± 5.1 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ (400 m).

Quer os nossos resultados quer os expressos na literatura indiciam que mesmo nos velocistas, os que fazem mais apelo à resistência (400 m) apresentam uma superior potenciação aeróbia. Entre os velocistas os especialistas da denominada "velocidade pura" (100 m) apresentam, em

todas as referências os valores mais baixos. Brikci (1991) encontrou uma correlação negativa entre o $VO_2max$ e a *performance* nos 100 e 200 m.

Os especialistas das provas curtas (100, 200 e 400 m) não podem apoiar a sua *performance* na potenciação dos sistemas oxidativos, pois os processos anaeróbios (alácticos e lácticos) de produção de energia podem ser afectados (Black,1988). Mesmo nos 400 m em que entre 15-25% da energia requerida provém dos mecanismos aeróbios, o $VO_2max$ não é determinante para a *performance* (Kindermann e Keul.1977).

Os 400 m consubstanciam-se como uma prova maximal, em que os segundos 200 m são mais lentos que os primeiros. Em atletas de elite a diferença entre os primeiros e os segundos 200 m é menor o que, segundo Schnabel e Kinderman (1983) seria devido ao maior aporte de energia provindo dos mecanismos alácticos, o que atenuaria os efeitos negativos da acidose láctica. Rocker et al. (1994) verificaram uma superior capacidade de tamponamento nos *sprinters* . Hirvonen et al. (1987) constataram que num esforço que dure 11 segundos, 88% da fosfocreatina é gasta nos primeiros 5,5 segundos; em *sprinters* de superior capacidade competitiva cerca de 100% das reservas de fosfocreatina são gastos no mesmo lapso de tempo. Quer isto dizer que os melhores *sprinters* põem mais tarde em jogo a plenitude das suas capacidadades lácticas, o que por arrasto diminui a acidose induzida pelo processamento glicolítico de energia.

Podemos concluir que até aos 400 m, inclusivé, a potenciação dos mecanismos aeróbios é negligenciável, pelo que a discrimação a partir deste indicador é ineficaz.

A nossa amostra de meio-fundistas é bastante homogénea, no respeitante ao $VO_2max$. Os valores são: meio-fundo curto (800 e 1.500 m) 67.1 ± 5.7 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ , e meio-fundo longo (3.000 e 5.000/10.000 m) 68.7 ± 5.3 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ .

Como podemos ver os valores são muito idênticos.

No meio-fundo curto existem diferenças funcionais entre os 800 e 1.500 m, que não serão bordadas neste estudo. A partir dos 800 m os mecanismos oxidativos, começam a ganhar importância. Mas a força do processamento aeróbio de energia, nesta prova, não é percentualmente o mais importante, pois só fornece cerca de 35-40% do ATP necessário (Komi et al.,1977). Segundo Deason et al. (1991), nos 800 m a dependência energética glicolítica é muito elevada, já que nem o $VO_2max$ nem a Economia de Corrida apresentam correlações significativas com este tipo de prova. No entanto, o estudo de Camus (1992) encontrou uma importância determinante do $VO_2max$ na *performance* nos 800 e 1.500 m o que para nós é natural, já que na consecução da potência máxima aeróbia existe uma participação muito importante dos mecanismos glicolíticos. No nosso estudo encontramos vários atletas com valores

superiores a 10 mmol.l$^{-1}$ de lactato sanguíneo ao nível do $VO_2max$, o que indica claramente a importância dos mecanismos anaeróbios lácticos.

Vários estudos apontam que é a partir dos 800 m que os mecanismos aeróbios começam a ganhar importância crescente (Camus,1992; Deason et al.,1991; Lacour et al.,1990).

Atentemos nos valores de $VO_2max$ de vários especialistas de meio-fundo de vários países. As referências da literatura apresentam valores superiores aos nossos. Vejamos:

Elite francesa (Desnus et al.,1990)

- 800 m - 71.0 ± 3.6
- 1.500 m - 75.5 ± 3.8
- 3.000 e 5.000 m - 77.3 ± 4.7

Elite argelina (Bricki,1991)

- 1.500 m - 71.1 ± 5.1
- 5.000 e 10.000 m - 73.1 ± 3.4

Elite belga (Crielaard e Pirnay,1981)

- 800 m - 73.6 ± 5.6
- 1.500 - 3.000 m - 77.1 ± 3.1

Pensamos que a disparidade de resultados assenta no facto de que a amostra do nosso estudo é mista, ou seja, comporta meio-fundistas de elite e outros de nível médio, o que se expressa num $VO_2max$ médio relativamente mais baixo, do que as amostras de referência.

O $VO_2max$ relaciona-se melhor com o meio-fundo do que com fundo. Brikci (1991) encontrou nos 3.000 m a mais forte correlação ($p < 0.001$) entre o $VO_2max$ e a *performance* . Contrariando a tese de Deason et al. (1991) os oitocentistas de elite apresentam $VO_2max$ altos, o que indicia neste tipo de atletas a importância da potência máxima aeróbia. Quer-nos parecer que a partir dos 800 metros a *performance* de alto nível correlaciona-se positivamente com o $VO_2max$.

Reforçando os dados de Brikci (1991), Housh et al. (1988) encontraram na combinação dos seguintes indicadores aeróbios ($VO_2max$, $L_{AN}$ e $E_C$) um alto valor preditivo ($r=0.90$) na *performance* na distância de 3.22 km.

Os fundistas do nosso estudo (englobamos nesta categoria especialistas acima dos 10.000 m) correspondem a uma população de alto nível competitivo, o que se expressa, entre outros indicadores, no perfil aeróbio máximo encontrado.

Assim os valores médios de 76.8 ± 4.8 ml.kg$^{-1}$.min$^{-1}$ de $VO_2max$, são similares às amostras de referência da elite internacional.

Fundistas franceses de elite - 80.4 ± 4.7

Fundistas belgas de elite - 78.6 ± 2.4

Fundistas argelinos de elite - 73.1 ± 3.4

Embora este indicador seja importante, não é fundamental para caracterizar os fundistas. Como vimos na revisão da literatura, apresentar

um $VO_2max$ muito alto não é sinónimo de superior nível competitivo. Outros indicadores determinam com maior eficácia a diferenciação qualitativa.

Qual a força dos vários indicadores na predição da *performance* ?

Noakes et al. (1990) num excelente estudo que englobou 20 maratonistas e 23 ultramaratonistas constataram que o melhor factor preditivo para a *performance* em provas entre os 10 e os 90 km era a *performance* numa outra distância. No entanto outros indicadores apresentam forte nível de correlação. Tomemos como referência a *performance* em maratonistas.

Força preditiva de outros indicadores (Noakes et al.,1990):

- Tempo à meia-maratona $r = 0.96$
- Tempo aos 10.000 m $r = 0.96$
- Velocidade no ponto de acumulação de lactato $r = 0.93$
- Percentagem do $VO_2max$ a 16 $km.h^{-1}$ $r = - 0.89$
- Velocidade máxima no tapete rolante $r = - 0.88$
- $VO_2max$ $r = - 0.79$
- Pico de concentração sanguínea de lactato $r = 0.68$
- $VO_2$ a 16 $km.h^{-1}$ $r = 0.61$

Algumas destas correlações são verificadas no nosso estudo outras não. Interessantemente no nosso estudo verificamos que os fundistas com melhor perfil competitivo apresentavam um $VO_2max$ inferior.

Dividimos a nossa amostra em dois níveis, A e B.

Nível A, fundistas que cumulativamente apresentavam menos de 29 minutos aos 10.000 m e menos de 1hora e 2 minutos à meia-maratona.

Nível B, fundistas com valores piores que os anteriores.

Os $VO_2max$ respectivos foram:

Nível A - $75.5 \pm 1.8$

Nível B - $78.1 \pm 5.5$

Como podemos constatar, no caso particular dos fundistas da nossa amostra, os de superior nível competitivo apresentam um consumo máximo de oxigénio menor.

A justificação fisiológica da importância destes valores, que não apresentam qualquer significado estatístico, será realizada nos pontos subsequentes, mas desde já nos permite corroborar os dados apresentados noutros estudos. Em fundistas de elite a nível mundial foram encontrados os seguintes valores de VO2max:

- Clayton (2h08'33" à maratona) - 69.7 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ (Costill et al.,1971)
- Stahl (4º na maratona do campeonato do mundo) - 66.8 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ (Sjodin e Svedenhag,1985).

O melhor fundista das nossas amostras (28'01-10.000 m; 1h01'30"-1/2 maratona; 2h08'31"-maratona) apresenta um $VO_2max$ de 69.8 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ .

A análise da velocidade de corrida atingida ao $VO_2max$ permite verificar os altos níveis de intensidade atingidos por meio-fundistas e fundistas, com relevo para estes últimos. Este indicador é importante porque permite-nos estabelecer a comparação entre $VO_2max$ e intensidade de corrida desenvolvida.

Tomemos como referência dois maratonistas da nossa amostra. AP atinge um $VO_2max$ de 69.8 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ a 26 $km.h^{-1}$, enquanto JR consegue 81.4 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ a 22 $km.h^{-1}$.

Quer isto significar que o mais importante não é o $VO_2max$ *per se* mas antes a sua relativização aos indicadores de *performance.*

Noakes et al. (1990) demonstraram que o melhor preditor laboratorial da *performance* em maratonistas, em distâncias inferiores à maratona, era a velocidade máxima atingida no patamar do $VO_2max$.

A análise deste indicador nas nossas amostras do atletismo permite verificar que nos velocistas o diferencial de *performance* entre o esforço contínuo progressivo máximo e o esforço máximo explosivo é muito grande. Em alguns fundistas de elite a diferença entre a velocidade ao $VO_2max$ e a velocidade máxima é muito pequena.

### $E_{c-16}$(correspondente ao consumo de oxigénio a 16 $km.h^{-1}$)

A economia de corrida é definida como a relação entre o consumo de oxigénio e a velocidade de corrida, ou seja as exigências aeróbias da corrida (Daniels e Daniels,1992). Embora o consumo sub-máximo de oxigénio esteja directamente relacionado com a velocidade de corrida, a variabilidade entre os sujeitos pode ser grande (Costill et al.,1973; Svedenhag e Sjodin,1984).

Essa variabilidade é de igual forma manifesta no presente estudo.

Este indicador, que expressa o gasto energético a uma velocidade submáxima, neste caso 16 $km.h^{-1}$, indica o nível de economia de um dado atleta. Quanto menor for o gasto energético, mais económico é o sujeito e consequentemente maior é a margem de evolução até à intensidade máxima.

A caracterização dos velocistas à luz deste indicador não é importante, pois a validação do perfil competitivo deste grupo de atletas não pode ser feita à luz de indicadores sub-máximos. Em atletas em que tudo é supra-máxima o indicador sub-máximo é, pelo menos, incongruente.

Nos meio-fundistas e fundistas os indicadores de economia de corrida são importantes, e tanto mais quanto mais longa for a prova considerada (Sjodin e Svedenhag,1985).

Vários estudos encontraram correlação entre a economia de corrida e a *performance* em provas de corrida longas. Conley e Krahenbul (1980) comprovaram que, em atletas com $VO_2max$ variando dentro de

margens estreitas, a economia de corrida a diferentes velocidades estava correlacionada de forma significativa com a *performance* na prova de 10.000 m.

Os indicadores de economia de corrida apresentam, em relação ao treino, um comportamento diferente do $VO_2max$ durante a época. Vão evoluindo durante a época e nas várias épocas, em situações em que o consumo máximo de oxigénio já estabilizou (Svedenhag,1992).

Na análise deste indicador devemos fazer ressaltar o aspecto da eficiência mecânica da passada. Assim, a corrida envolve, conjuntamente com a fase de apoio, fases sucessivas de contracções excêntricas e concêntricas dos músculos flexores e extensores das articulações da anca, do joelho e tíbio-társica. Muita da eficiência mecânica resultante dos movimentos cíclicos da corrida, resulta da habilidade em utilizar durante a fase concêntrica a energia elástica armazenada no estiramento dos músculos durante a fase excêntrica da passada (Komi,1986). Parece que as mulheres conseguem aproveitar melhor do que os homens essa energia armazenada (Padilla et al.,1992).

Na análise dos nossos dados é interessante verificar que embora mais leves, os fundistas apresentam um superior consumo de oxigénio, à velocidade de 16 $km\text{-}h^{-1}$, do que os meio-fundistas. No entanto, para aferir da verdadeira dimensão da economia de corrida, devemos relativizar os valores do consumo a uma dada velocidade, ao $VO_2max$.

Os dados acerca do custo energético da corrida, que em última análise vão caracterizar o nível de economia de corrida, são contraditórios. Assim Bourdin et al. (1990) encontraram uma correlação muito forte ($r = 0.72$) entre o peso corporal e o custo energético de corrida, facto que é contrariado por DiPrampero et al. (1986) que não encontraram nenhuma relação entre o custo energético da corrida e as seguintes variáveis (consideradas individualmente ou combinadas): idade, peso corporal, estatura, duração e intensidade do treino.

Pensamos que a massa corporal bem como a especificidade do treino devem ter uma certa importância no custo energético da corrida, já que no nosso estudo acentua-se a economia de corrida quando analisamos os nossos dados à luz do peso corporal e da especificidade de cada sub-amostra. Todo o peso supérfluo onera energeticamente a corrida.

A percentagem do $VO_2max$ utilizado, pelas várias sub-amostras, à velocidade de 16 $km.h^{-1}$, caracteriza os velocistas como os menos económicos, e os meio-fundistas e fundistas com valores semelhantes. A dificuldade de diferenciar os meio-fundistas dos fundistas através deste indicador consubstancia-se no facto da grande quantidade de quilómetros que caracteriza o treino de ambos.

Existe uma certa dificuldade de diferenciação entre meio-fundistas e fundistas, em relação a alguns indicadores, devido a ambos competirem,

fora da pista, no mesmo tipo de provas, o que pode vir a anular alguma da especificidade funcional.

No entanto se considerarmos a divisão do meio-fundo em curto e longo, as diferenças neste indicador (consumo de oxigénio e frequência cardíaca) são bem nítidas.

Assim temos:

$VO_{2\text{-}16}$

- Meio-fundo curto - 50.0 ± 4.8 (74.6 ± 3.3 % do $VO_2max$)
- Meio-fundo longo - 41.6 ± 9.0 (62.4 ± 6.2 % do $VO_2max$)

As diferenças são estatisticamente significativas ($F_{(1\text{-}8)}$=12,8; p=0.007) para a % do $VO_2max$.

$FC_{16}$

- Meio-fundo curto - 168.8 ± 5.9 (88.2 ± 2.2 % da FCmáx)
- Meio-fundo longo- 144.7 ± 12.0 (79.2 ± 4.8 % da FCmáx)

As diferenças são estatisticamente significativas quer para a $FC_{16}$ ($F_{(1\text{-}8)}$=13,6; p=0.006) quer para a % da FCmáx ($F_{(1\text{-}8)}$=12,0; p=0.008).

O que ressalta da análise destes resultados é que não é correcto agrupar num mesmo grupo atletas especialistas em provas diferentes, pois cada uma delas comporta uma realidade peculiar.

Salientamos o comportamento da frequência cardíaca dos especialistas do meio-fundo curto, neste patamar de esforço, cujo perfil se aproxima mais dos velocistas do que dos fundistas. Pensamos que os especialistas de 800 e 1.500 m, durante o exercício físico, manifestam uma resposta cardíaca indiciadora de forte estimulação adrenérgica, o que também terá a ver com o perfil das intensidades terminais das provas bem como das intensidades habituais de treino.

Quanto aos fundistas, este indicador permite diferenciar os dois níveis atrás estabelecidos.

$VO_{2\text{-}16}$

- Nível A - 46.9 ± 5.1 (61.9 ± 3.8 % do $VO_2max$)
- Nível B - 54.4 ± 3.7 (70.1 ± 8.7 % do $VO_2max$)

$FC_{16}$

- Nível A - 148.6 ± 3.6 (82.4 ± 0.5 % da FCmáx)
- Nível B - 152.8 ± 10.8 (83.4 ± 5.4 % da FCmáx)

Como podemos ver, o $VO_{2\text{-}16}$ já é diferenciador do nível de qualidade dos fundistas, o que não era expresso pelo $VO_2max$, como vimos atrás. Dentro de um grupo homogéneo de fundistas bem treinados a economia de corrida funciona normalmente como mediador das correlações com a *performance* (Morgan et al.,1989).

De salientar a similitude de valores (neste indicador) entre os meio-fundistas longos e os fundistas, que advêm do facto dos processos de treino serem idênticos, bem como de certas semelhanças em termos de opções competitivas.

Noakes et al. (1990) encontraram para fundistas de nível inferior ao da nossa amostra, um valor médio de $VO_{2-16}$ de 50.3 ± 3.2 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ (74.9 ± 10.9 % do $VO_2max$). A *performance* da amostra de Noakes et al. apresenta os seguintes valores médios:

- Maratona - 159.9' ± 24.0' (2h39')
- Meia-maratona - 74.8' ± 11.1' (1h15')
- 10.000 m - 33.7' ± 4.4'

As diferenças a nível de *performance* em relação à nossa amostra são abismais, o que se relaciona muito fortemente com os indicadores de economia de corrida.

Atentemos nos valores (amplitudes) das melhores marcas dos fundistas estudados neste trabalho:

- Maratona - (2h08'31" a 2h21'00")
- Meia.maratona - (1h01'18" a 1h04'03")
- 10.000 m - (28'01" a 30'20")

Os fundistas do nosso estudo apresentam um nível competitivo médio muito alto, o que tem correspondência com os indicadores respiratórios sub-máximos.

## $E_{c-20}$(correspondente ao consumo de oxigénio a 20 $km.h^{-1}$)

Este indicador, se nos meio-fundistas e fundistas ainda pode funcionar como indicador da economia de corrida, nos velocistas corresponde à capacidade energética de desenvolver um esforço em patamares próximos do esforço máximo.

Nos velocistas os indicadores correspondentes à velocidade de 20 $km-h^{-1}$ ($V_{20}$) aproxima-se do $VO_2max$ e da FCmáx, já que os especialistas de 100 e 200 m atingem este nível de esforço com valores próximos dos máximos (98.1 ± 3.1 % do $VO_2max$ e 98.4 ± 1.1 % da FCmáx). Os especialistas dos 400 m apresentam valores ligeiramente melhores (95.3 ± 5.9 % do $VO_2max$ e 98.1 ± 2.7 % da FCmáx).

Sintomático o facto de que um dos velocistas da nossa amostra não conseguir atingir esta velocidade, o que indicia as dificuldades destes especialistas em suportar esforços prolongados intensos. Tal facto é natural pois as adaptações específicas dos velocistas não vão no sentido da potenciação da resistência prolongada.

Entre os meio-fundistas e fundistas a velocidade aos 20 $km.h^{-1}$ ainda funciona como indicador de economia. Nos velocistas não.

Nos meio-fundistas as diferenças entre o meio-fundo curto e longo, são mais nítidas a nível da frequência cardíca, já que a nível dos consumos as diferenças não existem.

$VO_{2-20}$

- Meio-fundo curto - 59.0 ± 5.5 (88.0 ± 3.1 % do $VO_2max$)
- Meio-fundo longo - 59.8 ± 4.1 (87.2 ± 5.0 % do VO2max)

FC20

- Meio-fundo curto - 182.5 ± 8.9 (95.4 ± 1.8 % da FCmáx)
- Meio-fundo longo - 165.8 ± 8.7 (90.7 ± 2.0 % da FCmáx)

As diferenças manifestas a nível da $FC_{20}$ têm relação directa com a FCmáx, que no meio-fundo curto é 193.0 ± 9.9 e no meio-fundo longo é de 183.4 ± 7.9 bat.min$^{-1}$. A inexistência de diferenças na média das idades (25.4 e 25.0 anos), leva-nos a especular que esta diferença assenta na adaptação cardíaca crónica à especificidade das cargas de treino dos 800 e 1.500 m, cuja expressão adrenérgica específica provocará uma resposta cardíaca mais elevada ao esforço.

Quanto aos fundistas, e fazendo apelo à diferenciação qualitativa atrás apresentada, salientam-se algumas diferenças.

$VO_{2-20}$

- Nível A - 61.7 ± 6.0 (81.7 ± 6.1 % do $VO_2max$)
- Nível B - 69.8 ± 4.1 (89.5 ± 5.4 % do $VO_2max$)

FC20

- Nível A - 165.8 ± 4.8 (91.7 ± 1.8 % da FCmáx)
- Nível B - 170.6 ± 8.1 (92.9 ± 3.7 % da FCmáx)

É de salientar que enquanto nos meio-fundistas e fundistas o gasto energético correspondente à $V_{20}$ ainda funciona como indicador de economia de corrida, e apresenta poder descriminativo entre as várias amostras, nos velocistas e futebolistas a $V_{20}$ corresponde na quase totalidade das amostras, à velocidade máxima de prova.

A análise da FCmáx, $FC_{16}$ e $FC_{20}$ permite-nos verificar que as diferenças entre os fundistas de nível A e B é sensivelmente igual em qualquer dos patamares de esforço (± 4 bat.min$^{-1}$), enquanto as diferenças ao nível do consumo de oxigénio submáximo e máximo são muito mais nítidas.

Atentemos no quadro que se segue:

Quadro 126. $VO_2max$, $VO_{2-16}$ e $VO_{2-20}$ de fundistas de nível diferente

| **Nível Competitivo** | **$VO_2max$** (ml.kg$^{-1}$.min$^{-1}$) | **$VO_{2-16}$** (ml.kg$^{-1}$.min$^{-1}$) | **$VO_{2-20}$** (ml.kg$^{-1}$.min$^{-1}$) |
|---|---|---|---|
| Nível A (n=5) | 75.5 ± 1.8 | 46.9 ± 5.1 | 61.7 ± 6.0 |
| Nível B (n=5) | 78.1 ± 5.5 | 54.4 ± 3.7 | 69.8 ± 4.1 |

A análise deste quadro permite-nos evidenciar um dos indicadores que tem força descriminativa entre fundistas de nível diverso - o consumo de oxigénio a velocidades submáximas. No caso particular da nossa amostra o $VO_2max$ não apresenta uma relação positiva com o nível competitivo dos atletas. Esta é uma situação muito particular pois normalmente acontece uma relação positiva entre o nível do fundista e o $VO_2max$, como podemos comprovar pelo quadro que se segue.

Quadro 127. $VO_2max$ e $E_{c-15}$ em maratonistas de diferente nivel (Sjodin e Svedenhag,1985)

| Variáveis | Grupo Elite (n = 12) | Grupo Bom (n = 16) | Grupo Médio (n = 7) |
|---|---|---|---|
| $VO_2max$ ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) | 71.8 ± 1.2 | 65.6 ± 1.2 | 58.7 ± 1.9 |
| $VO_{2-15}$ ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) | 45.4 ± 0.7 | 48.6 ± 0.6 | 51.4 ± 1.6 |
| $VO_{2-15}$ (%$VO_2max$) | 63.5 ± 0.8 | 74.3 ± 1.1 | 87.7 ± 1.7 |

Existe uma clara correspondência entre o nível competitivo dos atletas e o $VO_2max$, embora a elite do quadro atrás inscrito apresenta tempos médios de 2h21min., o que não corresponde a nível internacional. Vemos com clareza que quanto maior é o nível dos maratonistas mais económicos eles são, o que corrobora os nossos dados e concorda com outros dados da literatura.

## $L_{AN}$ (Limiar Anaeróbio Respiratório)

As adaptações sistémicas induzidas pelo treino, e que podem ser caracterizadas como a capacidade de utilização o mais eficientemente possível da capacidade funcional do organismo, pode ser avaliada, entre outros indicadores, pela percentagem do consumo máximo de oxigénio no limiar anaeróbio, bem como da capacidade de trabalho que lhe corresponde.

Em situações normais este indicador apresenta uma força descriminadora muito importante. Mesmo nos jogos desportivos colectivos, alguns estudos (Janeira,1994) permitem validar o $L_{AN}$ como factor discriminante do nível de *performance*. Quanto mais alto o $L_{AN}$ maior é a intensidade de trabalho que pode ser desenvolvida em equilíbrio metabólico, no entanto, em alguns desportos o *steady-state* funcional não é sequer equacionado.

Segundo vários autores (Sjodin e Svedenhag,1985), o índice de correlação do $L_{AN}$ com a *performance* na maratona é muito alto (r=0.92), enquanto que nos velocistas este indicador não tem força discriminativa, e nem sequer deve ser equacionado. Estas considerações deduzem-se da análise dos nossos resultados em que os valores dos especialistas dos 400m são mais baixos que os dos 100 e 200m, embora as diferenças não apresentem significado estatístico. No entanto se equacionarmos o $L_{AN}$ quanto à velocidade desenvolvida, verificamos a superior capacidade de trabalho em equilíbrio metabólico dos quatrocentistas.

Quadro 128. $L_{AN}$ de velocistas portugueses

| Amostra | n | $L_{AN}$-$VO_2$ ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) | $L_{AN}$ (% $VO_2max$) | $vL_{AN}$ (km.h-1) |
|---|---|---|---|---|
| 100 - 200 m | 4 | 46.5 ± 8.1 | 83.9 ± 7.7 | 14.7 ± 1.2 |
| 400 m | 6 | 47.2 ± 7.7 | 80.9 ± 7.1 | 16.7 ± 2.4 |

Se compararmos os valores da elite francesa verificamos ligeiras diferenças que não são significativas, donde se deduz que os indicadores aeróbios não apresentam importância discriminativa para atletas cuja prestação competitiva se apoia na potência dos mecanismos anaeróbios.

Quadro 129. $L_{AN}$ de velocistas franceses de elite (Desnus t al.,1990)

| Amostra | n | $VO_2max$ ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) | $L_{AN}$ (% $VO_2max$) |
|---|---|---|---|
| 100 - 200 m | 12 | 57.8 ± 4.8 | 85.0 ± 4.0 |
| 400 m | 22 | 61.4 ± 4.1 | 86.0 ± 4.0 |

Nestes atletas o equilíbrio metabólico não é equacionado porque não é importante, pois o nível qualitativo é estabelecido a partir da potência energética anaeróbia total que podem desenvolver e não a partir de indicadores de aptidão aeróbia.

Quanto aos meio-fundistas e fundistas, este indicador é muito importante e definidor de níveis de *performance.*

Analisemos o quadro que se segue.

Quadro 130. Diferenças de *performance* em atletas com $VO_2max$ similares e $L_{AN}$ diversos (Adaptado de Jousselin, 1986)

| Indicadores | 1.500 metros | | 5.000 e 10.000 metros | |
|---|---|---|---|---|
| VO2max ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) | 74 | 73 | 82 | 78 |
| *Performance* | 3'56" | 3'35" | 14'37" | 13'35" |
| % do $VO_2max$ ao $L_{AN}$ | 80 | 86 | 80 | 92 |

Como podemos verificar entre especialistas de esforços de média e longa duração, não é o $VO_2max$ que discrimina o nível competitivo mas sim o $L_{AN}$.

Os especialistas de meio-fundo curto da nosso estudo apresentam um $L_{AN}$ médio de 82.7% do $VO_2max$ (58.9 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ a 20 $km.h^{-1}$). Os de meio-fundo longo um $L_{AN}$ superior, 88.1% do $VO_2max$ (60.7 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ a 21.6 ± 0.9 $km.h^{-1}$).

Pensamos que as diferenças entre estes dois sub-grupos podem radicar nas seguintes razões:

- O treino para distâncias mais longas, se correctamente dirigido, melhora concomitantemente o $L_{AN}$

- Quanto mais longa uma prova maior é a importância do $L_{AN}$

Quanto aos fundistas o $L_{AN}$ consubstancia-se como um indicador preciso, com força discriminativa suficiente para caracterizar atletas de nível competitivo diferente.

Os valores de $L_{AN}$ para os fundistas são os seguintes:

Quadro 131. $L_{AN}$ de fundistas de diferente nível

| **Nível Competitivo** | **n** | **$L_{AN}$-$VO_2$** ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) | **$L_{AN}$** (% $VO_2max$) | **$vL_{AN}$** (km.h-1) |
|---|---|---|---|---|
| Nível A | 6 | 71.6 ± 3.3 | 94.9 ± 1.1 | 22.8 ± 1.1 |
| Nível B | 4 | 66.4 ± 6.3 | 84.9 ± 4.2 | 20.4 ± 2.2 |

Como podemos apreciar denotam-se diferenças a nível do consumo de oxigénio que não são estatisticamente significaticas, mas quando relativizamos esses valores ao consumo máximo as diferenças assumem grande significância ($F_{(1-8)}$=25,9; p=0.0009). De igual forma o nível competitivo dos fundistas é diferenciado significativamente ($p < 0.06$) a partir da $vL_{AN}$.

Bunc et al. (1986) encontraram em fundistas checos de elite valores de $L_{AN}$ de 85.3 ± 5.1 % do $VO_2max$. Bunc et al. (1987) detectaram valores médios de $L_{AN}$ de 82.8 ± 3.9 % do $VO_2max$ para os meio-fundistas e 86.7 ± 1.8 % para maratonistas. Estes valores estão em concordância com os valores por nós encontrados, excluindo os fundistas nível A do nosso estudo, que se afirmam competitivamente como dos melhores fundistas do mundo.

O que evidencia um fundista de elite é menos os indicadores máximos e mais os submáximos. Conseguir correr a grandes intensidades em equilíbrio, ser mais económico numa dada intensidade de esforço, conseguir prolongar o esforço com intensidades o mais próximo possível das intensidades máximas, são estes os indicadores de qualidade entre os fundistas.

O quadro que se segue dá-nos algumas indicações do perfil do $L_{AN}$ em vários especialistas franceses.

Quadro 132. Análise de algumas variáveis ao nível do $L_{AN}$ em vários especialistas franceses de elite das corridas do atletismo (Jousselin e Stephan,1984)

| Especialidade | Velocidade ($Km.h^{-1}$)* | F.C. | % F.C.máx | % $VO_2max$ |
|---|---|---|---|---|
| 800 m | 17.5 ± 0.5 | 172.4 ± 8.5 | 92.7 ± 2.4 | 90.8 ± 6.4 |
| 1500 m | 18.0 ± 0.6 | 184.2 ± 8.2 | 94.8 ± 1.9 | 92.2 ± 4.6 |
| 3000 m 5000m | 18.2 ± 0.3 | 184.2 ± 10.2 | 95.9 ± 1.6 | 91.2 ± 5.0 |
| 10000 m Maratona | 19.2 ± 0.2 | 178.4 ± 8.5 | 95.1 ± 2.8 | 94.8 ± 2.9 |

* protocolo realizado em tapete rolante

O quadro anterior refere-se a uma amostra de meio-fundistas e fundistas franceses de alto nível. Pela análise restrita deste indicador verifica-se uma superior capacidade aeróbia nos especialistas franceses de meio-fundo curto, em relação à nossa amostra, enquanto no meio-fundo longo e fundo os valores equivalem-se. No entanto, se considerarmos a $vL_{AN}$ constatamos que as nossas amostras apresentam um nível performativo superior.

Desnus et al. (1990) para os fundistas franceses de elite (10.000 m e maratona) encontraram valores de $L_{AN}$ de 95% ± 3, que são semelhantes aos do presente estudo. Como o estudo destes autores não apresentou as marcas, caracterizadores do nível competitivo da amostra, não podemos ir mais longe na análise comparativa.

Como vimos na revisão da literatura, vários estudos comprovam a correlação entre o $L_{AN}$ e a *performance* em provas de longa duração.

As dificuldades de validação das inter-verificações do $L_{AN}$, assentam nas disparidades de alguns resultados, que nos levam a colocar o problema do protocolo utilizado bem como da correcção metodológica. Kenney e Hodgson (1985) encontraram em meio-fundistas pré-olímpicos norte-americanos valores de $L_{AN}$ relativamente baixos (média de 83.6% para 8 especialistas de 5.000 m (marcas 14'05" ± 0.05) e para 5 especialistas de 3.000 metros obstáculos, valores médios de 80.5% (marcas 8'38" ± 0.06). O nível competitivo destas amostras é alto, pelo que não compreendemos a modéstia dos $L_{AN}$.

Existe uma relação directa entre o nível competitivo dos fundistas e o $L_{AN}$. Kenney e Hodgson (1985) asseveram que o $L_{AN}$ apresenta uma força preditiva de 77% na *performance* nos 5.000 m, enquanto que nos 3.000 mobs 94% da variação na *performance* é explicada pelo $L_{AN}$; se a este acrescermos o peso corporal, nestes atletas a força preditiva dos dois factores atinge os 98%.

Péronnet et al. (1987) encontrou em fundistas um $L_{AN}$ de 76.1 ± 5.5%; as respectivas marcas médias à maratona eram de 173.1' ± 22.3 (2h53'). O nível exíguo das marcas justifica esses valores.

Tanaka et al. (1986) para especialistas de 10.000 m com tempos médios de 32'27" ± 61", encontraram um $L_{AN}$ médio de 70.5 ± 4.8% do $VO_2max$. Powers et al. (1983) para o mesmo tipo de atletas, encontraram um $L_{AN}$ médio de 61% a que correspondia a marca média de 33'08".

Podemos constatar que dentro do mesmo tipo de especialistas quanto mais fraco for o nível competitivo piores valores de $L_{AN}$ se manifestam.

Sjodin e Svedenhag (1985) utilizando o limiar láctico das 4 mmol, que analisamos na revisão da literatura, conseguiu discriminar maratonistas de nível diverso.

Assim, os denominados limiares anaeróbios, sejam respiratórios ou metabólicos conseguem apresentar uma força preditiva muito grande na *performance* em esforços de longa duração, e diferenciar níveis competitivos de forma clara.

Quadro 132. Características fisiológicas de maratonistas de diferente nível (Sjodin e Svedenhag,1985)

| **Variáveis** | **Grupo Elite** (n = 12) | **Grupo Bom** (n = 16) | **Grupo Médio** (n = 7) |
|---|---|---|---|
| VMa (% $V_{Hla4}$) | 92.8 ± 0.8 | 92.1 ± 0.6 | 84.8 ± 2.1 |
| $VO_{2Hla4}$ (% $VO_2max$) | 87.9 ± 0.8 | 88.3 ± 0.6 | 84.8 ± 1.5 |
| VHla4 ($m.s^{-1}$) | 5.37 ± 0.05 | 4.85 ± 0.05 | 4.04 ± 0.05 |
| Tempo Médio à Maratona | 2h21' | 2h37' | 3h24' |

O quadro atrás exposto permite-nos verificar que não existe diferença entre o grupo elite e o grupo bom, a nível da percentagem do $VO_2max$ correspondente ao limiar das 4 mmol; de igual forma a percentagem do limiar a que correm a maratona é idêntico; as diferenças aparecem à velocidade de corrida correspondente à concentração de lactato de 4 $mmol.l^{-1}$.

Quando queremos validar os dados fisiológicos, na comparação entre grupos, tal desiderato só é conseguido em pleno quando os conjugamos com os valores da prestação competitiva.

As amostras do quadro 132, evidenciam o que acabamos de dizer. Verificamos que o Grupo Elite e o Grupo Bom, correm a maratona à mesma percentagem da velocidade às 4 mmol. Essa velocidade corresponde à mesma percentagem do $VO_2max$. No entanto o mesmo perfil fisiológico de esforço corresponde no grupo de elite a uma velocidade de corrida de 5.37 m/s, enquanto no Grupo Bom essa velocidade é de 4.85 m/s.

A inexistência de diferenciações fisiológicas (a nível dos indicadores relacionados com o limiar láctico das 4 mmol) entre o Grupo Elite e o Grupo Bom, do estudo de Sjodin e Svedenhag (1985), assenta, no nosso entender, no facto de que o grupo de elite ser caracterizado por uma

*performance* não muito diferente da do grupo bom. Para as diferenças se acentuarem os níveis de *performance* têm de ser mais nítidos.

Apresentamos de seguida vários indicadores de três maratonistas que englobam as amostras do presente estudo e de perfil competitivo diferenciado.

Quadro 133. Características fisiológicas de maratonistas de diferente nível competitivo

| | **VO2max** ml/kg/min | **Ec-16** %VO2max | **Ec-20** %VO2max | **LAN** % VO2max | **vLAN** km.h$^{-1}$ | **Marca à Maratona** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Sujeito A | 69.8 | 57.6 | 77.9 | 96.6 | 24 | 2h08'31" |
| Sujeito B | 73.4 | 62.1 | 83.9 | 94.3 | 22 | 2h11'18" |
| Sujeito C | 68.9 | 81.7 | 94.9 | 85.3 | 20 | 2h17'23" |

Podemos verificar, que mais do que o consumo máximo de oxigénio, os indicadores sub-máximos podem apresentar superior força heurística, no esforço de caracterização do perfil fisiológico dos fundistas e da respectiva relação com o nível de *performance.*

Importa referir que o Limiar Anaeróbio Respiratório ou o Limiar Metabólico das 4 mmol, é função da acção conjugada do $VO_2max$, da economia de corrida e da percentagem do $VO_2max$ ao limiar. Melhorando individualmente cada um destes factores, pode em certas circunstâncias, induzir uma elevação do limiar. No entanto, só a intervenção sistemática sobre todos os factores é que poderá evitar balanços negativos e desvios no processo adaptativo do treino (Svedenhag,1992).

A detecção do $L_{AN}$ nas nossas amostras pela utilização do tapete rolante permitiu respeitar, dentro dos constrangimentos específicos da prova de esforço, o perfil biomecânico do exercício habitual. No entanto, no caso de utilização de cargas inespecíficas, pode acontecer que mesmo atletas bem treinados possam apresentar $L_{AN}$ baixos, ao nível de sujeitos normais por desadaptação ao ergómetro (Bunc et al.,1987).

De seguida apresentamos alguns indicadores correspondentes às sub-amostras que integram os grupos de meio-fundistas e fundistas.

Quadro 134. Valores médios (±SD) de vários indicadores das várias sub-amostras de meio-fundistas e fundistas

| | $VO_2max$ ml/kg/min | $E_{c-16}$ % $VO_2max$ | $E_{c-20}$ % $VO_2max$ | $L_{AN}$ % $VO_2max$ | $vVO_2max$ km.h$^{-1}$ | Pico Lactato |
|---|---|---|---|---|---|---|
| M-F curto | 67.1 ± 5.3 | 74.6 ± 3.3 | 88.0 ± 3.1 | 82.7 ± 4.6 | 23.0±1.2 | 9.7± 3.5 |
| M-F longo | 68.7 ± 5.3 | 62.4 ± 6.2 | 87.2 ± 5.0 | 88.1 ± 8.4 | 24.3±0.8 | 6.6±1.5 |
| Fundo A | 75.5 ± 5.5 | 61.9 ± 3.8 | 81.7 ± 6.1 | 94.9 ± 1.1 | 24.8±1.1 | 7.2±1.8 |
| Fundo B | 78.1 ± 5.5 | 70.1 ± 8.7 | 89.5 ± 5.4 | 84.9 ± 4.2 | 23.6±1.7 | 7.9±2.6 |

A elaboração deste quadro teve como finalidade evidenciar o perfil comparativo dos meio-fundistas e fundistas, quando os "espionamos" à luz das sub-amostras que podemos eleger, ou por especificidade funcional (meio-fundo) ou por nível competitivo (fundo).

## Futebol *versus* Atletismo

A repetição de estímulos que caracterizam a especificidade de um dado processo de treino e competição, provocam uma adaptação fisiológica particular, cuja natureza e nível diferem segundo a modalidade praticada e o nível de *performance* conseguido.

A diferenciação entre modalidades distintas a partir de indicadores fisiológicos, embora possa ser questionada quanto ao valor heurístico, pode servir como instrumento de análise e caracterização, visando prescrutar os eventuais pontos de similitude. Entre grupos homogéneos essa diferenciação está facilitada; entre grupos heterogéneos as dificuldades são acrescidas e por vezes levam à destruição dos instrumentos de análise.

Os futebolistas das nossas amostras podem ser considerados como um grupo homogéneo, já que as diferenças a nível dos indicadores respiratórios não são estatisticamente significativas. As diferenças entre as várias amostras do atletismo são de tal forma nítidas e com clara significância estatística que não permite considerá-las como uma amostra homogénea.

Assim, desde já, excluímos a interverificação de valores entre os dois grandes grupos (Atletismo e Futebol) pois as ilacções interpretativas seriam falaciosas por corresponderem a amostras muito diversas. Ora como em qualquer discussão científica não se questiona o óbvio, nós remetemos a discussão para as questões com força heurística.

A análise da frequência cardíaca de prova não é muito esclarecedora, pois além da natural labilidade deste indicador os factores emocionais relacionados com a prova de esforço parecem ter afectado, de forma manifesta, alguns futebolistas que apresentavam frequências cardíacas muito altas logo no início da prova. Estes mesmos futebolistas, segundo a nossa análise subjectiva denotaram uma grande dificuldade de adaptação ao teste.

De notar as diferenças entre velocistas e futebolistas a nível da FCmáx de prova, que não é dedutível das diferenças de idade (que não são significativas) mas no nosso entender, das adaptações específicas ao esforço. Enquanto na competição e treino os velocistas atingem de forma natural a sua FCmáx, pois essa é a essência do seu treino, os futebolistas raramente sustêm a FCmáx no tempo. O esforço máximo específico do futebolista não ultrapassa em média os 2 a 6 segundos (Lacour e

Chatard,1984), durando em média 3,7 segundos (Withers,1982), pelo que a adaptação específica cardíaca não privilegia a taquicardia funcional. A frequência cardíaca média durante os 90 minutos de jogo situa-se segundo vários autores (Bangsbo,1994; Reilly e Thomas,1976) entre 80 e 85% da FCmáx. Níveis submáximos de esforço induzem adaptações correspondentes. Scotti e Vecchiet (1980) comprovaram que os futebolistas normalmente atingem uma frequência cardíaca mais baixa do que sujeitos sedentários após prova máxima de esforço.

A variabilidade da frequência cardíaca máxima de esforço é grande, e a revisão da literatura em relação aos futebolistas corrobora essa variabilidade, como podemos constatar dos valores de FCmáx após prova de esforço em vários estudos:

- 194.0 ± 4.0 (Fornaris et al.,1988)
- 173.0 ± 7.0 (Nowacki et al.,1988)
- 188.0 ± 2.0 (Raven et al.,1976)
- 191.5 ± 6.7 (Rhodes et al.,1986)
- 179.2 ± 2.4 (White at al.,1988)

Pensamos que em relação à frequência cardíaca devemos verificar o seu comportamento e não nos preocuparmos muito com a interpretação dos seus valores.

Atentemos de seguida no quadro síntese dos indicadores respiratórios, em que conjugamos a amostra global dos futebolistas e os vários especialistas do atletismo.

Quadro 135. Comparação de alguns indicadores respiratórios e velocidade máxima de corrida entre futebolistas e vários especialistas de Atletismo.

| Amostra | $VO_2max$ ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) | $VO_{2-16}$ (%$VO_2max$) | $VO_{2-20}$ (%$VO_2max$) | $vVO_2max$ ($km.h^{-1}$) | $L_{AN}$ (%$VO_2max$) |
|---|---|---|---|---|---|
| Futebol | 56.9 ± 5.5 | 91.1 ± 7.1 | 99.2 ± 1.8 | 18.7 ± 1.2 | 81.0 ± 6.3 |
| Velocistas | 56.9 ± 4.8 | 85.9 ± 8.3 | 96.3 ± 5.1 | 20.0 ± 2.3 | 81.9 ± 7.0 |
| Meio-fundistas | 68.1 ± 5.2 | 67.3 ± 8.0 | 87.5 ± 4.1 | 23.8 ± 1.1 | 86.9 ± 7.6 |
| Fundistas | 76.8 ± 4.8 | 66.0 ± 7.6 | 85.6 ± 6.8 | 24.2 ± 1.5 | 89.9 ± 6.0 |

A partir da análise dos indicadores constantes do quadro anterior alguns ilacções se podem desde já retirar:

1ª - Não existe nenhuma similitude, à luz dos indicadores respiratórios estudados neste trabalho, entre os futebolistas e os meio-fundistas e fundistas.

2ª - Existe uma semelhança a nível dos indicadores respiratórios entre os futebolistas e os velocistas, cuja expressão se acentua a nível do $VO_2max$ e o $L_{AN}$, cujos valores, podemos considerar iguais.

Que interpretação podemos retirar destes dados ?

Que as adaptações funcionais induzidas pelo esforço de futebol ao nível dos indicadores atrás expressos tem ligeira correspondência com os

velocistas, que no nosso entender é circunstancial, porque enquanto nos *sprinters* nenhuma importância apresentam os parâmetros aeróbios, no futebolistas estes, embora não determinantes, são fundamentais como suporte básico fisiológico duma competição que se prolonga no tempo. Pensamos que o treino inadequado (considerado numa acepção global) responde, em parte, por este estado de situação que se não verifica na elite futebolística internacional, como constatamos na revisão da literatura. Quando se verificam similitudes fisiológicas entre atletas de diferentes modalidades, poderão ser mais de índole circunstancial que efectiva. Quando Bricki (1991) constata que os velocistas (100 a 400 m) apresentam valores de $VO_2max$ similares (55.3 ± 5.7 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$) aos saltadores, andebolistas, futebolistas e voleibolistas, não nos diz nada acerca da validação em cada modalidade desse indicador. Limita-se a apresentar um facto, não o integrando ou validando.

Como podemos ver pela análise da velocidade de corrida no patamar do $VO_2max$, os velocistas apresentam uma superior capacidade, embora ligeira, de resistência prolongada. De igual forma, a $vL_{AN}$ é superior nos velocistas. Tais factos devem-se, no nosso entender, menos a razões de ordem fisiológica mas sim a uma melhor eficiência mecânica da passada.

Pensamos que o treino técnico de corrida característico dos *sprinters* promoverá a acentuação das dominantes mecânicas da economia de corrida. A eficácia da passada melhora a *performance* na corrida (Péronnet, 1988).

A inexistência de similitudes funcionais entre futebolistas e meio-fundistas e fundistas é natural e compreensível. Embora, para os futebolistas, seja necessária uma certa aptidão aeróbia, esta estará sempre condicionada pelos processos adaptativos característicos da modalidade em que a prevalência dos *skills* específicos (saltos, remates, "carrinhos", sprints curtos, choques, passes, etc.), bem como o trabalho técnico-táctico específico (2 X 2, 3 X 3, 5 X 5, treino de conjunto, conjunto em espaço reduzido, treino técnico individual, a dois, a três, etc.) deverá normalmente ocupar uma percentagem fundamental do tempo de treino. A utilização dos métodos contínuos, de maior incidência aeróbia, ocuparão um espaço de tempo menor, pelo que as adaptações aeróbias nunca poderão ser semelhantes às dos meio-fundistas ou fundistas.

O treino aeróbio do futebolista deverá ser sempre condicionado à:

1 - manutenção do potencial aeróbio pretensamente desenvolvido no período pré-competitivo

2 - necessidade de acelerar o processo de recuperação entre esforços de grande intensidade.

Mais do que isto, é perder de vista a especificidade da modalidade e pretender transposições mecânicas entre modalidades. Temos de ter como referência, e os dados atrás expostos indicam com clareza, que a

resistência (aeróbia e anaeróbia) do futebolista não tem nada a ver com a dos especialistas das corridas de meio-fundo e fundo do atletismo.

### 6.1.2. Lactato Sanguíneo

Foi sugerido por Margaria et al. (1963) que a medição do lactato sanguíneo reflecte a extensão da produção anaeróbia de energia durante um exercício. No entanto, estudos ulteriores (Brooks, 1991; Brooks e Fahey,1984) demonstraram que a acumulação de lactato sanguíneo é expressão do balanço entre a formação e remoção, e não reflecte a emergência de uma situação de anaerobiose intracelular.

Assim a medição do lactato sanguíneo, após uma prova de esforço máxima, não nos dá a dimensão do processamento anaeróbio de energia, mas unicamente a expressão da respectiva cinética.

Vários factores condicionam o ritmo e a magnitude da acumulação do lactato no sangue e músculos, entre os quais se salientam a dieta, o nível de condição física e o tipo e duração do exercício (Gollnick et al.,1986).

Denis et al. (1992) ao estudarem, a vários níveis, a resposta de especialistas de 100 e 800 m do atletismo, a um esforço maximal (Teste de Wingate) detectaram o seguintes valores:

Quadro136. Comparação entre especialistas de 100 e 800 m, à luz de vários indicadores, motores, histoquímicos e enzimáticos (Adaptado de Denis et al.,1992)

| **Indicadores** | **100 m** (n = 8) | **800 m** (n = 8) |
|---|---|---|
| Lactato (mmol.kg$^{-1}$ww) | 32.4 ± 4.5 | 23.2 ± 4.9 |
| Pico de Potência (W.kg$^{-1}$) | 14.8 ± 1.4 | 11.9 ± 1.6 |
| Trabalho Total (J.kg$^{-1}$) | 391 ± 23 | 379 ± 46 |
| Fibras FT (%) | 59 ± 8 | 42 ± 12 |
| Área ST/Área FT | 0.83 ± 0.12 | 0.98 ± 0.18 |
| Área fibras FT (%) | 64 ± 10 | 43 ± 10 |
| Capilares/mm2 | 330 ± 49 | 367 ± 55 |
| PFK (5mol.min$^{-1}$g prot$^{-1}$) | 367 ± 202 | 314 ± 73 |
| CS | 56 ± 21 | 83 ± 18 |

Pela análise do quadro anterior comprova-se a existência de correlações entre a quantidade de lactato formado no músculo e alguns indicadores tais como pico de potência desenvolvido, percentagem de fibras de contracção rápida (FT), etc.. Como a quantidade total de trabalho não difere significativamente entre os dois grupos, podemos aventar a hipótese de que a potência do exercício, em relação directa com

o perfil fibrilar dos sujeitos, assume o papel fundamental na acentuada estimulação da glicólise, e que a quantidade de trabalho nos meio-fundistas é feita a expensas de uma superior participação aeróbia.

A expressão sanguínea do lactato formado no músculo tem a ver com o perfil intrínseco dos grupos musculares em exercício. Quanto maior for a percentagem de fibras ST menor é a expressão do lactato muscular (Denis et al.,1992).

A potenciação dos mecanismos aeróbios parece ter uma relação directa na taxa de remoção do lactato (Donovan e Brooks,1983), o que induzirá uma resposta glicolítica menos acentuada, qualquer que seja o exercício, em atletas especialistas em esforços de longa duração.

Interessa desde já considerar a diferença do perfil de evolução da cinética do lactato à luz do protocolo utilizado. Se o teste pressupor um incremento progressivo da intensidade a cinética de acumulação do lactato é diferente dum teste supramaximal.

## Futebol

O perfil da evolução do lactato sanguíneo, após prova de esforço máxima, tem a ver com imensos factores, que analisamos na revisão da literatura.

No presente estudo denotamos uma grande homogeneidade na cinética do lactato entre as várias equipas, homogeneidade essa que se acentua quando consideramos os futebolistas de acordo com a respectiva especialização funcional.

O pico de lactato nas várias equipas varia entre 7.8 e 9.1 $mmol.l^{-1}$, o que expressa uma amplitude reduzida, que ainda é menor quando considerados os jogadores por posições específicas. Não se consegue a partir deste indicador discriminar as várias equipas em função do nível competitivo.

Este perfil evidencia uma capacidade de mobilização glicolítica idêntica. Se analisarmos as várias equipas no concernente à taxa de remoção de lactato (diferencial entre o 5 e 10 minutos), evidencia-se a equipa do Famalicão com 1.3 $mmol.l^{-1}$, mas que não é significativamente diferente das outras equipas, exceptuando o Leça que, em virtude de ter sido a única equipa a ser testada no período pré-competivo, apresenta, segundo a nossa apreciação subjectiva, os mecanismos de remoção de lactato "destreinados".

Em alguns estudos denota-se uma cinética do lactato diferente em função do nível competitivo. A interpretação dos resultados, pode seguir diversos caminhos.

Atentemos nos quadros de seguida apresentados:

Quadro 137. Concentração de lactato sanguíneo após exercício intenso e exaustivo em jogadores de futebol dinamarqueses de nível competitivo diferente (Bangsbo,1993)

| Nível Competitivo* | Lactato Sanguíneo ($mmol.l^{-1}$) | | |
|---|---|---|---|
| | 0 min | 4 min. | Pico |
| 1ª Divisão (n=16) | 11.0 (7.9-15.3) | 11.4 (9.7-15.0) | 11.6 (9.7-15.3) |
| 2ª Divisão (n=16) | 10.5 (7.4-13.9) | 12.4 (8.8-17.6) | 12.9 (9.1-17.6) |

Os dados são apresentados com médias e amplitudes de variação
* Estão excluídos os guarda-redes

A leitura do quadro anterior pode-nos fazer levantar as seguintes questões:

1. Será que a expressão superior de lactato sanguíneo nos jogadores da 2ª divisão corresponde a uma superior tolerância láctica, e por arrasto a uma superior capacidade de mobilização energética glicolítica?

Ou que:

2. Um pico menor de lactato sanguínea nos jogadores da 1ª divisão indicia uma superior potenciação aeróbia, com uma taxa de remoção intracelular maior?

É lógico que a análise destes dados simples não nos permite uma elucidação definitiva, acrescida pelo facto da existência de grandes amplitudes de variação dentro das amostras. Precisaríamos de saber os níveis de trabalho mecânico atingidos pelas várias amostras, para assim podermos interpretar com mais fiabilidade os valores expressos. No entanto se nos reportarmos ao que se passa em jogo, o estudo de Ekblom (1986) permitiu relacionar a taxa de acumulação de lactato com o nível competitivo das equipas. Equipas da 1ª divisão acumulavam mais lactato em jogo do que as equipas dos escalões secundários. Isto quererá significar que o estilo de jogo nos escalões principais caracteriza-se por uma superior densidade de estímulos máximos.

Poder-se-á levantar a questão da existência de um perfil específico na cinética do lactato, em função do posicionamento dos jogadores em campo.

Analisemos o quadro que se segue:

Quadro 138. Concentração de lactato sanguíneo após esforço intenso e exaustivo em jogadores dinamarqueses de futebol, a partir da especialização funcional (Bangsbo,1993)

| Especialização Funcional | Lactato Sanguíneo ($mmol.l^{-1}$) | | |
|---|---|---|---|
| | 0 min | 4 min. | Pico |
| Centrais (n=6) | 12.0 (9.7-14.2) | 12.0 (9.5-13.9) | 12.8 (11.6-14.9) |
| Laterais (n=6) | 10.0 (7.9-12.5) | 10.8 (8.8-15.0) | 10.9 (9.1-15.3) |
| Médios (n=12) | 10.4 (7.4-13.1) | 12.5 (9.9-17.6) | 12.9 (10.5-17.6) |
| Avançados (n=8) | 10.9 (8.5-15.3) | 11.6 (9.7-15.0) | 12.0 (9.8-15.3) |

Os dados são apresentados com médias e amplitudes de variação

Podemos verificar que o pico na concentração sanguínea de lactato acontece em todas as situações após os 4 minutos. No nosso estudo verificamos que o pico máximo de concentração de lactato nos futebolistas acontece entre os 5 e 6 minutos.

A análise do quadro anterior permite-nos verificar uma expressão inferior de lactato sanguíneo nos defesas laterais. No futebol moderno exige-se uma grande mobilidade deste jogadores, o que normalmente corresponde a uma superior potenciação aeróbia, com a correspondente taxa de remoção aumentada. A inter-verificação dos dados, permite considerar os defesas centrais como os de pior perfil oxidativo. No entanto a análise isolada deste indicador não nos permite ser mais conclusivos.

Na comparação dos nossos resultados com os de Bangsbo (1993) constatamos que os futebolistas das nossas amostras apresentam uma lactatémia mais baixa, com picos de lactato manifestamente inferiores (9.1 para 12.9 $mmol.l^{-1}$). De igual forma Nowacki et al. (1988) nos futebolistas integrantes da selecção alemã, vice-campeã do mundo em 1982, detectaram, após prova de esforço máxima, valores marcadamente altos de lactato sanguíneo. O comportamento deste indicador, onde salientamos a concecução do pico de lactatémia aos 3 minutos, foi o seguinte:

- Repouso - $1.0 \pm 0.3$ $mmol.l^{-1}$
- 3 minutos - $12.3 \pm 1.9$ $mmol.l^{-1}$
- 10 minutos - $10.9 \pm 2.3$ $mmol.l^{-1}$

A interverificação dos resultados tem de ser feita dentro de um quadro em que o $VO_2max$ deve de igual forma ser equacionado. Assim importa referir que os valores de lactatémia, encontrados por Nowacki et al. (1988) corresponderam a uma amostra de 15 jogadores (selecção nacional alemã) cujo $VO_2max$ médio era de $59.5 \pm 5.4$ $ml.kg^{-1}.min^{-1}$, idêntico ao das nossas amostras da 1ª divisão. $VO_2max$ similares-lactatémias diferentes.

Podemos levantar a hipótese de que a diferença de nível competitivo entre os futebolistas das nossas amostras e da selecção nacional alemã assenta, em termos fisiológicos, numa superior capacidade de mobilização das fontes glicolíticas da selecção alemã.

Pensamos no entanto que um protocolo de esforço contínuo não permite retirar conclusões muito seguras acerca da competência competitiva em modalidades desportivas de carácter intermitente e periodicidade aleatória. Reforçando esta asserção estão os resultados de Chamoux et al. (1988) que encontraram em 13 jovens futebolistas de 17 anos cujo $VO_2max$ era de 54.9 ± 4.8 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$, um pico de lactatémia de 11.5 ± 1.2 $mmol\text{-}l^{-1}$ após prova de esforço contínua em cicloergómetro. Isto quer significar, que a lactatémia por si só não transporta informação suficiente para discriminar níveis competitivos no futebol.

Quanto à comparação da taxa de remoção de lactato sanguíneo (diferença entre o pico de concentração e os 10 minutos) é ligeiramente superior na selecção alemã. Os valores médios de 1.4 $mmol.l^{-1}$ são comparáveis somente a duas equipas da nossa amostra, Famalicão (1.2 $mmol.l^{-1}$) e Gil Vicente (1.0 $mmol.l^{-1}$ ) e Maia (0.9 $mmol.l^{-1}$). As outras equipas apresentam valores mais baixos, salientando-se o valor baixo da equipa do Leça (0.1 $mmol.l^{-1}$), o que é normal, em virtude do estado de treino, em que o potencial aeróbio está reduzido, o que afecta directamente o índice de remoção do lactato. No entanto, a importância do nível de treino na *clearence* do lactato sanguíneo não é questão pacífica. Parece que a cinética do lactato, após efluxo para a corrente sanguínea, apresenta uma inércia própria que é pouco alterada pelo treino.

É interessante verificar que a taxa de remoção não apresenta, em equipas treinadas, grande variabilidade, o que indicia que a cinética deste indicador após passagem para a corrente sanguínea não varia muito, entre as várias equipas. Estes dados são corroborados por Basset et al. (1991) que encontraram um perfil idêntico na *clearence* do lactato sanguíneo em indivíduos treinados e destreinados. Como a acumulação de lactato depende da intensidade de trabalho desenvolvida (Denis et al.,1992; Graham,1988), e o pico de lactato sanguíneo é mais rapidamente obtidos pelos indivíduos treinados (Basset et al.1991) a solicitação glicolítica mais intensa pode determinar diferentes picos de lactatémia.

Gollnick et al. (1973) asseveram que são necessários entre 5 a 7 minutos para equilibrar a taxa muscular e sanguínea de lactato. Alguns atletas no entanto atingem esse ponto de equilíbrio antes dos 5 minutos, como comprovamos neste trabalho, o que é confirmado por Roth (1991) que salienta a possibilidade de ao fim de 2 minutos se poder atingir o pico de lactatémia.

Se sujeitos treinados atingem o pico de lactatémia mais cedo, não encontramos resposta suficiente para o facto de sujeitos bem treinados apresentarem picos de lactatémia diversos. Como o efluxo de lactato do músculo para o sangue é feita por transporte facilitado (Brooks,1991), podemos levantar a hipótese de que em alguns indivíduos existem mais proteínas de transporte ou menores resistências dos tecidos à difusão.

A validação dos processos glicolíticos no futebol carece de estudos mais aprofundados, pois se alguns autores não acham importante no futebol a capacidade láctica (Arcelli et al.,1980; Withers et al.,1982) a expressão da lactatémia em alguns momentos de jogo é deveras significativa (Gerisch et al.,1988), bem como os níveis de deplecção glicogénica no final do jogo (Saltin,1973; Smaros,1980), o que nos deve levar a reequacionar a importância da glicólise como processo fundamental de apoio energético no futebol.

O problema que se levanta diz respeito à importância do treino de "tolerância láctica" para o futebol. Pensamos que em alguns momentos de jogo, a expressão da potência láctica é importante, embora seja difícil de concretizar o nível dessa expressão (Tumilty et al.,1988).

Como vimos na revisão da literatura não existem esforços anaeróbios alácticos puros (excluindo como é óbvio os movimentos explosivos e de curta duração, tais como remates, saltos e *sprints* máximos que não excedam 2-3 segundos, considerados de forma isolada, pois a somação destes estímulos específicos vai inexoravelmente depender das fontes glicolíticas). A mobilização das fontes glicolíticas acontece desde o início de um esforço de intensidade maximal, pelo que a sua importância em vários momentos do futebol, principalmente nos de grande densidade de estímulos, não pode ser negligenciada. Um *sprint* de 2.5 segundos de duração já promove um aumento nítido de lactato sanguíneo (Balsom et al.,1992).

A expressão da lactatémia nos jogadores alemães evidencia uma grande capacidade de mobilização muscular. O protocolo em cicloergómetro utilizado por Nowack et al. (1988) para a determinação do $VO_2max$ e consequente medição da taxa de concentração plasmática de lactato, foi feito por patamares de esforço relativizados ao peso corporal ($Watt.kg^{-1}$). Da amostra total (15) 7 futebolistas da selecção alemã conseguiram manter durante 1 minuto uma carga de 5 watt.kg-1, o que corresponde a uma capacidade muscular considerável. Oito anos antes (1974), somente um elemento integrante da então equipa campeã do mundo (Paul Breitner) conseguiu atingir esse patamar de esforço. Isto indicia a importância crescente que se dá ao treino da força no futebol moderno.

O nosso protocolo utilizou o tapete rolante, pelo que não podemos estabelecer paralelos comparativos com os resultados alemães, no plano da capacidade de trabalho.

## Atletismo

A solicitação energética durante a corrida está condicionada quer à intensidade quer à duração da mesma.

Interessa, para nos localizarmos na tentativa de validar a cinética do lactato após prova de esforço máxima, analisar o comportamento das reservas de fosfocreatina.

Assim, no decurso duma prova de 100 m de intensidade máxima a deplecção da fosfocreatina (CP) acontece entre os 5 e 7 segundos (Hirvonen et al.,1987). Quanto maior for o nível competitivo do *sprinter* maior e mais rápida será o nível de deplecção da CP (Hirvonen et al.,1987). Estes autores detectaram uma deplecção da CP de cerca de 88% após 5.5 s, durante um esforço supramaximal de 11 s. Os *sprinters* mais aptos chegavam, no mesmo lapso de tempo a uma deplecção de 100%. Cheetham et al. (1986) encontraram uma deplecção de 53, 66 e 64% da CP, para *sprints* máximos de 5, 11 e 30 s respectivamente.

Importa reter que o fluxo glicolítico aumenta concomitantemente à diminuição da concentração de CP e da relação ATP/ADP; nos primeiros 5 s de um exercício máximo o fluxo glicolítico é detonado (Boobis et al.,1983), defendo Hirvonen et al. (1987) que desde o início da fase de aceleração ambos os mecanismos energéticos CP e Glicólise são solicitados. Nas provas de 100 e 200 m 55% do ATP produzido provém da glicólise (Hautier et al.,1994).

Se o exercício for sub-máximo, o padrão de solicitação energética altera-se. Hirvonen et al. (1992) ao estudarem a prova de 400 m, pela análise do comportamento dos substratos energéticos, em distâncias menores corridas à velocidade da prova de 400m, comprovaram que durante a fase de aceleração a ressíntese do ATP era feita a expensas da CP, sendo a contribuição da glicólise pequena. Entre os 100 e os 200 m o aporte energético via CP diminuia, aumentando a glicólise. Após os 200 m começava a manifestar-se a fadiga (decréscimo da velocidade) embora a CP não estivesse ainda depleccionada e o lactato não atingisse o nível máximo. No final dos 400 m manifestava-se cumulativamente a deplecção da CP e o máximo individual de lactatémia.

Durante um exercício de intensidade correspondente a 100% do $VO_2max$, no qual a exaustão acontece entre os 2 e os 9 minutos, a CP fica reduzida a níveis muito baixos após 2 a 3 minutos (Karlsson,1971).

O tipo de exercício define a cinética do lactato segundo Hirvonen et al. (1992). Para estes autores o pico de lactatémia acontecia aos 3 minutos após *sprints* de 100 e 200 m, e 6 minutos após 300 e 400 m. Não encontraram qualquer correlação entre *performance* e os níveis de lactato muscular e sanguíneo.

O nível de concentração de lactato sanguíneo é diferente no terreno e no laboratório. Raramente no laboratório se conseguem picos de lactato similares ao terreno, devido quer a aspectos de eficiência mecânica (com dissipação de energia), quer à regularidade do esforço quer ainda aos aspectos motivacionais (Bricki e Dibie,1980).

Estas considerações são corroboradas pelo quadro que se segue.

Quadro 139. Comparação da frequência cardíaca e da lactatémia após uma prova de competição e uma prova de esforço (Brikci e Dibie,1980)

| Atletas de 1.500 m | **Competição** | | **Prova de Esforço** | |
|---|---|---|---|---|
| | FC ($bat.min^{-1}$) | Lactatémia ($mg.l^{-1}$) | FC ($bat.min^{-1}$) | Lactatémia ($mg.l^{-1}$) |
| A | 188 | 1429 | 183 | 773 |
| B | 190 | 1887 | 183 | 959 |
| C | 197 | 1374 | 197 | 561 |
| D | 204 | 1225 | 197 | 470 |

Como podemos verificar as diferenças são muito significativas, o que vem atestar a impossibilidade de simular completamente uma dada prova competitiva em laboratório.

Existem no entanto, alguns estudos que conseguiram promover fortes concentrações de lactato sanguíneo em provas laboratoriais. Taunton et al. (1981) utilizando dois testes (Teste de Wingate e Teste Máximo de 5 min. no tapete rolante) detectaram os seguintes valores de lactatémia em meio-fundistas e fundistas:

Quadro 140. Lactatémia em meio-fundistas e fundistas após duas provas de esforço (Taunton et al.,1981)

| **Amostra** | **Idade** (anos) | **$VO_2max$** ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) | **Fibras ST** (%) | **Lactato** após Wingate | **Lactato** após Teste 5' |
|---|---|---|---|---|---|
| Meio-fundo (n=8) | 20.4 ± 3.4 | 62.8 ± 4.3 | 52.2 ± 8.7 | 8.6 ± 1.3 | 15.0 ± 0.4 |
| Fundo (n=7) | 24.7 ± 0.9 | 68.7 ± 3.9 | 65.4 ± 5.5 | 8.0 ± 0.4 | 11.9 ± 1.6 |

No entanto é verificável que os valores se não aproximam dos obtidos no terreno. A análise do quadro anterior permite-nos verificar as diferenças entre os dois tipos de testes. Pensamos que as diferenças tão acentuadas se devem à dificuldade de em ciclo-ergómetro se atingir a eficiência mecânica que permita a solicitação plena muscular. A utilização de protocolos progressivos até à exaustão, como o que foi utilizado no nosso estudo, não permite atingir tais valores de lactatémia, pois a progressividade do esforço permite o pleno funcionamento dos mecanismos de remoção do lactato, o que não aconteceu nos testes referentes ao estudo de Taunton et al. (1981).

Igualmente se salienta o menor nível de lactatémia dos fundistas o que corresponde ao seu superior percentagem de fibras de alto teor oxidativo, o que facilita os processos de remoção de lactato.

Chamamos a atenção para o diferencial de concentrações de lactato entre o músculo e o sangue após o mesmo tipo de teste (Wingate). Denis et al. (1992) encontraram 23.2 ± 4.9 mmol de lactato por kg de músculo húmido, enquanto a expressão sanguínea é somente, segundo Taunton et al. (1981) de 8.6 ± 1.3.

Lacour et al. (1990) encontraram em especialistas de 400, 800 e 1.500 m concentrações de lactato sanguíneo de 20.1 ± 2.2, 21.9 ± 2.1 e 20.8 ± 2.7 respectivamente, após competição de alto nível. Estes valores são quase impossíveis de obter em laboratório.

Para os denominados especialistas da "velocidade pura" os valores de lactato sanguíneo medidos após provas de competição são mais baixos. Assim Hautier at al. (1994) encontraram concentrações médias de 8.5 ± 0.8 e 10.3 ± 0.8 $mmol.l^{-1}$ de lactato após provas competitivas de 100 e 200 m respectivamente.

Proença (1991[b]) concluiu da correspondência entre a duração da prova e a concentração de lactato sanguíneo (7.5 $mmol.l^{-1}$ - 100 m; 13.9 $mmol.l^{-1}$ - 200 m e 20.6 $mmol.l^{-1}$ - 300 m). Parece que os 300 m representam bem a potência dos mecanismos glicolíticos, pois os especialistas de 400 m, realizando um teste de terreno maximal (300 m + 1minuto, com intervalo de 16 minutos entre esforços) desenvolveram uma concentração de lactatémia ligeiramente superior aos 300 m (22.1 ± 1.6 $mmol.l^{-1}$; amplitude 20.1-23.6 $mmol.l^{-1}$) (Proença,1991[a]).

Quanto mais longa a prova (até aos 800 m) maior é o nível de concentração de lactato, embora este não esteja relacionado com a *performance* nos 100 e 200 m (Hautier et al.,1994), nos 100 m (Hirvonen et al.,1987), nos 400 m (Hirvonen et al.,1992). Contrariando estas posições Lacour et al. (1990) encontraram uma relação positiva entre a *performance* e a concentração de lactato após provas competitivas de 400 e 800 m.

Quer-nos parecer, e como os próprios autores (Lacour et al.,1990) reconheceram a estreita amplitude de variação da lactatémia entre atletas, que a correlação da *performance* com a concentração sanguínea de lactato, é pelo menos controversa.

Pelo atrás exposto reconhece-se a necessidade de relativizar os dados recolhidos, a vários factores que em cima indicamos, já que se a concentração sanguínea de lactato obtida em provas de competição, pode dar algumas indicações acerca da interferência do potencial anaeróbio na *performance,* os dados laboratoriais são de mais difícil validação (Lacour et al,1990).

Segundo alguns autores os fundistas parecem acumular menos lactato sanguíneo do que os *sprinters* e os meio-fundistas (Costill et al.,1973). De

igual forma parece que os meio-fundistas acumulam mais que os fundistas (Taunton et al.,1981). Tudo indicia que quanto mais elevado é o potencial oxidativo de um atleta menos manifesta é a concentração sanguínea de lactato.

Rocker et al. (1994) ao estudarem a concentração de lactato sanguíneo após prova máxima de esforço em tapete rolante, verificaram os seguintes picos ($mmol.l^{-1}$):

- Indivíduos destreinados - 10.42 ± 3.22
- Treinados em *endurance* - 8.76 ± 3.21
- Especialistas de 400 m (elite) - 9.52 ± 2.0

Estes dados corroboram os de Costill et al. (1973) e evidenciam um sistema de remoção intramuscular por via oxidativa, menos eficaz nos indivíduos destreinados.

No entanto, a capacidade de indivíduos destreinados atingirem superiores expressões de lactatémia após prova de esforço maximal, não é conclusão pacífica. Quard et al. (1978) encontraram superiores concentrações de lactato sanguíneo em desportistas treinados que em adultos jovens sedentários.

Pensamos que o problema assenta na potência desenvolvida pelos indivíduos. Jacobs et al. (1983) encontrou em mulheres, menos lactato muscular que nos homens, após o mesmo tipo de exercício, o que estava relacionado com a potência de trabalho desenvolvida.

Acresce a isto que o perfil fibrilar dos atletas também joga um papel importante, no processo formação-remoção do lactato. Os velocistas das nossas amostras atingiram um pico de 9.5 ± 1.5 $mmol.l^{-1}$ a uma velocidade média de 20.0 ± 2.3 $km.h^{-1}$, os meio-fundistas 7.8 ± 2.7 $mmol.l^{-1}$ a 23.8 ± 1.2 $km.h^{-1}$ enquanto os fundistas chegaram aos 7.6 ± 2.1 $mmol.l^{-1}$ a 24.2 ± 1.5 $km.h^{-1}$. Estes resultados indiciam um perfil adaptativo nos velocistas que não facilita a remoção intrínseca muscular do lactato formado durante o exercício.

Um dado que se salienta da análise dos nossos resultados diz respeito ao facto de que os meio-fundistas atingiram o pico de lactato sanguíneo antes dos 5 minutos. Esta resposta atípica quando comparamos com todas as outras amostras, pode querer significar uma adaptação específica destes especialistas, em que o $VO_2max$ assume superior valor preditivo da *performance* (Camus,1992) e consequentemente conseguem manter durante mais tempo o patamar correspondente à potência máxima aeróbia. Atingindo o pico de lactato mais cedo, e em função da eficiência dos mecanismos oxidativos, que também caracterizam estes atletas, a taxa de remoção começa mais cedo a funcionar em pleno.

Estas hipóteses terão de ser solidificadas com replicações noutras amostras, no sentido da validação e generalização destes resultados.

Como podemos averiguar no quadro 136 os velocistas atingem o pico de lactato sanguíneo mais alto. Tal facto indicia o perfil fibrilar, com

predominância das fibras de tipo II; no entanto, embora dentro de valores mais altos, o perfil de taxa de remoção é idêntico às outras amostras.

### Futebol *versus* Atletismo

A interverificação dos resultados permite verificar que o padrão da cinética do lactato é idêntico entre todas as amostras. Como o tratamento estatístico demonstrou a grande variabilidade dentro de cada amostra, não permite conclusões seguras.

No entanto, salienta-se a similitude entre futebolistas e velocistas, embora estes apresentem um pico superior, que pode ser resultado, de uma superior solicitação dos mecanismos glicolíticos, ou de uma menor capacidade de remoção.

Sabemos, pela revisão da literatura, que os futebolistas apresentam um perfil oxidativo muscular superior aos velocistas. Tal facto, aliado à menor velocidade máxima de prova conseguida pelos futebolistas, pode em parte justificar a especificidade das curvas de acumulação de lactato.

A análise deste indicador, não nos permite vislumbrar qualquer similitude entre os futebolistas e os vários especialistas das corridas do atletismo. Denota-se única e exclusivamente um perfil de remoção do lactato sanguíneo idêntico, que se verifica também noutras amostras.

## 6.2. Indicadores Somáticos

### 6.2.1. Somatótipo

A análise do somatótipo permite-nos vislumbrar a correspondência entre uma dada modalidade desportivo e o tipo somático específico. Se em relação a algumas modalidades (e.g. as várias especialidades do atletismo) é mais ou menos fácil descortinar essa correspondência, noutras (e.g. o futebol) não se consegue evidenciar um somatótipo específico.

Temos de realçar que a análise do somatótipo corresponde a uma visão integrada de vários factores, cuja força individual por vezes se esbate no consideração de conjunto.

No caso particular do somatótipo a abordagem sistémica é bem conseguida, pois valida a interpenetração dos factores em detrimento da consideração individual dos mesmos.

Assim dois indivíduos com alturas e pesos diferentes podem apresentar somatótipos idênticos.

## Futebol

A análise dos resultados parece não evidenciar qualquer disposição somática especial entre os futebolistas, que relacione o perfil somático com a especialização funcional.

O futebol moderno não privilegia a criação de estereótipos somáticos específicos, à luz das posições normalmente ocupadas pelos jogadores em campo. Tomemos, como referência, os seguintes exemplos do futebol português, e que integram as nossas amostras:

- **Avançados**, E. (Leça) e C. F. (Famalicão)
- **Centrais**, El. (Gil Vicente) e R. B. (Boavista)

Quadro 141. Comparação de alguns dados somáticos de alguns futebolistas em função da especialização funcional

| Sujeitos | Altura (cm) | Peso (kg) | Somatótipo | Gord. (%) | Gord. (kg) | Classificação Somatotipológica |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Centrais** | | | | | | |
| El. | 190.9 | 84.0 | 2.2-3.6-3.3 | 12.4 | 10.5 | Mesomorfo-ectomorfo |
| R. B. | 175.4 | 70.0 | 1.5-3.7-2.6 | 7.8 | 5.5 | Ectomórfico mesomorfo |
| **Avançados** | | | | | | |
| E. | 163.8 | 70.0 | 2.4-6.6-0.5 | 11.5 | 8.0 | Endomórfico mesomorfo |
| C. F. | 175.8 | 77.0 | 4.1-4.6-1.0 | 18.6 | 14.3 | Mesomorfo-endomorfo |

Como podemos verificar, as diferenças somáticas entre jogadores que ocupam as mesmas posições em jogo são manifestas, o que não permite evidenciar um tipo somático específico dos futebolistas à luz da especificidade funcional, cuja dispersão na somatocarta é a característica dominante na caracterização somatotipológica dos atletas desta modalidade desportiva.

As diferenças somáticas entre os vários jogadores especializados no mesmo tipo de funções são por vezes manifestas, pelo que é difícil discernir o perfil somático de acordo com a especificidade funcional. Tal foi denotado no nosso estudo, em que não encontramos diferenças com significado estatístico, quanto ao somatótipo, em função da especialização funcional dos jogadores, embora alguns indicadores somáticos considerados isoladamente, como o peso e a altura, evidenciem diferenças significativas entre jogadores em função da posição, como podemos ver pelo quadro acima indicado.

Pensamos existir alguma relação entre perfil somático e especialização funcional dentro do futebol, embora os limites de validação destas considerações sejam muito estreitos.

Os futebolistas do presente estudo apresentam uma dominância do mesomorfismo, o que corrobora os dados de outros autores em relação ao futebol europeu (Apor, 1988; Boennec et al, 1980; Stepnicka,1974; White et al.,1988). No entanto Sodhi e Sidhu (1984) concluíram que os futebolistas indianos são mais ectmórficos do que os dos outros países.

Quanto à determinação do somatótipo em futebolistas de acordo com a especialização funcional, as referências da literatura corroboram os nossos dados. Excluíndo os guarda-redes que não fazem parte das nossas amostras, as diferenças entre posições são pequenas e sem significado estatístico (Sodhi e Sidhu,1984; Withers et al.,1986).

Quando consideramos as nossas amostras de futebolistas de acordo com a especificidade funcional, verificamos que o perfil do somatótipo é muito idêntico, e a haver diferenças elas são devidas às equipas e não às posições. Isto significa que a variabilidade de somatótipo, em função da posição, é anulada no cômputo da apreciação global da equipa.

De igual forma, a partir da análise do somatótipo não podemos fazer qualquer inferência acerca do nível competitivo das várias equipas. Estes dados corroboram a posição de Kirkendall (1985) que não vislumbra qualquer relação entre a excelência futebolística e o somatótipo.

Constatamos que o perfil médio somatotipológico de todos os futebolistas classifica-os como Mesomorfos Equilibrados. De igual forma os futebolistas húngaros de elite se enquadram nesta classificação, embora demonstrem uma acentuação da componente mesomorfa (2.1-5.1-2.3) (Apor,1988). Esta característica parece ser típica do futebol do leste europeu. Stepnicka (1986) encontrou em 72 futebolistas checoslovacos os seguintes valores médios de somatótipo (2.3-5.9-2.0). Estes valores indiciam uma forte muscularidade, que tem, no nosso entender, uma relação directa com a correcção do processo de treino quanto às dominantes relacionadas com a força.

## Atletismo

No atletismo, se englobarmos todas as especialidades, a diferenciação entre atletas a partir do somatótipo é mais facilmente concretizável do que no futebol. Todavia se nos reportarmos unicamente às especialidades de corrida, essa diferenciação é menos nítida.

Essa dificuldade de diferenciação dos vários especialistas das corridas do atletismo, comprovou-se no presente estudo, embora em algumas amostras estudadas por outros autores se possam denotar perfis somatotipológicos diversos. Atentemos no quadro que se segue.

Quadro 142. Valores médios (±SD) do somatótipo de vários especialistas das corridas do atletismo checoslovacos (Stepnicka,1986)

| Especialidade | n | Endomorfismo | Mesomorfismo | Ectomorfismo |
|---|---|---|---|---|
| 100, 200 m | 31 | 1.8 ± 0.7 | 5.3 ± 0.8 | 3.0 ± 1.1 |
| 400 m | 9 | 1.8 ± 0.5 | 5.7 ± 0.6 | 2.9 ± 0.5 |
| 800, 1.500 m | 11 | 1.4 ± 0.2 | 4.6 ± 0.9 | 3.5 ± 0.8 |
| 3.000 m | 14 | 1.4 ± 0.2 | 4.2 ± 0.9 | 3.7 ± 0.7 |

Como podemos comprovar os *sprinters* diferenciam-se dos meio-fundistas a partir da análise de todas as componentes primárias do somatótipo, com superior realce da expressão da componente mesomorfa que indica um perfil de muscularidade acentuado.

No presente estudo, essa diferenciação não foi tão nítida, embora se denote o mesmo perfil de evolução das componentes em função do aumento de distância de competição dos vários especialistas.

Os valores de endomorfismo e ectomorfismo dos atletas checoslovacos são idênticos aos dos atletas do presente estudo. No entanto, de igual forma ao que se verificou nos futebolistas, o perfil de muscularidade relativa, dado pelo valor do mesomorfismo, indicia superiores preocupações com o treino de força nos países de leste.

Carter e Heath (1990) encontraram para velocistas, meio-fundistas e fundistas olímpicos valores de endomorfia e ectomorfia similares aos das nossas amostras. No entanto no respeitante à Mesomorfia as diferenças são assinaláveis. Pensamos que a ausência de trabalho de musculação sistemática, correctamenta dirigida para a *performance*, é a razão primeira dos fracos valores de mesomorfismo nos nossos velocistas. Quanto aos fundistas e meio-fundistas a atenuação da componente mesomorfa do somatótipo é resultante natural da especialização, e que acarreta uma acentuada inexpressividade da massa muscular. Pensamos que de igual forma existe um certo défice de trabalho muscular, mesmo nos especialistas das corridas longas, mesmo partindo do pressuposto de que os factores de rendimento não estão directamente relacionados com a força muscular.

A análise dos velocistas não permite vislumbrar qualquer diferenças no somatótipo, entre especialistas de 100 - 200 m e 400 m.

Os fundistas de nível A, apresentam valores médios mais altos de endomorfismo que os fundistas de nível B, e valores mais baixos de ectomorfismo. São idênticos quanto à componente mesomorfa.

Parece que os melhores fundistas da nossa amostra são mais baixos (menor expressão de linearidade) e apresentam um perfil de adiposidade ligeiramente mais elevado que os fundistas de nível menos elevado. Pensamos que esta verificação se circunscreve à amostra por nós seleccionada, pois Bale et al. (1986) demonstrou em especialistas dos 10.000 m, (n = 60) uma menor expressão da endomorfia nos atletas de elite quando comparados com outros dois grupos de menor nível performativo.

Quanto aos meio-fundistas, verificamos, inclusivé a partir da análise do somatótipo, a incongruênica do agrupamento (pelo menos nas nossas amostras).

Atentemos nas diferenças do perfil somático.

Quadro 143. Comparação do perfil do somatótipo entre especialistas de meio-fundo curto e longo

| Especialidade | Endo | Meso | Ecto |
|---|---|---|---|
| Meio-fundo curto (800 e 1.500 m) n=6 | 1.6 ± 0.2 | 3.3 ± 1.0 | 3.2 ± 0.8 |
| Meio-fundo longo (3.000, 5.000 e 10.000 m) n=4 | 1.4 ± 0.2 | 2.9 ± 1.1 | 3.7 ± 1.1 |

Podemos verificar, pela análise conjugada do mesomorfismo e ectomorfismo, uma diferenciação clara entre os dois tipos de especialistas que englobamos como um grupo. Essa diferenciação expressa-se claramente na somatocarta, posicionando-se os atletas de meio-fundo longo (com excepção de um) na 2ª zona da somatocarta (Stepnicka,1986). Os especialistas de 800 e 1.500 m são fundamentalmente ecto-mesomórficos enquanto os especialistas de provas mais longas se classificam geralmente como meso-ectomórficos.

Para a afirmação ou infirmação do valor destes dados, outros estudos são exigidos em virtude da exiguidade da amostra, embora se evidencie nos nossos meio-fundistas e fundistas um valor baixo de endomorfia, o que está de acordo com outros dados da literatura (Housh et al.,1984; Thorland et al.,1981).

## Futebol *versus* Atletismo

Apesar da variabilidade do somatótipo no seio dos futebolistas que é expresso na análise da somatocarta, as diferenças são atenuadas quando se considera quer as equipas quer os jogadores por posição específica. Parece haver uma tendência dos futebolistas para a mesomorfia equilibrada.

As dissemelhanças entre futebolistas e os vários especialistas das corridas do atletismo, no concernente a este indicador, são marcantes.

Futebolistas - mesomorfos equilibrados

Velocistas - ectomórfico mesomorfo

Meio-fundistas - mesomórfico ectomorfo

Fundistas - mesomorfo-ectomorfo

A classificação das várias amostras segundo os critérios de Carter e Heath (1990) permite-nos verificar as diferenças entre os vários grupos. Seria de esperar uma certa similitude entre meio-fundistas e fundistas, o que se não verificou, acentuando-se a vertente ectomorfa dos meio-fundistas.

A análise somatotipológica das amostras do presente estudo não permite evidenciar qualquer similitude entre os futebolistas e os vários especialistas do atletismo em qualquer das componentes primárias do somatótipo. Alguns autores (Toriola et al.,1985) encontraram valores

idênticos de endomorfia entre futebolistas e velocistas. No nosso estudo as diferenças são marcantes em relação a todos os indicadores.

A componente endomorfa que consubstancia o grau de adiposidade, diferencia bem os futebolistas das amostras do atletismo. Estes resultados são corroborados pela análise da composição corporal, em que se demonstra que futebolistas apresentam um índice de adiposidade subcutânea superior aos vários especialistas do atletismo.

De salientar os valores bem nítidos de ectomorfia dos meio-fundistas e fundistas, o que evidencia um índice de linearidade, que é expressão da extrema magreza e valores baixos de massa magra dos sujeitos, pois são mais baixos que os futebolistas e velocistas.

É de estranhar os valores mais baixos de mesomorfia nos velocistas quando comparados com os futebolistas. Isto quer significar, talvez, o menosprezo pela potenciação muscular do trem superior, que penso ser um dos erros crassos no processamento de treino dos velocistas portugueses.

Em síntese, podemos afirmar que à luz dos dados do presente estudo, não existe nenhuma semelhança somatotipológica entre os futebolistas e os vários especialistas das corridas do atletismo.

### 6.2.2. Composição Corporal

A utilização da medição das pregas de adiposidade subcutânea permite-nos duma forma fácil e não invasiva a determinação da composição corporal. No entanto estamos conscientes das limitações e falácias deste método, que se consubstanciam nos seguintes pontos (Clarys et al.,1987):

- A compressibilidade das pregas de adiposidade subcutânea não é constante
- Duas pregas de adiposidade subcutânea com a mesma expressão métrica podem possuir diferentes concentrações de gordura
- As pregas de adiposidade subcutânea estão significativamente correlacionadas com o tecido adiposo externo. Contudo a relação com a adiposidade interna é menos evidente, e a relação com a gordura intramuscular é desconhecida.

No entanto, como método expedito de detecção de índices de adiposidade corporal, está generalizado, e quando respeitadas as regras protocolares pode carrear informação segura sobre o perfil corporal dos sujeitos estudados, mesmo que aceitemos, como natural, a emergência de qualquer erro sistemático no processo de mensuração.

Nos testes de composição corporal do nosso estudo seleccionamos dois indicadores, a percentagem de gordura e a quantidade de massa magra.

Vários estudos demonstraram elevados índices de correlação entre a percentagem de gordura e o rendimento desportivo (Housh et al., 1988; Boileau e Lohman,1977), evidenciando-se como postulado a incompatibilidade entre a excelência competitiva e altos índices de adiposidade subcutânea.

Valores óptimos de adiposidade são impossíveis de definir, apresentando no entanto cada modalidade desportiva um perfil mais ou menso diferenciado.

O mínimo de gordura específico de cada actividade desportiva é difícil de determinar, pois são vários os factores que podem condicionar a validação do perfil de adiposidade de um dado grupo de atletas. No entanto, como ficou evidenciado na revisão da literatura, o peso supérfluo onera energeticamente qualquer actividade desportiva.

## Futebol

O fulcro das preocupações no âmbito desportivo, referente à validação dos conceitos acerca da composição corporal assenta no facto de saber qual a combinação ideal de massa magra e gordura, que contribui para a *performance* nas várias actividades desportivas.

Os valores óptimos de gordura corporal para futebolistas são difíceis de definir. Wilmore e Costill (1987) apresentam os valores polares de 7 e 12%. No entanto, se não levarmos em consideração a metodologia utilizada na recolha dos dados, bem como a seleccção das fórmulas de conversão para detecção dos valores de densidade corporal e percentagem de gordura, torna-se difícil fazer a interverificação dos dados.

O nosso estudo demonstrou a inexistência de diferenças com significado estatístico, em relação à percentagem de gordura corporal, quer entre as várias equipas quer entre os jogadores em função da especialização funcional, o que demonstra a pequena variabilidade deste indicador.

Os resultados de outros autores portugueses (quadro nº ) corroboram os nossos, pelo que podemos induzir que os futebolistas portugueses apresentam valores de reduzida variabilidade de gordura corporal.

Quadro 144. Composição corporal de jogadores profissionais portugueses de futebol (Barata et al.,1993)

| Amostra | n | Idade (anos) | Peso (kg) | Altura (cm) | Gordura (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| Guarda-Redes | 13 | 25.8 ± 6.5 | 80.3 ± 5.2 | 180.3 ± 3.9 | 11.9 ± 2.2 |
| Centrais | 26 | 23.6 ± 3.2 | 77.2 ± 7.0 | 181.3 ± 4.2 | 10.5 ± 2.4 |
| Laterais | 21 | 24.6 ± 3.7 | 71.4 ± 4.9 | 173.6 ± 5.1 | 9.7 ± 2.0 |
| Médios | 33 | 24.4 ± 4.4 | 73.2 ± 4.9 | 176.4 ± 4.0 | 10.3 ± 2.3 |
| Avançados | 26 | 24.9 ± 3.8 | 73.2 ± 6.3 | 176.1 ± 5.9 | 10.3 ± 2.1 |

Os valores extremos das nossas amostras (12.6% ± 2.7) correspondem à equipa do Leça única equipa medida em período pré-competitivo, que apresenta valores idênticos à equipa do Gil Vicente (12.5% ± 2.5) medida em pleno período competitivo.

A variabilidade deste indicador entre os períodos competitivos e pré-competitivos (considerado um período de transição de menor actividade física), não é estatisticamente significativa ($p<0.05$), como demonstra o nosso estudo.

Quer-nos parecer que existe uma certa estabilidade na composição corporal de atletas, que salvo raríssimas excepções, não é afectado pelos comportamentos dietéticos e ocupacionais dos períodos não competitivos.

Estes dados são corroborados pelo estudo de Vos (1980) que encontrou as seguintes variações da composição corporal no decurso de um ano, para a mesma amostra de jogadores:

Percentagem de gordura - de 12.6 ± 3.4 para 13.0 ± 3.3

Massa Magra (kg) - 68.2 ± 5.5 para 67.2 ± 5.8

Peso corporal (kg) - 78.2 ± 7.9 ± 77.3 ± 6.8

Embora as diferenças não sejam significativas, denotou-se um ligeiro aumento da percentagem de gordura corporal, com uma ligeira diminuição da massa magra, o que conjugadamente redundou numa correspondente diminuição do peso corporal.

Portanto são admissíveis pequenas variações dos valores de gordura corporal, que no caso dos futebolistas parecem não afectar o nível de rendimento desportivo.

Quando considerados os futebolistas de acordo com a respectiva especialização funcional, a amplitude de variação das médias da percentagem de gordura é pequena (10.7 ± 2.2 dos laterais para 12.1 ± 2.9 dos avançados). Malgrado a inexistência de diferenças com significado estatístico entre as várias posições, denota-se nos avançados uma superior tendência para a acumulação de adiposidade subcutânea, que tem a ver no nosso entender, com o perfil de treino e competição deste tipo de futebolistas.

Os laterais apresentam um índice menor de gordura, e a mesma quantidade de massa magra dos avançados, o que os torna mais

económicos, já que a diferença de peso entre estes dois tipos de futebolistas é feita a expensas da gordura supérflua, o que inexoravelmente afecta o perfil dos deslocamentos dentro do campo.

Existe uma certa relação entre a especificidade funcional de um atleta e o seu perfil somático (Janeira,1994), o que no caso do futebol se evidencia com clareza. Assim os avançados e centrais, são em média mais altos e mais pesados que os médios e laterais, o que se relaciona com o perfil típico de deslocamentos específicos (Rebelo,1993), e pressupõe um processo selectivo natural dos sujeitos para a função. A superior mobilidade dos médios e laterais expressa-se entre outros indicadores num perfil somátipo típico.

A análise comparativa dos nossos resultados com outras amostras apresenta grandes dificuldades, em virtude da variedade de metodologias empregues. Os nossos resultados são corroborados pelos estudos de Brewer e Davis (1991), Puga et al. (1991) e Rahkila e Luhtanen (1991) e contrariados por outros autores. White et al. (1988) encontraram valores muito superiores bem como Brewer e Davis (1991) em amadores. Causarano et al. (1991), Heller et al. (1991) e Novak et al. (1978) detectaram valores inferiores.

Pensamos que as diferenças podem advir das diferenças metodológicas, rácicas (normalmente a raça negróide apresenta índices mais baixos de adiposidade corporal (Malina et al.,1982) e ambientais.

A análise dos elementos negróides do nosso estudo não demonstrou qualquer diferença nítida quanto ao somatótipo. Evidenciam um valor de mesomorfia, ligeiramente mais elevado em relação à amostra global de futebolistas.

## Atletismo

A análise dos resultados respeitantes às nossas amostras evidenciaram diferenças significativas entre os velocistas e os outros dois grupos.

Os velocistas do nosso estudo são muito homogéneos quanto à percentagem de gordura corporal. Mesmo que consideremos os especialistas de 100 e 200 m por um lado e os especialistas de 400 m por outro,não se denotam diferenças. Pensamos que tal se fica a dever ao respectivo nível de *performance* que é muito idêntico. Mero et al. (1981) e Mero e Komi (1986) encontraram correlação negativa, em *sprinters,* entre o nível da *performance* e a percentagem de gordura corporal. No estudo de Mero e colaboradores o número de sujeitos era elevado e a amplitude das marcas muito grande. No nosso caso, a dimensão da amostra não permite conclusões desse tipo.

Apresentamos no quadro nº a percentagem de gordura corporal em alguns velocistas norte-americanos de elite, com medalhas em jogos

olímpicos e campeonatos mundiais. Mesmo partindo do pressuposto que os atletas de raça negróide apresentam um índice de gordura menor que as outras raças (DiPrampero et al.,1970), salientam-se os valores extremamente baixos deste indicador da composição corporal nos atletas inscritos no quadro 145 Barnes (1981) levanta a hipótese de que a excessiva magreza dos *sprinters* norte-americanos é mais determinada por selecção natural do que pela acção do treino. Pela análise desses valores será difícil, senão impossível, estabelecer qualquer correlação entre o nível de *performance* de um atleta e o seu perfil de adiposidade subcutânea. Quando o nível competitivo da amostra é muito elevado, torna-se difícil estabelecer com clareza os indicadores diferenciadores entre atletas.

Quadro 145. Algumas variáveis antropométricas de velocistas norte-americanos de elite (Adaptado de Barnes, 1981)

| Variáveis | Harvey Glance | Steve Williams | Steve Riddick | Michael Kee | Charles Foster | James Walker |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 100 m (s) | 10.16 | 10.16 | 10.31 | 10.27 | 13.49 * | 49.21 ** |
| Altura (cm) | 171.0 | 189.8 | 188.1 | 168.0 | 180.9 | 175.7 |
| Peso (kg) | 67.9 | 79.3 | 75.1 | 62.5 | 74.5 | 69.9 |
| % Gordura | 4.2 | 4.2 | 3.8 | 8.6 | 6.4 | 4.4 |

* 110 metros barreiras
** 400 metros barreiras

Entre os meio-fundistas e fundistas do nosso estudo não existem diferenças na quantidade e percentagem de gordura, embora nos meio-fundistas a quantidade de massa magra seja nitidamente superior. Tal facto é justificado pela abrangência do grupo dos meio-fundistas, que englobam sujeito de expressão funcional muito diferente. Assim entre os especialistas dos 800 m e os especialistas dos 5.000 m existem diferenças nítidas a nível do perfil muscular. Normalmente os especialistas de meio-fundo curto são mais altos e mais pesados do que os especialistas do meio-fundo longo (Bunc et al.,1987; Crielaard e Pirnay,1981). Como as percentagens de gordura são idênticas, a diferença ponderal é obviamente devida à quantidade de massa magra.

Quando separamos na nossa amostra de meio-fundistas, os dois tipos de especialistas, verificamos que os especialistas de provas de 800 e 1.500 m são mais altos, mais pesados (peso total e peso da massa magra) embora apresentem valores idênticos de gordura corporal.

A análise dos resultados permite verificar a presença de fortes similitudes entre os especialistas de meio-fundo longo e os fundistas das nossas amostras. Isso é normal, pelas razões aduzidas anteriormente, e que assentam fundamentalmente no tipo de treino e de competições que realizam fora da época de pista.

Interessantemente o estudo de Boileau et al. (1982) detectaram superiores percentagens de gordura corporal em fundistas (9.9% ± 2.1) do que em meio-fundistas (8.6% ± 3.1). De igual forma no nosso estudo os fundistas do nível A apresentam níveis superiores de gordura corporal quando em comparação com os de nível B (7.8% ± 1.0 e 6.7% ± 0.9 respectivamente). Estes resultados indiciam que os fundistas de elite possuem uma grande capacidade de metabolização das gorduras a intensidades de corrida elevadas, pelo que as reservas de gordura, dentro de certos limites, antes de se constituirem como factores de oneração energética, consubstanciam a possibilidade de prolongamento do esforço, importante para quem tem de treinar duas vezes por dia cumprindo substanciais distâncias de treino.

Temos de ter sempre em consideração que a excessiva magreza pode induzir situações patológicas graves. Muitos dos processos de síntese endógena de muitos mediadores químicos do organismo são realizados à custa das gorduras. Uma situação de reduzidos níveis de adiposidade corporal pode induzir disfunções a vários níveis. Nas mulheres maratonistas essa disfuncionalidade pode acontecer em relação ao controle do ciclo ovariano, desenvolvendo a designada amenorreia atlética (Sinning,1985), que é normalmente reversível quando as condições de treino ou alimentação se alteram.

Completando o atrás referido, Housh et al. (1988) não encontraram grande correlação entre a *performance* na corrida de meio-fundo (3.22 km) e a quantidade de gordura corporal. Esta somente apresentava uma força preditiva de 5.4% em relação à *performance*.

Outros estudos, no entanto, apresentam resultados que conflituam com os anteriores. Deason et al. (1991) encontraram uma forte correlação ($r = 0.736$; $p < 0.05$) entre a *performance* na corrida dos 800 m e a percentagem de gordura corporal. Quer-nos parecer que o problema reside no nível performativo dos sujeitos. Quanto mais largo for o espectro competitivo duma dada amostra, mais facilmente se encontram correlações positivas entre os vários indicadores e a *performance*.

Um factor que fortemente condiciona o índice de adiposidade corporal, mesmo em fundistas, é a idade (Hartung e Squires,1982). No entanto, nas nossas amostras a variabilidade de idades é reduzida, pelo que não é de todo possível verificar a acção deste factor na distribuição de gordura corporal. Contudo a média de idades dos fundistas é maior do que a dos meio-fundistas, pelo que se o factor idade jogasse no caso particular do nosso estudo algum papel importante, os fundistas demonstrariam um superior perfil de adiposidade, situação que não se verifica em termos estatisticamente significativos.

Normalmente o perfil de adiposidade corporal é determinado pela especialidade praticada. DiPrampero et al. (1970) em atletas olímpicos (velocistas, meio-fundistas e fundistas) detectaram que a percentagem de

gordura corporal diminuía quanto mais longa era a prova em questão. Estes dados foram corroborados por Bricki (1991).

A comparação dos nossos valores com os expressos na literatura internacional, tem de ser efectuada com muito cuidado. Mesmo em casos em que se utilizam os mesmos procedimentos na recolha e tratamento dos dados, a variabilidade entre estudos é um factor limitador de qualquer comparação com valor heurístico. Tomemos como referência o estudo de Mokha e Sidhu (1987) que escolheram para cálculo da densidade corporal a mesma fórmula de conversão da utilizada no presente estudo. O valor de percentagem de gordura corporal para os "corredores" (e englobam-se aqui todas as especialidades de corridas) é de 19.7% ± 3.0. Estes valores, no nosso entender excessivos, devem fazer questionar a validade das comparações, quando se não controlam todos os procedimentos na recolha e análise dos dados. O cálculo da percentagem de gordura corporal por Absorciometria Fotónica *(Dual Photon Absorptiometry)* utilizada por Galea et al. (1990), permitiu calcular em corredores de fundo valores médios de 8.0% , o que valida em certa medida os nossos dados.

Outros autores apresentam valores de gordura corporal idênticos aos do presente estudo. Assim Kenney e Hodgson (1985) detectaram em especialistas dos 5.000 m e 3.000 m-obstáculos, respectivamente 8.8% ± 0.8 e 9.2% ± 0.5. Ready (1984) em meio-fundistas encontrou valores médios de 7.8% ± 1.0.

Pollock et al. (1977) encontraram valores de adiposidade sub-cutânea inferiores aos nossos. Para meio-fundistas 5.0 ± 3.5% e para fundistas de elite 4.3 ± 3.0%.

Como as fórmulas para o cálculo da percentagem de gordura foram diferentes das utilizadas por nós, os valores apresentados só tem importância como referência.

No entanto, mesmo dentro do mesmo grupo de atletas e utilizando os mesmos procedimentos analíticos, pode-se verificar grande variabilidade. Walters et al. (1991) ao medirem 942 maratonistas, cuja média de gordura corporal era de 13%, verificaram uma amplitude de variação muito elevada (2 a 28%). O nosso estudo não demonstrou grande variabilidade já que o nível competitivo da nossa amostra não apresentava diferenças marcantes.

O estudo de Walters et al. (1991) permitiu concluir a existência de uma estreita relação entre a percentagem de gordura corporal e o ritmo de corrida expresso pelo tempo por quilómetro, o que vem a manifestar-se na *performance* na maratona.

## Futebol *versus* Atletismo

Embora só se denotem diferenças com significado estatístico entre futebolistas e meio-fundistas e futebolistas e fundistas, a análise do quadro nº permite-nos verificar que o perfil de composição corporal dos velocistas é substancialmente diferente dos futebolistas. Embora entre estes dois grupos exista uma nítida similitude quanto à quantidade de massa magra, como os futebolistas apresentam valores superiores de peso corporal, existe uma quantidade de peso supérfluo que afecta negativamente o perfil somático dos futebolistas.

Quer-nos parecer que as exigências motoras do futebol, pressupõem qualidades musculares, pelo menos em parte idênticas às dos velocistas. Tal pressupõe uma dada quantidade de massa muscular que seja o suporte anatómico dos esforços rápidos e explosivos que caracterizam o jogo. O problema reside na superior acumulação de gordura, que onera energeticamente todo o tipo de deslocamentos.

No entanto olhando para a excelência performativa de jogadores como Maradona ou Romário poderíamos ser levados a diminuir a força das considerações atrás expendidas. Pensamos que (salvo os nadadores de longo curso) em nenhuma situação se encontram justificações para o acúmulo de gordura supérflua em desportistas. O excesso de peso, por acumulação de gordura corporal além de tornar os sujeitos menos económicos, age sobre o controle do movimento (afectando a coordenação, o ritmo, a destreza, etc...) aumentando a propensão para as lesões de sobrecarga. O ponto de ruptura do equilíbrio biomecânico denotado pelo excesso de gordura é impossível de calcular, pois varia em função da estrutura óssea, ligamentar e articular do sujeito, bem como dos constrangimentos específicos de cada modalidade desportiva.

Portanto, podemos concluir que entre futebolistas e os vários especialistas das corridas do atletismo, existe identidade somática entre futebolistas e velocistas no respeitante à quantidade de massa magra. Essa identidade já não existe quando comparamos quer a quantidade de gordura quer a percentagem que lhe corresponde em relação ao peso corporal.

Os velocistas têm forçosamente de apresentar níveis baixos de gordura corporal, pois qualquer excesso de peso não directamente relacionado com o aumento da massa muscular limpa afecta negativamente a *performance,* como já foi discutido anteriormente.

Os futebolistas conseguem escamotear a afectação da economia de corrida à custa da excelência técnica e inteligência na ocupação dos espaços, acrescendo a isso que, o tipo de deslocamentos só raramente privilegia um perfil de aceleração e de manutenção de velocidade maximal idêntico ao das provas de velocidade.

A comparação entre futebolistas e meio-fundistas e fundistas não apresenta qualquer ponto de contacto nos indicadores da composição corporal. Os especialistas das corridas longas do atletismo têm na economia de corrida, ou seja, no gasto energético na unidade de tempo, um dos nós górdios do seu valor performativo. Como vimos na revisão da literatura um só quilograma de peso é suficiente para afectar dramaticamente o tempo final numa prova como a maratona. Para um maratonista, correndo ao nível das melhores marcas do mundo, 1 quilograma adicional de peso onera energeticamente o exercício em 65 $ml.min^{-1}$ (Sinning,1985).

Parece existir uma tendência para os especialistas das provas longas apresentarem um índice corporal mais baixo, que os especialistas das provas mais curtas. Pensamos que no jogo dos vários factores intervenientes na *performance* nas corridas de longa duração, a estatura bem como a eficiência biomecânica expressa pelo comprimento da passada, vão perdendo progressivamente força preditiva, emergindo a diminuição do peso e a altura como factores determinantes na consecução da economia de movimento.

De igual forma parece que as exigências de potência muscular vão progressivamente diminuindo com a distância a percorrer. Embora isso seja verdade, não significa o menosprezo pelo treino da força que caracteriza os nossos fundistas, e que mais cedo ou mais tarde lhes vem a afectar quer o rendimento quer a regularidade do treino e competição.

Podemos concluir, dentro do quadro de exigências típicas do futebol, que o futebolista em termos de composição corporal deve conseguir o compromisso de desenvolvimento de uma percentagem de massa magra idêntica aos velocistas e com um perfil de adiposidade próximo dos fundistas.

Tal desiderato é difícil de conseguir, pois pressupõe a conjugação de vários factores, como o treino, a dieta e a motivação para manter uma imagem corporal adequada à prática desportiva.

## 6.3. Força Explosiva dos Membros Inferiores

A força muscular (qualquer que seja a sua expressão) é um requisito essencial da *performance* desportiva e o carácter específico de cada modalidade determina a evidência da qualidade física em jogo (força máxima, potência ou resistência de força).

A recorrência a indicadores da condição muscular, expressa pelos níveis de força, é de extrema importância para a caracterização de qualquer grupo de atletas.

Em algumas modalidades desportivas o índice de correlação entre as várias expressões de força e o nível competitivo de um atleta é facilmente

verificável. Noutras, e englobamos aqui os especialistas de esforços de longa duração, é muito mais difícil correlacionar a força com rendimento e nível desportivo.

Pensamos, no entanto, que mesmo em especialistas de meio-fundo e fundo, um teste que visa determinar os níveis de força explosiva, pode permitir retirar ilacções acerca do perfil motor das várias sub-amostras.

## Futebol

O quadro de exigências do futebol coloca os jogadores perante uma série de problemas a resolver. Uns de ordem técnica ou táctica, outros relacionados com o perfil de condição física.

Para nós a Técnica (considerada aqui de forma abrangente) consubstancia a síntese de todas as capacidades físicas. Assim, os movimentos errados ou desajustados que acontecem em determinados momentos do jogo de futebol, têm mais a ver com deficiências ao nível da condição física do que com limitações de ordem técnica. Para nós a técnica, não pode ser vista em abstracto, mas antes deve ser considerada como o somatório de *skills* desenvolvidos em "tempo útil".

Dentro dos factores de condição física, um dos mais importantes é a força. As várias *nuances* de força (máxima, resistente e explosiva) são importantes para o futebol. No entanto, a força explosiva tem correspondência directa com vários movimentos específicos do futebol (remate, salto, cabeceamento, acelerações, mudanças de direcção).

Será de esperar que a expressão dos valores de força explosiva, de forma mais saliente dos membros inferiores, seja evidente nos futebolistas.

Pela análise dos nossos resultados podemos verificar que o perfil de força explosiva das várias equipas da nossa amostra é muito idêntico. A amplitude dos valores médios (em cm) do SJ (35.0 - 37.2) e CMJ (35.6 - 37.9) permite verificar por um lado a homogeneidade das amostras, e fundamentalmente o diferencial de valores entre o CMJ e SJ, o que vem demonstrar uma marcante ineficácia de reutilização da energia elástica armazenada na fase excêntrica do movimento de salto. O diferencial entre o CMJ e SJ (índice de elasticidade) nos futebolistas do presente estudo varia entre 0.3 e 2.1. Futebolistas analisados noutros estudos apresentam valores mais elevados quer dos saltos quer do diferencial entre saltos. Eis alguns valores: SJ - 37.0; CMJ - 43.5 (Bosco,1991), SJ - 40.4; CMJ - 43.5 (Faina et al.,1988), SJ - 35.8; CMJ - 38.6 (Luhtanen,1989), SJ - 45.0; CMJ - 53.3 (Taiana, 1993).

Parece indiscutível que os futebolistas portugueses, na comparação dos níveis de força explosiva, com as amostras internacionais do mesmo nível, apresentam valores médios inferiores, que correspondem na nossa

opinião, à negligência do treino dos factores relacionados com a força. Os valores médios da nossa amostra, são iguais aos dos amadores italianos avaliados por Faina et al. (1988).

Esta situação não é exclusiva do futebol, mas corresponde de igual forma ao perfil condicional de outros jogos desportivos colectivos, como podemos apreciar no quadro que se segue. No entanto no caso do Andebol, as diferenças não são significativas, o que pode indiciar algumas preocupações com o trabalho de força nos escalões etários mais jovens, ou o fraco nível do andebol italiano já que ambos os valores absolutos são baixos.

Quadro 146. Comparação dos valores médios de SJ e CMJ entre equipas portuguesas e de vários países em diversas modalidades desportivas

| Modalidade Desportiva | SJ (cm) | CMJ (cm) | Autor |
|---|---|---|---|
| Voleibol Soviético | 43.3 | 49.4 | Viittasalo,1982 |
| Voleibol Português | 40.5 | 42.0 | Janeira et al.,1991 |
| Basquetebol Finlandês Elite | 41.5 | 43.9 | Hakkinen, 1991 |
| Basquetebol Português Elite | 39.4 | 40.9 | Janeira, 1994 |
| Andebol Italiano Elite | 37.4 | 37.7 | Bosco, 1991 |
| Andebol Português Junior Elite | 36.5 | 36.6 | Maia, 1993 |

O défice de força dos futebolistas portugueses é notória e a sua génese entronca nas seguintes razões:

- falta de trabalho sistemático assente em programações elaborados no rigor e na cientificação dos processos. Muitos treinadores aceitam a inclusão de programas de treino visando a força, na fase inicial do período pré-competitivo, e depois com o advento do campeonato negligenciam esta importantíssima vertente da preparação do jogador.
- rejeição da importância do treino da força, acreditando que a força natural do sujeito responde cabalmente às necessidades do jogo.
- dificuldade em cumprir os planos elaborados. A pressão dos resultados induz muitos treinadores a procurar no treino técnico e táctico as soluções dos problemas de rendimento das equipas.
- crença no dogma negativo de que o treino de força faz perder velocidade e flexibilidade.
- rejeição atávica dos jogadores ao treino de força (situação anómala que vai sendo progressivamente erradicada do futebol português) partindo do pressuposto de que somente o treino com bola é importante.
- dificuldades logísticas manifestas, que muitas vezes impossibilitam um trabalho correcto.

A análise dos resultados dos futebolistas do presente estudo, no respeitante à avaliação da força explosiva, ao contrário de outros indicadores, não permite qualquer discriminação entre equipas e entre divisões. Isto somente quer significar uma nivelação por baixo.

Se a análise global, permite detectar uma clara homogeneidade, a análise deste indicador a partir da especificidade funcional ganha contornos mais diferenciadores, embora o tratamento estatístico verifique uma grande variação em função das posições específicas e a reclassificação dos elementos nos grupos originais demonstra uma interpenetração classificativa. Somente cerca de 36% dos sujeitos estão correctamente classificados, o que vem reforçar a nossa tese de que é muito difícil encontrar um indicador que diferencie claramente os jogadores por posições.

Assim, e em correspondência com o perfil dos deslocamentos habitualmente desenvolvidos durante o jogo, os laterais e médios, apresentam valores ligeiramente menores de força explosiva do que os avançados e centrais, que mais do que indiciar um treino específico, resulta na nossa opinião de uma adaptação à função (mais saltos), e fundamentalmente da maior quantidade de massa muscular, pois existe uma relação entre a área da secção transversa do músculo e os índices de força. De igual forma, o perfil da curva Força-Tempo é alterado pelo treino (Viitasalo,1980).

## Atletismo

No programa de treino dos velocistas o desenvolvimento da força assume papel primordial.

Uma prova de velocidade, e podemos tomar como referência os 100 metros, pode ser subdividida em várias fases, cada uma delas caracterizada por um determinado complexo de qualidades neuro-musculares. No entanto, para cada fase, salientam-se as seguintes qualidades ou capacidades motoras (Garcia,1993; Schmolinsky,1982; Woicik,1988):

Fase da partida - Velocidade de Reacção e Força Máxima

Fase de Aceleração - Força Explosiva ou Potência, com incidência fundamental entre os 0 e 40-50 metros

Fase de Manutenção da Velocidade Máxima - Coordenação neuro-muscular (posição corporal, amplitude e frequência da passada, etc.)

Fase de Desaceleração - Resistência de Velocidade.

Como podemos constatar uma percentagem muito significativa da corrida de velocidade é feitas a expensas da potência dos membros inferiores e superiores (não podemos esquecer a importância mecânica da acção propulsora dos braços durante a corrida).

Portanto, será natural, encontrar-se correlações positivas entre a *performance* nas corridas de velocidade e os testes de força explosiva dos membros inferiores.

O quadro que se segue, explicita com clareza, a relação entre a *performance* e o perfil motor dos *sprinters.*

Quadro 147. Comparação de algumas características físicas e tempo aos 100 metros, em 3 grupos de velocistas de nível diferente (Adaptado de Mero et al.,1981)

| **Variáveis** | **Grupo A** (n = 9) | **Grupo B** (n = 8) | **Grupo C** ( n = 8) |
|---|---|---|---|
| Marca aos 100 m (s) | 10.7 ± 0.3 | 11.1 ± 0.3 | 11.5 ± 0.2 |
| SJ (cm) | 46 ± 5.0 | 43 ± 6.0 | 37 ± 4.0 |
| CMJ (cm) | 52 ± 5.0 | 47 ± 5.0 | 43 ± 7.0 |
| % Fibras FT (*Vastus lateralis* ) | 66.2 ± 10.3 | 62.0 ± 7.0 | 50.4 ± 4.8 |

Podemos de igual forma averiguar a correspondência entre a *performance* competitiva, a *performance* avaliada pelos testes motores e o perfil fibrilar dos atletas.

Os velocistas do presente estudo apresentam os seguintes valores:

SJ - 40.4 ± 6.6

CMJ - 43.8 ± 7.0

No entanto, se seleccionar-mos somente os especialistas de 100 metros da nossa amostra, verificamos valores ainda mais baixos:

SJ - 38.5 ± 7.3

CMJ - 41.8 ± 6.0

Estes resultados indiciam uma clara e manifesta carência de força nos nossos velocistas. Força considerada em todas as dimensões, pois pomos a hipótese de que testes de força máxima (dinâmica e isométrica) provocariam resultados equivalentes e demonstrariam o défice atávico de força dos *sprinters* portugueses.

Os valores médios encontrados por Bosco (1991) para os especialistas de 100 e 200 metros italianos (SJ - 43.8; CMJ - 53.0), corroboram a *décalage* de condição física básica dos nossos *sprinters.*

De salientar os valores modestos do índice de elasticidade (diferencial entre o CMJ e SJ) dos velocistas do presente estudo (± 3.8 cm) quando comparados com os valores dos velocistas italianos (± 10 cm) e finlandeses (± 6 cm).

Se analisarmos os valores dos especialistas dos 400 m do nosso estudo, verificamos que os valores de força explosiva que os caracterizam (SJ - 41.0; CMJ - 45.4 ± 8.1; PM - 42.6) são similares à amostra de Bosco (1991). Excluímos os valores de potência mecânica, Atentemos no quadro que se segue:

Quadro 148. Valores médios de força explosiva de vários especialistas das corrida de velocidade prolongada do atletismo (Bosco,1991)

| Especialidade | n | Peso (kg) | Altura (cm) | SJ (cm) | CMJ (cm) | CMJ-SJ (cm) | Pot.Mec. (Watt) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 400 m | 4 | 70.1 | 177.7 | 39.9 | 45.0 | 5.1 | 28.9 |
| 400 mb | 6 | 65.4 | 175.4 | 42.0 | 46.5 | 4.5 | 29.2 |

Podemos verificar que contrariamente aos especialistas de 100 e 200 m, a comparação entre especialistas dos 400 m, permite verificar a similitude entre a amostra italiana e a nossa. No entanto se expurgarmos um "out-lier" que além de competir normalmente dos 400 m (melhor marca pessoal 48".5/10) é o recordista nacional de triplo-salto, os valores são ligeiramente inferiores (SJ - 39.5 ± 7.7; CMJ - 42.7 ± 6.3; PM - 36.3 ± 11.9). Pelo conhecimento que temos dos atletas e respectivos processos de treino sabemos que os quatrocentistas trabalham de forma sistemática as qualidades de força, o que se veio a reflectir, normalmente, nos resultados.

O perfil fibrilar de um atleta determina não só o seu nível de *performance* dentro duma mesma especialidade (Mero et al.,1981), como permite de certa forma diferenciar atletas de especialidades diferentes. Esta asserção pode ser confirmada pela análise do quadro seguinte.

Quadro 149. Distribuição das fibras musculares em velocistas, meio-fundistas e fundistas

| Músculo | Velocidade | Meio-fundo | Fundo | Autor |
|---|---|---|---|---|
| Gastrocnemius % fibras ST | 24 | 66.6 | 69.4 | Costill et al., 1976 |
| Vastus Lateralis % de fibras | I: 29.8±10.2<br>IIA: 42.8±8.5<br>IIB: 26.8±12.8 | | I: 58.6±11.4<br>IIA: 32.8±6.2<br>IIB: 8.6±12.8 | Johansson et al., 1987 |
| Vastus Lateralis % fibras FT | 56.6 ± 7.0 | | 33.0 ± 12.2 | Parkhouse et al., 1983 |
| Vastus Lateralis % fibras ST | 46.0 ± 7.0 | | 60.0 ± 10.0 | Boros-Hatfaludy et al.,1986 |

Como podemos averiguar no quadro precedente, existe uma caracterização fibrilar específica, em função do tipo de esforço que se desenvolve. Salientamos a dificuldade, mesmo a nível da distribuição das fibras musculares, de diferenciar os especialistas de fundo e meio-fundo.

Em relação à força explosiva dos meio-fundistas do presente estudo, constatamos que este indicador permite diferenciar de forma estatisticamente significativa ($p < 0.05$) o perfil motor dos meio-fundistas curtos e meio-fundistas longos.

Estes dados corroboram a aproximação dos especialistas de meio-fundo longo aos fundistas e os de meio-fundo curto aos velocistas, embora com se diferenciem nitidamente desses grupos.

Quadro 150. Comparação da força explosiva entre especialistas de meio-fundo curto e meio-fundo longo

| Especialidade | SJ (cm) | CMJ (cm) | Pot. Mec. (15") (Watt.kg$^{-1}$) |
|---|---|---|---|
| Meio-fundo curto (800 - 1.500 m) | 36.0 ± 3.6 | 38.3 ± 5.2 | 46.1 ± 9.8 |
| Meio-fundo longo (3.000, 5.000, 10.000 m) | 25.7 ± 2.7 | 27.6 ± 2.7 | 30.4 ± 8.8 |

Neste plano particular, denota-se que existe uma clara separação das duas sub-amostras. Os meio-fundistas curtos estão mais próximos dos velocistas, enquanto que os meio-fundistas longos apresentam valores similares aos fundistas.

A partir da análise destes resultados constatamos que o agrupamento dos vários especialistas normalmente conotados como meio-fundistas não é correcta à luz deste indicador.

Esta constatação é corroborada pelo estudo de Bosco (1991), cujos resultados se apresentam no quadro 151, e que demonstram um perfil de potência muscular, significativamente diverso, entre especialistas de meio-fundo curto e meio-fundo longo.

Quadro 151. Valores médios de força explosiva de vários especialistas das corrida do atletismo (Bosco,1991)

| Especialidade | n | Peso (kg) | Altura (cm) | SJ (cm) | CMJ (cm) | CMJ-SJ (cm) | Pot.Mec. (Watt) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 800 - 1.500 m | 4 | 68.8 | 181.8 | 39.4 | 43.3 | 5.1 | 27.1 |
| 5.000 - 10.000 m | 15 | 57.3 | 172.0 | 30.7 | 35.0 | 4.3 | 24.2 |

Os fundistas das nossas amostras, apresentam os valores mais baixos. Estes valores médios (SJ -m 24.9; CMJ - 25.8; PM - 32.7) englobam especialistas de 10.000 m que competem de igual forma em provas mais longas (meia-maratona e maratona). Bosco (1991) no grupo dos maratonistas encontrou valores idênticos aos nossos (SJ - 23.0; CMJ - 27.5; PM - 19.9).

Se compararmos, à luz deste indicador, o perfil dos fundistas de nível A e os de nível B da nossa amostra, verificamos a inexistência de diferenças pelo que, neste plano particular constituem um grupo homogéneo.

Algumas constatações se podem retirar da análise dos resultados:

1ª A péssima condição muscular dos velocistas (100 e 200 m) das nossas amostras comparativamente com a bibliografia internacional

2ª O progressivo decréscimo dos valores de potência muscular quando subimos na distância de prova

3ª Que nos fundistas, os indicadores de força explosiva dos membros inferiores não discriminam a elite da não elite. Gostaríamos de salientar que os fundistas que nós consideramos não elite, seriam elite em quase todos os países do mundo.

4ª De uma forma geral, os valores das nossas amostras são inferiores aos valores de referência internacional.

Nota. Tirando raras excepções, os atletas das nossas amostras correspondem à elite portuguesa.

## Futebol *versus* Atletismo

A inter-verificação dos valores de força explosiva das amostras do presente estudo permite verificar que os futebolistas apresentam valores significativamente mais baixos ($p < 0.05$) que os velocistas e significativamente mais elevados ($p < 0.05$) do que os meio-fundistas e fundistas.

Seria de esperar uma maior aproximação dos valores entre futebolistas e velocistas, pois as exigências do jogo relevam da importância da força explosiva. Segundo Apor (1988) a potência explosiva dos membros inferiores dos futebolistas deve ser igual à dos velocistas. No entanto, neste estudo a asserção de Apor não é verificada.

As dissemelhanças, neste indicador, entre futebolistas e especialistas das corridas longas seriam de esperar. Enquanto as exigências de potência muscular são importantes para o futebol, nas corridas de meio-fundo longo e fundo essa qualidade motora é menos importante, embora não negligenciável.

O défice impressionante de força explosiva (e não só explosiva) dos futebolistas das nossas amostras salienta-se com a comparação com os especialistas de meio-fundo curto.

Quadro 152. Comparação da força explosiva entre especialistas de meio-fundo curto e futebolistas

| **Especialidade** | **SJ** (cm) | **CMJ** (cm) | **Pot. Mec. (15")** ($Watt.kg^{-1}$) |
|---|---|---|---|
| Meio-fundo curto (800 - 1.500 m) | 36.0 ± 3.6 | 38.3 ± 5.2 | 46.1 ± 9.8 |
| Futebolistas | 35.6 ± 4.6 | 36.7 ± 5.1 | 39.3 ± 10.3 |

As referências internacionais apontam para valores idênticos de força explosiva em futebolistas e velocistas. No nosso caso particular os meio-

fundistas apresentam valores ligeiramente superiores, o que indicia eventuais deficiências do processo do treino dos futebolistas, já que a caracterização fibrilar dos futebolistas dá-lhes uma superior aptidão para os esforços explosivos. Segundo Jacobs et al. (1991) os futebolistas apresentam entre 40 e 45% de fibras de contracção lenta, enquanto os especialistas de 800 e 1.500 m possuem entre 55 e 60% (Bosco,1985).

Parece que a caracterização muscular dos futebolistas se aproxima mais dos velocistas do que dos especialistas de provas longas. Como o perfil de distribuição fibrilar varia em função do músculo estudado, analisemos o perfil de distribuição de dois tipos de músculos, fortemente solicitados quer no futebol quer nas corridas.

Quadro 153. Perfil de distribuição das fibras musculares no músculo *Vastus Lateralis* em velocistas, fundistas e futebolistas

| Amostra | Fibras FT (%) | Fibras ST (%) | Autor |
|---|---|---|---|
| Velocistas | IIA: 42.8±8.5<br>IIB: 26.8±12.8 | I: 29.8±10.2 | Johansson et al.,1987 |
| Velocistas | 56.6 ± 7.0 | | Parkhouse et al.,1983 |
| Velocistas | | 46.0 ± 7.0 | Boros-Hatfaludy et al.,1986 |
| Fundistas | IIA: 32.8±6.2<br>IIB: 8.6±12.8 | I: 58.6±11.4 | Johansson et al.,1987 |
| Fundistas | 33.0 ± 12.2 | | Parkhouse et al.,1983 |
| Fundistas | | 60.0 ± 10.0 | Boros-Hatfaludy et al.,1986 |
| Futebolistas | 59.8 ± 10.6 | 40.2 | Jacobs et al.,1982 |
| Futebolistas | 55.4 | 44.6 | Ryushi et al.,1979 |
| Futebolistas | IIA: 1.2±0.4<br>IIB: 51.8±13.5 | 47.0±13.3 | Smaros, 1980 |

No músculo *vastus lateralis*, o perfil de distribuição fibrilar é idêntico entre os futebolistas e velocistas, embora as discrepâncias dos vários estudos sejam evidentes. É difícil discernir o perfil fibrilar de uma dada amostra se não levarmos em consideração o nível de *performance* respectivo. O estudo de Mero et al. (1981) evidenciou a diferenciação fibrilar à luz do nível competitivo das amostras.

Quadro 154. Perfil de distribuição das fibras musculares no músculo *Gastrocnemius* em velocistas, fundistas e futebolistas

| Amostra | Fibras FT (%) | Fibras ST (%) | Autor |
|---|---|---|---|
| Velocistas | 24 | 76 | Wilmore e Costill,1994 |
| Meio-fundistas | 52 | 48 | Costill et al.,1976 |
| Fundistas (elite) | 21 | 79 | Costill et al.,1976b |
| Fundistas (não elite) | 31 | 69 | Costill et al.,1976 |
| Futebolistas | 44 | 55.9 | Bangsbo e Mizuno,1988 |

No caso particular do músculo *gastrocnemius* a similitude do perfil distributivo entre velocistas e futebolistas não se verifica. Pensamos que outros estudos são necessários para confirmar estes resultados.

A análise do quadro, permite-nos verificar o perfil fibrilar dos fundistas, cujo nível performativo se relaciona positivamente com a percentagem de fibras ST (Wilmore e Costill,1994).

A análise do perfil fibrilar permite detectar a capacidade para a execução de movimentos explosivos, o que se evidencia com clareza nas amostras do presente estudo.

Outro facto que se salienta diz respeito aos diferenciais entre o CMJ e SJ, e que consubstancia o índice de elasticidade, ou seja a capacidade de potenciação do salto com a energia armazenada na fase excêntrica. O diferencial positivo da nossa amostra de futebolistas é de cerca de 3%, o que é manifestamente pouco. Bosco (1980) encontrou em 6 jogadores da Juventus um diferencial positivo de 19.2%. Evidenciamos que o diferencial é positivo, porque em alguns sujeitos da nossa amostra a diferença CMJ-SJ apresentou valores negativos, o que denota uma completa descoordenação de movimentos, inoperância técnica bem como uma fragilidade muscular surpreendente em que se não conseguem manifestar as qualidades de elasticidade muscular.

Sabemos que as exigências multivariadas do futebolista tornam-no, em termos de condição física, mais um generalista do que um especialista. Daí ressalta a impossibilidade de o caracterizarmos à luz de um só indicador. No entanto, dentro da população dos futebolistas, os indicadores que melhor diferenciam a elite da não elite, são segundo Faina et al. (1988), os relacionados com a condição neuro-muscular (força explosiva, potência aláctica, coordenação e elasticidade).

Das nossas amostras isolamos os futebolistas que já integraram a selecção nacional A (n = 6). Analisamos todos os indicadores que foram o cerne deste estudo e verificamos que estes atletas de *top* só se diferenciam da amostra global pelo peso, altura e $VO_2max$ considerado em termos absolutos. Como este indicador fisiológico está relacionado com os

valores de dimensionalidade corporal, portanto, é pouco esclarecedor acerca do nível de aptidão aeróbia dos sujeitos.

Quer-nos parecer, que a emergência destes indicadores com força discriminativa é circunstancial e não possibilita assacar qualquer nexo diferenciador acerca dos níveis performativos dos futebolistas.

Estes resultados indiciam a dificuldade de discriminação de níveis de *performance* no futebol a partir dos indicadores consagrados neste estudo.

# 7. Conclusões

A abrangência de um trabalho desta natureza, cujo contexto multidisciplinar pode dificultar o vislumbre de nexos de causalidade, permitiu-nos, no entanto, a assunção das seguintes conclusões:

## 7.1. Futebol

### 7.1.1. Análise ao nível das equipas

1º Os resultados do estudo univariado dos indicadores máximos ($VO_2max$ e FCmáx) permitem verificar a homogeneidade das várias equipas da 1ª divisão. De igual forma, se constata a impossibilidade de discriminar, a partir destes indicadores, o nível competitivo das equipas.

Alguns resultados das referências internacionais estão em concordância com os do presente estudo, enquanto outros conseguem diferenciar os níveis competitivos a partir destes indicadores.

2º A análise da velocidade máxima conseguida na prova de esforço ($vVO_2max$) reforça a homogeneidade das várias equipas. Este indicador que caracteriza, de uma forma particular, o perfil funcional dos atletas, não permite discriminar as várias equipas das diferentes divisões.

3º Do conjunto de resultados referentes aos indicadores submáximos que expressam a economia de corrida (Ec), salienta-se o seguinte:

(i) a semelhança das várias equipas, das diferentes divisões, em relação ao $VO_2$ correspondente à velocidade de 16 $km.h^{-1}$

(ii) relativizando o consumo de oxigénio, neste patamar de esforço, ao $VO_2max$, contata-se a emergência da equipa da 2º divisão de honra (Leça) como a menos económica, o que parece corresponder ao seu nível de treino. Esta constatação é reforçada pela análise da $FC_{16}$

(iii) relativizando a $FC_{16}$ à FCmáx comprova-se a similitude da resposta cardíaca das equipas da 1ª e 3ª divisões, o que indicia um nível de adaptação ao esforço superior às equipas da 2ª divisão (honra e B)

(iv) a velocidade de 20 $km.h^{-1}$ somente foi alcançada por 40% da amostra de futebolistas. Não apresenta força heurística como indicador de economia de corrida no futebol, pois corresponde na quase totalidade dos futebolistas à $vVO_2max$

4º Os valores de $L_{AN}$ considerados ao nível do consumo de oxigénio são ligeiramente mais baixos que as referências habitualmente descritas na literatura. Exceptuam-se os valores de duas equipas, Famalicão (1ª divisão) e Castelo da Maia (3ª divisão), mais elevados que as restantes equipas e que indiciam preocupações de treino relevando das dominantes aeróbias.

Se relativizarmos os valores do $L_{AN}$ ao $VO_2max$ não se manifestam diferenças em relação às referências internacionais .

Na análise deste indicador outras conclusões se evidenciam:

(i) entre as equipas da 1ª divisão, salienta-se o Famalicão como a de superior perfil aeróbio.

Nota: enquanto todas as outras equipas da 1ª divisão realizaram um campeonato sem problemas, a equipa de Famalicão lutou pela manutenção neste escalão competitivo até ao último jogo.

(ii) na comparação entre divisões, a equipa da 3ª divisão, apresenta valores de $L_{AN}$ superiores às outras divisões. Estes resultados indiciam a incapacidade deste indicador em discriminar as várias equipas do presente estudo em função do respectivo nível competitivo.

5º A resposta metabólica induzida pela prova de esforço, e consubstanciada na expressão sanguínea da cinética do lactato permitiu verificar a acentuada variabilidade entre os futebolistas, variabilidade essa que se manifestou dentro da equipa, entre as equipas e quanto aos vários momentos de recolha do lactato sanguíneo.

No entanto algumas conclusões se podem estabelecer:

(i) os picos de concentração de lactato aconteceram, em todas as equipas, por volta dos 5 minutos

(ii) os valores das referências internacionais concernentes a equipas de nível competitivo muito diverso (campeões do mundo alemães e 3ª divisão francesa) são superiores aos do presente estudo

(iii) as equipas do presente estudo, avaliadas no decurso da fase competitiva, apresentam um perfil de remoção do lactato sanguíneo idêntico. A única equipa que foi avaliada na 1ª fase do período pré-competitivo, apresenta uma taxa de remoção do lactato sanguíneo mais baixa.

(iv) este indicador não permite discriminar as equipas de futebol do presente estudo em função do respectivo nível competitivo.

6º O estudo do somatótipo dos futebolistas do presente trabalho permite verificar a homogeneidade das várias equipas independentemente do escalão competitivo a que correspondem. Todas as equipas se englobam na categoria de Mesomorfos equilibrados.

Parece existir um protótipo regular do futebol que não é alterado em função do nível competitivo das equipas, quer a nível nacional quer internacional, se exceptuarmos os valores ligeiramente mais altos de mesomorfia dos futebolistas do leste europeu.

7º Do estudo multivariado da composição corporal emerge a homogeneidade das várias equipas, independentemente do escalão em que competem. Os valores ligeiramente mais elevados, de gordura corporal,

da equipa da 2º divisão de honra terão como possível explicação o nível de treino desta equipa no momento da avaliação.

8º Do conjunto de resultados correspondentes ao indicador da força explosiva dos membros inferiores, detectados pelos testes realizados no *ergo-jump,* salienta-se o seguinte:

(i) a homogeneidade das várias equipas da 1ª divisão, homogeneidade essa que não é ferida se se englobar na análise as equipas das outras divisões.

(ii) os valores muito reduzidos dos diferenciais entre o CMJ e o SJ, o que indica claramente a dificuldade dos sujeitos em utilizar de forma proficiente a energia elástica armazenada na fase excêntrica dos saltos.

(iii) os valores nitidamente mais baixos de SJ e CMJ das amostras do presente estudo, quando comparados com os da literatura, o que indicia a negligência do trabalho de força e potência no processo de treino dos futebolistas

(iv) os valores anormalmente altos de potência mecânica em relação aos dados da literatura, o que indicia as dificuldades operativas deste teste em particular.

### 7.1.2. Análise ao nível dos jogadores em função da posição específica em campo

1º Os resultados do estudo das dimensões somáticas permite constatar um perfil específico dos Centrais, que se diferenciam dos jogadores especializados noutras posições (Médios, Laterais e Avançados) quer em relação ao peso quer à altura.

2º Os indicadores máximos ($VO_2max$, FCmáx e $vVO_2max$) não permitem evidenciar um perfil específico duma dada posição. A partir da análise destes indicadores verifica-se a homogeneidade dos jogadores independentemente da especialização funcional.

3º Os indicadores de economia de corrida ($E_{C16}$), quando relativizados aos valores máximos, diferenciam os avançados dos laterais. Dos quatro grupos em análise, os avançados são os menos económicos e os laterais os mais económicos. Tal facto indicia o perfil de movimentações específicas dentro do campo.

4º A análise da economia de corrida ($E_{c20}$), permite verificar, nos atletas que atingiram este patamar (40%) uma grande homogeneidade, nos vários indicadores de consumo de oxigénio e de frequência cardíaca. No entanto, é de salientar as percentagens dos jogadores, por função específica, que

atingiram os 20 km.h$^{-1}$: Médios (73%), Laterais (64%), Centrais (41%) e Avançados (40%).

Estes resultados demonstram a superior *endurance* dos médios e dos laterais, caracterização essa que tem correspondência com as exigências específicas do jogo.

5º O $L_{AN}$, pela análise dos valores de consumo ou da sua relativização ao $VO_2max$, não consegue discriminar os futebolistas por posições, convergindo na constatação da homogeneidade dos futebolistas já expressa por outros indicadores. Diferenciam-se, no entanto, os avançados quanto à $vL_{AN}$, permitindo-nos concluir da menor capacidade aeróbia deste grupo de futebolistas.

6º A análise da cinética de lactato sanguíneo permitiu verificar a similitude de resposta entre os jogadores a partir das posições específicas, com o pico de lactatémia aos 5 minutos e o perfil de remoção idêntico.

7º O estudo multivariado do somatótipo dos futebolistas a partir da especificidade funcional constatou uma marcante homogeneidade. O perfil funcional relacionado com o quadro de constrangimentos específicos de cada posição, não parece reclamar um protótipo somático determinado, denotando-se outrossim a interpenetração somatotipológica das várias funções, situação típica do futebol.

8º Os resultados do estudo multivariado da composição corporal dos futebolistas de acordo com a especialização funcional, permitem salientar o seguinte:

(i) o carácter interactivo das funções à luz dos indicadores de composição corporal

(ii) a evidência de um perfil somático, mais estabilizado no grupo dos centrais, já que é o único grupo que apresenta uma alta reclassificação dos seus elementos (59.1%)

(iii) os valores ligeiramente mais elevados da percentagem de gordura corporal dos avançados e centrais, o que indicia uma certa correspondência com o perfil específico dos deslocamentos em jogo.

9º O perfil motor dos vários grupos, expresso pela avaliação da potência dos membros inferiores determinada pelo teste de Bosco, permite constatar o seguinte:

(i) maior força explosiva dos centrais e avançados, o que está em concordância com o perfil de exigências motoras específicas em jogo

(ii) os médios apresentam valores mais baixos de potência muscular o que é natural. O seu esforço é mais contínuo e prolongado, o que

obviamente acarreta um decréscimo de intensidade que se reflectirá na diminuição dos esforços explosivos

(iii) as dificuldades de discriminação dos jogadores por função a partir deste indicador, pois a percentagem média dos elementos correctamente classificados dentro dos respectivos grupos é manifestamente baixa (36%).

## 7.2. Atletismo

As conclusões mais salientes, concernentes aos vários especialistas das corridas do atletismo, que emergem deste estudo são:

1º A especificidade funcional dos especialistas de meio-fundo curto e meio-fundo longo não permite a sua integração num só grupo. A assunção dos meio-fundistas como um grupo homogéneo foi infirmada pelos resultados. As diferenças mais salientes consubstanciaram-se ao nível dos seguintes indicadores:

(i) frequência cardíaca após prova máxima de esforço

(ii) indicadores de economia de corrida ($E_{c-16}$): $VO_{2-16}$, $VO_{2-16}$.%$VO_2$max, $FC_{16}$, $FC_{16}$.%FCmáx

(iii) percentagem do $VO_2$max ao $L_{AN}$

(iv) $FC_{20}$ e $FC_{20}$.%FCmáx

(v) expressão da lactatémia

(vi) força explosiva dos membros inferiores

(vii) perfil somatotipológico

2º O estudo univariado e multivariado do perfil configuracional dos velocistas, meio-fundistas e fundistas, permite evidenciar as seguintes conclusões:

(i) progressiva diminuição do peso e altura, dos velocistas para os meio-fundistas e destes para os fundistas, o que indicia, nas corridas prolongadas, uma relação positiva entre a eficácia biomecânica e a "pequenês" dimensional

(ii) em relação ao somatótipo, verifica-se a atenuação da endomorfia e acentuação da ectomorfia nos meio-fundistas e fundistas em relação aos velocistas

(iii) em relação à composição corporal, os resultados da função discriminante confirmam a relação entre o perfil configuracional do atleta e a funcionalidade específica, de difícil diferenciação entre meio-fundistas e fundistas, mas clara entre estes dois grupos e os velocistas

3º Os resultados do estudo univariado dos indicadores máximos ($VO_2$max, FCmáx e v$VO_2$max) permitiu-nos vislumbrar um perfil

diferenciador das várias amostras. que integrando os vários indicadores nos indicia o seguinte:

(i) progressiva diminuição da frequência cardíaca máxima, indiciando nos especialistas de provas longas uma bradicardia funcional, quer em repouso quer em exercício máximo

(ii) superior aptidão dos meio-fundistas e fundistas para desenvolverem superiores velocidades de corrida, em esforço contínuo e de intensidade progressiva

(iii) superior potencial aeróbio máximo (expresso pelo consumo máximo absoluto e relativizado ao peso corporal) dos fundistas em relação aos meio-fundistas, e destes em relação aos velocistas

(iv) a inexistência de correlação positiva, nos fundistas do presente estudo, entre os valores de $VO_2max$ e a performance

4º Em relação aos indicadores de economia de corrida ($E_{c-16}$ e $E_{c-20}$) salientam-se as seguintes constatações:

(i) que o consumo de oxigénio a uma dada velocidade, por si só, não consegue caracterizar o perfil de eficiência funcional de um atleta

(ii) essa caracterização é plenamente conseguida, pela relativização ao VO2max, do consumo de oxigénio a uma dada velocidade

(iii) a $E_{c-16}$ discrimina, perfeitamente, os velocistas dos meio-fundistas e fundistas. No entanto, este indicador não tem força suficiente para diferenciar os meio-fundistas dos fundistas

(iv) a $E_{c-20}$ já apresenta algum poder discriminador entre meio-fundistas e fundistas. Este indicador, no entanto, relaciona-se claramente com a performance nos fundistas

(v) a $E_{c-20}$ entre os fundistas de menor nível performativo e os meio-fundistas é idêntica, pelo que mais do que diferenciar meio-fundistas de fundistas (atletas cujos contornos funcionais são por vezes difíceis de descortinar) os indicadores de economia de corrida, apresentam uma função discriminadora quanto ao nível performativo dos sujeitos.

5º A capacidade máxima de corrida em *steady-state* expressa pelo limiar anaeróbio ($L_{AN}$), considerado este em relação à percentagem do $VO_2max$, não discrimina os vários grupos. No entanto, nos meio-fundistas e fundistas evidencia-se, com clareza, uma superior capacidade de utilização do oxigénio, que redunda numa eficácia funcional expressa pela velocidade que conseguem desenvolver em equilíbrio metabólico.

A análise de alguns resultados individuais, permite-nos concluir da perfeita relação da $vL_{AN}$ e $VO_2L_{AN}$ com a *performance* nos fundistas.

A baixa velocidade desenvolvida ao $L_{AN}$ pelos velocistas corrobora outros indicadores conotados com a aptidão aeróbia, que é manifesta e naturalmente menor nestes atletas.

6º A análise da cinética do lactato permite-nos concluir:

- picos máximos de lactatémia idênticos entre fundistas e meio-fundistas
- os meio-fundistas atingem mais rapidamente o pico de lactatémia
- os velocistas, apresentam um pico de lactato sanguíneo nitidamente mais elevado que meio-fundistas e fundistas. Tal indicia o menor poder de remoção intracelular de lactato
- similitude do perfil de remoção do lactato sanguíneo (diferencial entre o pico de lactatémia e os 10') em todas as amostras
- a análise da cinética do lactato, pela respectiva expressão sanguínea, após prova de esforço contínua e de intensidade progressiva, não permite relacionar o perfil de mobilização glicolítica quer após prova curta e supramaximal quer após competição

7º Do conjunto de resultados concernentes aos indicadores de força explosiva sobressai o elevado poder discriminativo de qualquer um dos testes utilizados (SJ,CMJ e PM). Assim salienta-se:

- o nível mais elevado de força explosiva dos velocistas que se relaciona quer com o tipo de exigências competitivas específicas quer com a quantidade de massa magra
- diferenciação nítida entre meio-fundistas e fundistas. Os especialistas de meio-fundo longo apresentam um perfil de força explosiva idêntico aos fundistas, e os especialistas de meio-fundo curto aproximam-se mais dos velocistas, embora as diferenças continuem a ser muito significativas
- entre os velocistas e meio-fundistas e entre estes e fundistas denota-se uma diminuição progressiva dos valores de força explosiva que está de acordo com o tipo de exigências de cada uma das especialidades
- estes indicadores não discriminam o nível competitivo dos fundistas
- nos velocistas, os especialistas de 400 metros apresentam valores mais elevados de força explosiva do que os especialistas de 100 e 200 metros, o que se relaciona com o nível competitivo dos quatrocentistas, que é mais elevado
- os valores muito baixos de força explosiva nos especialistas de meio-fundo longo e fundo, indicia a menor importância dos factores corelacionados com a força neste tipo de atletas.

## 7.3. Futebol *versus* Atletismo

Os indicadores escolhidos para este estudo não permitem vislumbrar qualquer similitude entre os futebolistas e os vários especialistas das corridas do atletismo.

Algumas semelhanças pontuais são mais de carácter circunstancial do que por correspondência funcional sistemática.

Assim:

À luz dos vários indicadores (fisiológicos, somáticos e motores) que foram o fulcro deste estudo, não se encontram justificações para eventuais semelhanças entre o processo de treino dos futebolistas e dos vários especialistas das corridas do atletismo.

A eventual e desejada utilização de meios de treino no futebol retirados do atletismo, consagrará única e exclusivamente um acervo de exercícios inespecíficos, cuja utilidade estará sempre condicionada à eficácia e rentabilização dos meios de treino específico, fulcro da preparação do futebolista.

# 8. Bibliografia

**Abacus Concepts, SuperANOVA**. (Abacus Concepts, Inc., Berkeley, CA, 1989)

Adams, J.; Mottola, M.; Bagnall, K.M. e McFadden, K.D. (1982) Total body fat content in a group of professional football players. **Canadian Journal of Applied Sport Sciences**, Vol. 7 (36-40)

Agnevik, G. (1975) **"Fotboll". Étude physiologique de football**. Traduzido do sueco por M. Robin e J.R. Lacour. Saint-Étienne

Ahlborg, G.; Hagenfeldt, L. e Wahren, J. (1975) Substrate utilization by the inactive leg during one-leg or arm exercise. **Journal of Applied Physiology**, Vol. 39 (718-723)

Allen, W.K.; Seals, D.R.; Hurley, B.F.; Ehsani, A.A. e Hagberg, J.M. (1985) Lactate threshold and distance-running performance in young and older endurance athletes. **Journal of Applied Physiology**, Vol. 58 (1281-1284)

Andersen, P. e Henriksson, J. (1977) Capillary supply of the quadriceps femoris muscle of man: adaptative response to exercise. **Journal of Physiology**, Vol. 270 (677-690)

Apor, P. (1988) Successful formulae for fitness training. In **Science and Football**, Ed. T. Reilly, A.Less, K. Davids, W.J. Murphy, E. & F.N. Spon, London (95-107)

Arcelli, E.; Assi, T. e Sassi, R. (1980) Endurance and football. Proceedings of the **1st International Congress on Sports Medicine Applied to Football**, Ed. L. Vecchiet-Roma, Vol. II (639-642)

Armstrong, R.B. e Phelps, R.O. (1984) Muscle fiber type composition of the rat hindlimb. **American Journal of Anatomy**, Vol. 171 (259-272)

Asmussen, E. (1952) Positive and negative muscular work. **Acta Physiologica Scandinavica**, Vol. 28 (364-382)

Astrand, P.O. (1977) **La chaîne de transport de l'oxygéne. Facteurs limitants**. Colloque de Saint-Etienne

Astrand, P.O. e Rodahl, K. (1986) **Textbook of Work Physiology**. McGraw-Hill Int. Edit., 3ª Edição

Astrand, P.O. e Saltin, B. (1961) Maximal oxygen uptake and heart rate in various types of muscular activity. **Journal of Applied Physiology**, Vol. 16 (977-981)

Ayestarán, E. G. (1993) Bases científicas del fútbol: Aplicación al entrenamiento. **El Entrenador Español (Fútbol)**, Vol. 56 (37-47)

Balbi, R. e Balbi, R. (1982) **Longa viagem ao centro do cérebro**, Edições 70, Persona Vol. 23

Baldwin, K.M. (1985) Effects of chronic exercise on biochemical and functional properties of the heart. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Vol. 17 (522-528)

Bale, P. (1986) Exercise Physiology. A review of the physique and performance qualities characteristics of games players in specific positions on the field of play. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, Vol. 26 (109-121)

Bale, P.; Bradbury, D. e Colley, E. (1986) Anthropometric and training variables related to 10 km running performance. **British Journal of Sports Medicine**, Vol. 20 (170-173)

Balsom, P.D.; Seger, J.Y.; Sjodin, B. e Ekblom, B. (1992) Physiological responses to maximal intensity intermittent exercise. **European Journal of Applied Physiology**, Vol. 65 (144-149)

Bangsbo, J. (1990): Usefulness of blood lactate measurements in soccer. **Science & Football**, Vol. 3 (2-4)

Bangsbo, J. (1991) Anaerobic energy yield in soccer-performance of young players. **Science & Football**, Vol. 5 (24-28)

Bangsbo, J. (1992) Metabolism in soccer. Abstract from the **European Congress on Football Medicine**, Stockholm

Bangsbo, J. (1993) **The Physiology of the Soccer, with special reference to intense intermittent exercise**. August Krogh Institute, University of Copenhagen, Dinamarca

Bangsbo, J. (1994) Energy demands in competitive soccer. **Journal of Sports Sciences**, Vol. 12 (S5-S12)

Bangsbo, J. e Mizuno, M. (1988) Morphological and metabolic alterations in soccer players with detraining and retaining and their relation to performance. In **Science and Football**. Eds. T. Reilly, A. Lees, K. Davis e W.J. Murphy. E. & F.N. Spon, London (114-124)

Bangsbo, J.; Graham, T.E.; Kiens, B. e Saltin, B. (1993) Elevated muscle glycogen and anaerobic energy production during exhaustive exercise in man. **Journal of Physiology**, Vol. 451 (205-227)

Bangsbo, J.; Norregaard, L. e Thorso, F. (1991) Activity profile of competition soccer. **Canadian Journal of Sports Science**, Vol. 16 (110-116)

Barata, J.; Horta, L.; Matos, L. e Miller, R. (1993) Body composition of elite portuguese football players according to their position. Abstract of the **FIMS 7th European Sports Medicine Congress**, Nicosia-Chipre (p.65)

Barnard, R.J.; Grimditch, G.K. e Wilmore, J.H. (1979) Physilogical characteristics of sprint and endurance masters runners. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Vol. 11 (167-171)

Barnes, W.S. (1981) Selected physiological characteristics of elite male sprint athletes. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, Vol. 21 (49-54)

Barthelemy, L. (1981) Variations de la glycémie, de la lactatémie et de la pyruvicémie au cours de l'effort. Application à la surveillance d'une équipe de footballeurs profissionnels. **Médicine du Sport**, Tome 55 (10-15)

Bassett J.R.; Merrill, P.W.; Nagle, F.J.; Agre, J.C. e Sampedro, R. (1991) Rate of decline in blood lactate after cycling exercise in endurance-trained and untrained subjects. **Journal of Applied Physiology**, Vol. 70 (1816-1820)

Batra, M.F.K.S. (1994) Relationship between body fat and anthropometric variables in a large sample of young males. **International Journal of Sports Medicine** Vol. 15 (163-167)

Behnke, A.R. e Wilmore, J.H. (1974) **Evaluation and Regulation of Body Build and Composition**. Englewood Cliffs, NJ. Prentice-Hall Inc.

Bell, W. e Rhodes, G. (1975) The morphological characteristics of the Association football player. **British Journal of Sports Medicine**, Vol. 9 (196-200)

Bergh, U.; Sjodin, B.; Forsberg, A. e Svedenhag, J. (1991) The relationship between body mass and oxygen uptake during running in humans. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Vol. 23 (205-211)

Berry, M.J.; Stoneman, J.V.; Weyrich, A.S. e Burney, B. (1991) Dissociation of the ventilatory and lactate thresholds following caffeine ingestion. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Vol. 23 (463-469)

Bigard, A.X.; Brunet, A.; Serrurier, B.; Guezennec, C.Y. e Monod, H. (1992) **Effects of endurance training at high altitude on diaphragm muscle properties**. Pflugers Arch, Vol. 422 (239-244)

Black, W. (1988) Training for the 400 m. **Track Technique**, Vol. 102 (3243-3245)

Boennec, P.; Prevot, M. e Ginet, J. (1980) Somatotype du sportif de haut niveau. Résultats dans huit disciplines différents. **Médecine du Sport**, Tome 54 (309-318)

Boileau, R.A. e Lohman, T.G. (1977) The measurement of human physique and its effects on physical performance. **Orthopedic Clinics of North America**, Vol. 8 (563-581)

Boobis, L.H.; Williams, C. e Wootton, A. (1983) Human muscle metabolism during brief maximal exercise. **Journal of Physiology**, Vol. 338 (21P-22P)

Borms, J. (1987) **Kinanthropometry: a post graduate course**. ISEF-Universidade Técnica de Lisboa

Boros-Hatfaludy, S.; Fekete, G. e Apor, P. (1986) Metabolic enzyme activity patterns in muscle biopsy samples in different athletes. **European Journal of Applied Physiology**, Vol. 55 (334-338)

Bosco, C. (1980) Elasticity and Football. Proceedings of the **1st International Congress on Sports Medicine Applied to Football**. II Vol., Ed. L. Vecchiet, Roma (629-638)

Bosco, C. (1981) New tests for the measurement of anaerobic capacity in jumping and leg extensor muscle elasticity. **IVBF Official Magazine**, n.1 (22-30)

Bosco, C. (1982) Stretch-shortening cycle in skeletal muscle function; with special reference to elastic energy and potentiation of myoelectrical activity. **Studies in Sport, Physical Education and Health 15**, University of Jyvaskyla, Finland

Bosco, C. (1985) Elasticitá muscolare e forza explosiva nelle attività fisico-sportive. **Societá Stampa Sportiva**. Roma

Bosco, C. (1987) Valoraciones funcionales de la fuerza dinámica, de la fuerza explosiva y de la potencia anaeróbica aláctica com los test de Bosco. **Apunts. Medicina de l'Esport**, Vol. 24 (151-156)

Bosco, C. (1991) Aspectos fisiológicos de la preparación física del futebolista. In **Deporte & Entrenamiento**. Editorial Paidotribo, Barcelona

Bosco, C. e Luhtanen, P.H. (1992) Fisiologia e Biomeccanica applicata al calcio. In **Scienze e Sport**, Società Stampa Sportiva, Roma

Bosco, C.; Luhtanen, P. e Komi, P.V. (1983) A simple method for measurement of mechanical power in jumping. **European Journal of Applied Physiology**, Vol. 50 (273-282)

Bosco, C.; Tarkka, I. e Komi, P.V. (1982) Effect of elastic energy and myoelectrical potentiation on triceps surae during stretch-shortening exercise. **International Journal of Sports Medicine**, Vol. 3 (137-140)

Bourdin, M.; Pastene, J.; Germain, M. e Lacour, J.R. (1993) Influence of training, sex, age and body mass on the energy cost of running. **European Journal of Applied Physiology**, Vol. 66 (439-444)

Brewer, J. e Davis, J.A. (1991) A physiological comparison of english professional and semi-professional soccer players. Abstracts of the **Second World Congress on Science and Football**. Holanda

Brewer, J. e Davis, J.A. (1991) Seasonal variations in the anthropometric and physiological characteristics of international rugby union players. Abstracts of the **Second World Congress on Science and Football**. Holanda

Bricki, M.A. e Dibie, C. (1980) Évolution de la fréquence cardiaque et de la lactacidémie chez desa coureurs de demi-fond. **Médecine du Sport**, Tome 55 (396-401)

Brief, F.K. (1986) **Somatotipo y caracteristicas antropometricas de los atletas Bolivarianos**. Universidade Central de Venezuela, Caracas

Brikci, M.A. (1991a) Caractéristiques morpho-fonctionnelles des coureurs à pied. Profil du coureur. **Médecine du Sport**, Tome 65 (186-193)

Brikci, M.A. (1991b) Profil physiologique des athlètes de haut niveau. Description et outils d'évaluation. **Médecine du Sport**, Tome 65 (194-199)

Brikci, M.A. e Dekkar, N. (1987) Courses à pied. Caractéristiques morpho-fonctionnelles et pronostic. **Médecine du Sport**, Tome 61 (174-179)

Brikci, M.A. e Dibil, C.(1981) Évolution de la fréquence cardiaque et de la lactacidémie chez des coureurs de demi-fond. **Médecine du Sport**, Tome 55 (396-401)

Brooks, G.A. (1985) Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Vol. 17 (22-31)

Brooks, G.A. (1991) Current concepts in lactate exchange. **Medicine and Science in Sports and Exercise,** Vol. 23 (895-906)

Brooks, G.A. e Fahey, T.D. (1984) **Exercise Physiology: Human Bioenergetics and Its Applications**, Macmillan Publishing Company New York- Coller Macmillian Publishers London

Bruyn, P. (1982) Évolution de la fréquence cardiaque et du taux d'acide lactique sanguin lors de rencontres de football. **Médicine du Sport**, Tome 57 (48-51)

Bueno, M. (1989) De l'euphorie à la crise de confiance face au seuil anaérobique. **Macolin**, Juin (20-23)

Buick; F.J.; Gledhill, N.; Froese, A.B.; Spriet, L. e Meyers, E.C. (1980) Effect of induced erythrocythemia on aerobic work capacity. **Journal of Applied Physiology**, Vol. 48 (636-642)

Bunc, V.; Heller, J. e Procházka (1991) Physiological characteristics of Czech top football players. Abstracts of the **Second World Congress on Science and Football**. Holanda

Bunc, V.; Heller, J.; Leso, J.; Sprynarová, S. e Zdanowicz, R. (1987) Ventilatory threshold in various groups of highly trained athletes. **International Journal of Sports Medicine**, Vol. 8 (275-280)

Bunc, V.; Heller, J.; Sprynarová, S. e Zdanowicz, R. (1986) Comparison of the anaerobic threshold and mechanical efficiency of running in young and adult athletes. **International Journal of Sports Medicine**, Vol. 7 (156-160)

Camus, G. (1992) Relationship between record time and maximal oxygen consumption in middle-distance runnig. **European Journal of Applied Physiology**, Vol. 64 (534-537)

Carbonaro, G.; Madella, A.; Manno, F.; Merni, F. e Mussino, A. (1988) La valutazione nello sport dei giovani. **Societá Stampa Sportiva**, Roma (114-115)

Carli, G.; Bonifazi, M.; Lodi, L.; Lupo, C.; Martelli, G. e Viti, A. (1986) Hormonal and metabolic effects following a football match. **International Journal of Sports Medicine**, Vol. 7 (36-38)

Carrillo, M.J.P. (1982) **Valoración física del futbolista moderno**. Editorial Hispano Europea, S.A. Barcelona

Carter, J.E.L. (1970) The somatotypes of athletes: a review. **Human Biology**, Vol. 42 (535-569)

Carter, J.E.L. e Heath, B.H. (1990) Somatotyping - development and applications. **Cambridge Studies in Biological Antropology**, Cambridge University Press

Causarano, A.; Bela, E.; Bonifazi, M.; Martelli, G. e Carli, G. (1991) Physiological and metabolic evaluation of professional soccer players. Abstracts of the **Second World Congress on Science and Football**. Holanda

Cavagna, G.A.; Dusman, B. e Margaria, R. (1968) Positive work done by a previously stretched muscle. **Journal of Applied Physiology**, Vol. 24 (21-32)

Chamoux, A.; Fellman, N.; Mombaerts, E.; Catilina, P. e Coudert, J. (1988) Football professionnel. Sur le terrain, suivi de l'entraînement par la fréquence cardiaque et la lactatémie. **Médecine du Sport**, Tome 62 (88-92)

Chance, B. e Quistorff, B. (1978) Study of tissue oxygen gradients by single and multiple indicators. **Advanced in Experimental Medicine and Biology**, Vol. 94 (331-338)

Cheetham, M.E.; Boobis, L.H.; Brooks, S. e Williams, C. (1986) Human metabolism during sprint running. **Journal of Applied Physiology**, Vol. 16 (54-60)

Chi, M.M.Y.; Hintz, C.S.; Coyle, E.F.; Martin III, W.H.; Ivy, J.L.; Nemeth, P.M.; Holloszy, J.O. e Lowry, O.H. (1983) Effects of detraining on enzymes of energy metabolism in individual human muscle fibers. **American Journal of Physiology**, Vol. 244 (C276-C287)

Chin, M.K.; Lo, Y.S.A.; Li, C.T. e So, C.H. (1992) Physiological profiles of Hong Kong elite soccer players. **British Journal of Sports Medicine**, Vol. 26 (p.1)

Christiaens, J. (1966) Onderzoek naar de Fysische Inspanning bij Voetbalspelers. **Hilok**, Vrije Universiteit Brussel

Clark, D.H. (1985) **The Limits of Human Performance**. American Academy of Physical Education, n. 18, Human Kinetics Publishers, Inc. (4-9)

Clark, R.R.; Kuta, J.M. e Sullivan, J.C. (1993) Prediction of percent body fat in adult males using dual energy x-ray absorptiometry, skinfolds and hydrostatic weighing. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Vol. 25 (528-535)

Clarkson, P.M. (1991) Minerals: exercise performance and supplementation in athletes. **Journal of Sports Sciences**, Vol. 9 (91-116)

Clarys, J.P.; Martin, A.D.; Drinkwater, D.T. e Marfell-Jones M.J. (1987) The skinfold: myth and reality. **Journal of Sports Sciences**, Vol. 5 (3-33)

Coggan, A.R.; Spina, R.J.; Rogers, M.A. et al. (1990) Histochemical and enzymatic characteristics of skeletal muscle in master athletes. **Journal of Applied Physiology**, Vol. 68 (1896-1901)

Conley, D.L. e Krahenbuhl, G.S. (1980) Running economy and distance running performance of highly trained athletes. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Vol. 12 (357-360)

Connett, R.J.; Honig, C.R.; Gayeski, T.E.J. e Brooks, G.A. (1990) Defining hypoxia: a systems view of VO2, glycolysis energetics and intracellular PO2. **Journal of Applied Physiology**, Vol. 68 (833-842)

Cortili, G.; Mognoni, P.; Cotelli, F. e Tavana, R. (1984) La glicolosi lattacida. **Scuola dello Sport - Rivista di Cultura Sportiva**, Anno 3 (54-61)

Costill, D.; Thomason, H. e Roberts, E. (1973) Fractional utilization of the aerobic capacity during distance running. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Vol. 5 (248-252)

Costill, D.L.; Branan, G.; Eddy, D. e Sparks, K. (1971) Determinants of marathon running sucess. **Internationale Zeitschrift fur angewandte Physiologie einschliesslich Arbeitsphysiologie**, Vol. 29 (249-254)

Costill, D.L.; Daniels, J.; Evans, W.; Fink, W.; Krahenbuhl, G. e Saltin, B. (1976) Skeletal muscle enzymes and fiber composition in male and female track athletes. **Journal of Applied Physiology**, Vol. 40 (149-154)

Costill, D.L.; Fink, W.J. e Pollock, M.L. (1976b) Muscle fiber composition and enzyme activities of elite distance runners. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Vol. 8 (96-100)

Coyle, E.F.; Feiring, D.C.; Rotkis, T.C.; Cote, R.W.; Roby, F.B.; Lee, W. e Wilmore, J.H. (1981) Specificity of power improvements through slow and fast isokinetic training. **Journal of Applied Physiology**, Vol. 51 (1437-1442)

Coyle, E.F.; Hemmert, M.K. e Coggan, A.R. (1986) Effects of detraining on cardiovascular responses to exercise: role of blood volume. **Journal of Applied Physiology**, Vol. 60 (95-99)

Crielaard, J.M. e Pirnay, F. (1981) Anaerobic and aerobic power of top athletes. **European Journal of Applied Physiology**, Vol. 47 (295-300)

Daniels, J. e Daniels, N. (1992) Running economy of elite male and elite female runners. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Vol. 24 (483-489)

Davies, C.T.M. e Thompson, M.W. (1979) Aerobic performance of female marathon and male ultramarathon athletes. **European Journal of Applied Physiology**, Vol. 41 (233-245)

Davies, K.J.A.; Packer, L. e Brooks, G. A. (1982) Exercise bioenergetics following sprint training. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, Vol. 215 (260 - 265)

Davis, J.A. (1985) Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Vol.17 (6-18)

Davis, J.A.; Frank, M.H.; Whipp, B.J. e Wasserman, K. (1979) Anaerobic threshold alterations caused by endurance training in middle-aged men. **Journal of Applied Physiology**, Vol. 46 (1039-1046)

De Rose, E.H.; Maldonado, P.; Oliveira, J.L.; Pigato, E. e Rangel, L.A. (1983) Avaliação cineantropométrica do futebolista: análise dos integrantes da selecção brasileira participante da copa do Mundo de 1982. **Revista de Medicina Desportiva**, Vol. 1 (8-12)

De Suso, J.A. González; Banquells, M.; Prat, J.A.; Pujol, J. e Capdevila, A. (1991) Study of body composition by magnetic resonance imaging (MRI), anthropometric measurements and electrical impedance. Proceedings of the **Second IOC World Congress on Sport Sciences**, Barcelona (p.161)

Deason, J.; Powers, S.K.; Lawler, J.; Ayers, D. e Stuart, M.K. (1991) Physiological correlates to 800 meter running performance. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, Vol. 31 (499-504)

Delattre, P. (1981) Teoria dos Sistemas e Epistemologia. **Cadernos de Filosofia 2**, Ed. A Regra do Jogo, Lisboa

Delemarche, P.; Gratas, A.; Beillot, J.; Dassonville, J.; Rochcongar, P. e Lessard, Y. (1987) Extent of lactic anaerobic metabolism in handballers. **International Journal of Sports Medicine**, Vol. 8 (55-59)

Dempsey, J.A.; Aaron, E. e Martin, B.J. (1988) Pulmonary function and prolonged exercise. In **Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine**. Eds. D.R. Lamb e R. Murray, Beachmark Press, Inc.. Indianapolis. Indiana, Vol. I (75-124)

Dempsey, J.A.; Hanson, P.G. e Henriksson, K.S. (1984) Exercise-induced arterial hypoxemia in healthy persons at sea level. **Journal of Physiology**, Vol. 355 (161-175)

Dempsey, J.A.; Henke, K.G. e Aaron, E.A. (1989) Pulmonary physiology: Feedback and feed-forward mechanisms. In **Future Directions in Exercise and Sports Science Research**. Eds. J.S.

Skinner, C.B. Corbin, D.M. Landers, P.E. Martin, C.L. Wells. Human Kinetics Books, Champaign, Illinois (313-327)

Dempsey, J.A.; Powers, S.K. e Gledill, N. (1990) Cardiovascular and pulmonary adaptation to physical activity. In **Exercise, Fitness and Health**, Ed. Bouchard, Human Kinetics Books (205-213)

Denis, C.; Linossier, M.T.; Dormois, D.; Padilla, S.; Geyssant, A.; Lacour, J.R. e Inbar, O. (1992) Power and metabolic responses during supramaximal exercise in 100-m and 800-m runners. **Scandinavian Journal of Medicine and Science Sports**, Vol. 2 (62-69)

Desnus, B.; Fraisse, F.; Handschuh, R.; Jousselin, E. e Legros, P. (1990) Exploration du métabolisme énergétique chez le sportif de haut niveau. In **Collection Médecine et Sport.** INSEP-Publications.

DiPrampero, P.E.; Atchou, G.; Bruckner, J.C. e Moia, C. (1986) The energetics of endurance running. **European Journal of Applied Physiology**, Vol. 55 (259-266)

DiPrampero, P.E.; Limas, F.P. e Sassi, G. (1970) Maximal muscular power, aerobic and anaerobic, in 116 athletes performing at the XIXth Olympic Games in Mexico. **Ergonomics**, Vol.13 (665-674)

Donovan, C.M. e Brooks, G.A. (1983) Endurance training affects lactate clearance, not lactate production. **American Journal of Physiology**, Vol. 244 (E83-E92)

Durnin, J.V.G. A. e Womersley, J. (1974) Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness. **British Journal of Nutrition**, Vol. 32 (77-97)

Durnin, J.V.G.A. e Rahaman, M.M. (1967) The assessment of the total fat in the human body from measurements of skinfold thickness. **British Journal of Nutrition**, Vol 21 (681-689)

Eco, U. (1984) **Como se faz uma tese em ciências humanas.** Editorial Presença. Lisboa

Edman, K.A.P.; Elzinga, G. e Noble, M.I.M. (1982) Residual force enhancement after strtch of contracting frog single muscle fibers. **Journal of General Physiology**, Vol. 80 (769-784)

Ekblom, B. (1986) Applied physiology of soccer. **Sports Medicine**, Vol. 3 (50-60)

Ekblom, B. (1986) Factors determining maximal aerobic power. **Acta Physiologica Scandinavica**, Suppl. 556 (15-19)

Ekblom, B.; Engstrom, L.M. e Soderstam, K. (1981) **Korpfotbool**, Folksam, Stoccolma

Ekes, E.; Antony, B. e Malomsoki, J. (1974) Maximal O2 uptake of top soccer players in Hungaria. **Testnev Sporteu Szemle**, Vol. 15 (265-269)

El-Sayed, M.S.; George, K.P. e Dyson, K. (1993) The influence of blood sampling site on lactate concentration during submaximal exercise at 4 $mmol.l^{-1}$ lactate level. **European Journal of Applied Physiology**, Vol. 67 (518-522)

Essén-Gustavsson, B. e Henriksson, J. (1984) Enzyme levels in pools of microdissected human muscle fibres of identified type. **Acta Physiologica Scandinavica**, Vol. 120 (505-515)

Fahey, T.D. e Brown, C.H. (1973) The effects of an anabolic steroid on the strength, body composition and endurance of college males when accompanied by a weight training program. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Vol. 5 (272-276)

Faina, M.; Gallozzi, C.; Lupo, S.; Colli, R.; Sassi, R. e Marini, C. (1988) Definition of the physiological profile of the soccer player. In **Science and Football**, Eds. T. Reilly, A. Lees, K.S. David, W.J. Murphy. E.& F.N. Spon, London (158-163)

Farrell, S.W. e Ivy, J.L. (1987) Lactate acidosis and the increase in VE/VO2 during incremental exercise. **Journal of Applied Physiology**, Vol. 62 (1551-1555)

Feldman, D.; Gagnon, J.; Hofman, R. e Simpson, J. (1985) **StatView 512 +TM**. The interactive statistics and graphics package. Brain Power Inc., Calabasa

Ferrández, J. (1986) **Entrenamiento de la resistência del futbolista**. Gymnos, Editorial Deportiva. Madrid

Fitts, R.H.; McDonald, K.S. e Schluter, J.M. (1991) The determinants of skeletal muscle force and power: their adaptability with changes in activity pattern. **Journal of Biomechanics**, Vol. 24 - Suppl. 1 (111-122)

Flitney, F.W. e Hirst, D.G. (1978) Cross-bridge detachment and sarcomere give during stretch of active frog's muscle. **Journal of Physiology**, Vol. 276 (449-465)

Fornaris, E.; Vankersschaver, J.; Vanuxem, D.; Zakarian, H.; Commandré, F.A. e Vanuxem, P. (1989) Football. Aspects énergétiques. **Médecine du Sport**, Tome 63 (32-35)

Foster, C.; Costill, D.L.; Daniels, J.T. e Fink, W.J. (1978) Skeletal muscle enzyme activity, fiber composition and $VO_{2max}$ in relation to distance running performance. **European Journal of Applied Physiology**, Vol. 39 (73 - 80)

Foxdal, P.; Sjodin, B.; Rudstam, H.; Ostman, C.; Ostman, B. e Hedenstierna, G.C. (1990) Lactate concentration differences in plasma, whole blood, cappillary finger blood and erythocytes during submaximal graded exercise in humans. **European Journal of Applied Physiology**, Vol. 61 (218-222)

Gaesser, G.A. e Brooks, G.A. (1984) Metabolic bases of excess post-exercise oxygen consumption: a review. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Vol. 16 (29-43)

Gaesser, G.A. e Poole, D.C. (1986) Lactate and ventilatory thresholds: disparity in time course of adaptations to training. **Journal of Applied Physiology**, Vol. 61 (999-1004)

Gaesser, Glen A. e Brooks, George A. (1984) Metabolic bases of excess post-exercise oxygen consumption: a review. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Vol. 16 (29-43)

Galea, V.; White, N.; Webber, C.E.; Ormerod, S. e MacDougall, J.D. (1990) Body composition by photon absorptiomety. **Canadian Journal of Sport Science**, Vol. 15 (143-148)

Garcia, R.G. (1993) **O ensino do Atletismo. As corridas, os saltos e os lançamentos**. Ed. Câmara Municipal de Oeiras

Garcia, R.M.P.C. (1990) **A corrida-da origem aos nossos dias. Estudo sobre a evolução do conceito e do valor da corrida através dos tempos.** Dissertação apresentada às Provas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica, FCDEF-Universidade do Porto

Garganta, J. e Maia, J. (1991) Descrição e comparação de valores da força explosiva dos membros inferiores em jovens praticantes de futebol. In **As Ciências do Desporto e a Prática Desportiva**, Vol. 2, Eds. J. Bento e A. Marques, FCDEF-Universidade do Porto (71-80)

Garganta, J. M. (1991) **Estudo descritivo e comparativo da força veloz e força explosiva em jovens praticantes de futebol no intervalo etário 14-17 anos**. Dissertação apresentada às Provas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica, FCDEF-Universidade do Porto

Garganta, R. M. (1992) **Avaliação dos Indicadores de Selecção em Voleibol**. Dissertação apresentada às Provas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica, FCDEF-Universidade do Porto

Gerisch, G.; Rutemoller, E. e Weber, K. (1988) Sportsmedical measurements of performance in soccer. In **Science and Football**, Eds. T. Reilly, A. Lees, K. Davids, W. J. Murphy, E. & F.N. Spon, London (60-67)

Gladden, L.B. (1984) Current "anaerobic threshold" controversies. **The Physiologist**, Vol. 27 (312-318)

Gladden, L.B. e Yates, J.W. (1983) Lactate infusion in dogs: effects of varying infusate pH. **Journal of Applied Physiology**, Vol. 54 (1254-1260)

Gladden, L.B.; Yates, J.W.; Stremel, R.W. e Stamford, B.A. (1985) Gas exchange and lactate anaerobic thresholds: inter and intraevaluator agreement. **Journal of Applied Physiology**, Vol. 58 (2082-2089)

Gledhill, N.; Froese, A.B.; Buick, F. e Spriet, L. (1981) Oxygen transport: a limiting factor in aerobic capacity. In **Exercise in Health and Fitness**. Eds. F.S. Nagle, H.S. Montoc. Charles C. Thomas Publishers (60-67)

Gollnick, P.D. e Hermansen, L. (1973) Biochemical adaptations to exercise: anaerobic metabolism. **Exercise and Sport Sciences Review**, Vol. 1 (1-71)

Gollnick, P.D.; Bagby, W.M. e Hodgson, D.R. (1986) Lactate: its production and fate with exercise. Exercise intensity, training, diet and lactate concentration in muscle and blood. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Vol. 18 (334-340)

Gonin, B. (1985) Course à pied de 100 km. Étude des répercussions physique, biologique et électrocardiografique. Détermination d'une réponse diététique à cet effort. **Médecine du Sport**, Tome 59 (39-46)

Graham, T.E. (1988) Lactate metabolism during submaximal and maximal exercise. **Heart Failure**, Vol. 4 (77-92)

Green, H.J. e Patla, A.E. (1992) Maximal aerobic power: neuromuscular and metabolic considerations. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Vol. 24 (38-46)

Green, H.J.; Hughson, R.L.; Orr, G.W. e Ranney, D.A. (1983) Anaerobic threshold, blood lactate and muscle metabolites in progressive exercise. **Journal of Applied Physiology**, Vol. 54 (1032-1038)

Green, J.H.; McKim, G.C. e Wong, A.C.T. (1986) The interpretation of measurements of circulating lactate. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, Vol. 26 (232-233)

Hagberg, J.M.; King, D.S.; Rogers, M.A.; Montain, S.J.; Jilka, S.M.; Kohrt, W.M. e Heller, S.L. (1990) Exercise and recovery ventilatory and $VO_2$ responses of patients with McArdle's disease. **Journal of Applied Physiology**, Vol. 68 (1393-1398)

Hakkinen, K. (1991) Force production characteristics of leg extensor, trunk flexor and extensor muscles in male and female basketball players. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, Vol. 31 (325-331)

Hakkinen, K. e Komi, P.V. (1985) Effect of explosive type strength training on electromyographic and force production characteristics of leg extensor muscles during concentric and various strectch-shortening cycle exercises. **Scandinavian Journal of Sports Sciences**, Vol. 7 (65-76)

Harre, D. (1982) Fundamentals and methods of endurance training. In **Principles of Sports Training**- Introduction to the theory and methods of training, Sportverlag Berlin (124-137)

Hartung, G.H. e Squires, W.G. (1982) Pysiological measures and marathon running performance in young and middle-aged males. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, Vol. 22 (366-370)

Hautier, C.A.; Wouassi, D.; Arsac, L.M.; Bitanga, E.; Thiriet, P. e Lacour, J.R. (1994) Relationships between postcompetition blood lactate concentration and average running velocity over 100-m and 200-m races. **European Journal of Applied Physiology**, Vol 68 (508-513)

Haywood, K.M. (1980) Strength Development. In **Life Span. Motor Development**. Human Kinetics Publishers, Champaign, Illinois (219-221)

Heck, H. (1990) **Energiestoffwechsel und medizinische leistungsdiagnostik**. Hofmann-Verlag Schorndorf

Heller, J.; Procházka, L.; Bunc, V.; Dlouhá, R. e Novotny, J. (1991) Functional capacity in top league football players during competitive period. Abstracts of the **Second World Congress on Science and Football**. Holanda

Henriksson, J. e Reitman, J.S. (1977) Time course of changes in humans skeletal muscle succinate dehydrogenase and cytocrome oxidase activities and maximal oxygen uptake with physival activity and inactivity. **Acta Physiologica Scandinavica**, Vol. 99 (91-97)

Hermansen, L. (1973) Oxygen transport during exercise in human subjects. **Acta Physiologica Scandinavica**, Suppl. 399

Hirvonen, J.; Nummela, A.; Rusko, H.; Rehunen, S. e Harkonen, M. (1992) Fatigue and changes of ATP, creatine phosphate and lactate during the 400-m sprint. **Canadian Journal of Sport Science**, Vol. 17 (141-144)

Hirvonen, J.; Rehunen, S.; Rusko, H. e Harkonen, M. (1987) Breakdown of high energy phosphate compounds and lactate accumulation during short supramaximal exercise. **European Journal of Applied Physiology**, Vol. 56 (253-259)

Hollman, W.; Liesen, H.; Mader, A.; Heck, H.; Rost, R. (1981) Zur Hochst und Dauerleistungsfahigkeit der deutchen Fussball-Spitzenpieler. **Deutsche Zeitschrift fur Sportmedizin**, Vol. 32 (113-120)

Hoppeler, H. (1990) The different relationship of $VO_2max$ to muscle mitochondria in humans and quadrupedal animals. **Respiration Physiology**, Vol. 80 (137-146)

Hoppeler, H.; Howald, H.; Colley, K.; Lindstedt, S.L.; Claassen, H.; Vock, P. e Weibel, E.R. (1985) Endurance training in humans: aerobic capacity and structure of skeletal muscle. **Journal of Applied Physiology**, Vol. 59 (320-327)

Horstman, D.H.; Gleser, M.; Wolfe, D.; Tryon, T. e Delehunt, J. (1974) Effects of hemoglobin reduction in $VO_2max$ and related hemodynamics in exercising dogs. **Journal of Applied Physiology**, Vol. 37 (97-102)

Houmard, J.A.; Craib, M.W.; O'Brien, K.F.; Smith, L.L.; Israel, R.G. e Wheeler, W.S. (1991) Peak running velocity, submaximal energy expenditure, $VO_2max$ and 8 km distance running performance. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, Vol. 31 (345-350)

Housh, T.J.; Thorland, W.G.; Johnson, G.O. e Tharp, G.D. (1984) Body composition variables as discriminants of event participation in elite adolescent male track and field athletes. **British Journal of Sports Sciences**, Vol. 2 (3-11)

Housh, T.J.; Thorland, W.G.; Pohnson, G.O.; Hughes, R.A. e Cisar, C.J. (1988) The contribution of selected physiological variables to middle distance running performance. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, Vol. 28 (20-26)

Howald, H. (1986) Methodes de mesures indirectes. **VIème Seminaire de Bioenergetique - La zone de transition "Aerobie-Anaerobie"**, Paris (37-41)

Hultman, E. e Harris, R.C. (1988) Carbohydrate metabolism. In **Principles of Exercise Biochemistry**, Ed. J.R. Poortmans, Basel. Karger, Vol. 27 (78-119)

Islegen, C. e Akgun, N. (1988) Effects of 6 weeks pre-seasonal training on physical fitness among soccer players. In **Science and Football**, Eds. T. Reilly, A. Lees, K. Davids, W.J. Murphy. E. & F.N. Spon, London (125-129)

Itoh, H. e Ohkuwa, T. (1990) Peak blood ammonia and lactate after submaximal, maximal and supramaxiaml exercise in sprinters and long-distance runners. **European Journal of Applied Physiology**, Vol. 60 (271-276)

Ivy, J.L.; Costill, D.L.; Van Handel, P.J.; Essig, P. e Lower, R.W. (1981) Alternation in the lactate threshold with changes in substrate availability. **International Journal of Sports Medicine**, Vol. 2 (139-142)

Iwaoka, K.; Fuchi, T.; Higuchi, M. e Kobayashi, S. (1988) Blood lactate accumulation during exercise in older endurance runners. **International Journal of Sports Medicine**, Vol. 9 (253-256)

Jackson, A.S. (1984) Research design and analysis of data procedures for predicting body density. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Vol. 16 (616-620)

Jackson, A.S. e Pollock, M.L. (1982) Steps toward the development of generalized equations for predicting body composition of adults. **Canadian Journal of Applied Sport Sciences**, Vol. 7 (189-196)

Jacobs, I. (1981) Lactate concentrations after short, maximal exercise at various glycogen levels. **Acta Physiologica Scandinavica**, Vol. 112 (465-469)

Jacobs, I. (1986) Blood lactate: Implications for training and sports performance. **Sports Medicine**, Vol. 3 (10-25)

Jacobs, I.; Schéle, R. e Sjodin, B. (1985) Blood lactate vs. exhaustive exercise to evaluate aerobic fitness. **European Journal of Applied Physiology**, Vol. 54 (151-155)

Jacobs, I.; Tesch, P.A.; Bar-Or, O.; Karlsson, J. e Dotan, R. (1983) Lactate in human skeletal muscle after 10 and 30 s of supramaximal exercise. **Journal of Applied Physiology**, Vol. 55 (365-367)

Jacobs, I.; Westlin, N.; Karlsson, J.; Rasmusson, M. e Houghton, B. (1982) Muscle glycogen and diet in elite soccer players. **European Journal of Applied Physiology**, Vol. 48 (297-302)

Janeira, M.A.; Maia, J.A.R.; Vicente, C.M. e Gargante, R. (1991) Somatotype, body composition and explosive strength of elite junior basketball and volleyball players. Proceedings of the **Second IOC World Congress on Sport Sciences**, Ed. COOB'92, Barcelona, Biological Sciences (250)

Janeira, M.A.A.S. (1994) **Funcionalidade e estrutura de exigências em basquetebol. Um estudo univariado e multivariado em atletas seniores de alto nível**. Dissertação apresentada a provas de doutoramento, FCDEF-Universidade do Porto

Jobsis, F.F. e Stainsby, W.N. (1968) Oxidation of NADH during contractions of circulated skeletal muscle. **Respiration Physiology**, Vol. 4 (292-300)

Johansson, C.; Lorentzon, R.; Sjostrom, M.; Fagerlund, M. e Fugl-Meyers, A.R. (1987) Sprinters and marathon runner. Does isokinetic knee extensor performance reflect size and structure? **Acta Physiologica Scandinavica**, Vol. 130 (663-669)

Jones, N.L. e Ehrsam, R.E. (1982) The anaerobic threshold. **Exercise and Sports Science Review**, Vol. 10 (49-83)

Jones, P.W. e Wakefield, J.M. (1984) Effect of hyperventilation during exercise on oxygen comsumption and $CO_2$ production measured at the mouth. **Clinical Science**, n. 67 - Suppl.9

Jousselin, E. (1986) Utilization pratique du concept de seuil dans le suivi physiologique. **VIème Seminaire de Bioenergetique - La zone de transition "Aerobie-Anaerobie"**, Paris (53-58)

Jousselin, E. e Stephan, H. (1984) Le suivi médico-physiologique des coureurs de demi-fond. **Revue de l'AEFA**, n. 86

Joussellin, E.; Hanschuh, R.; Barrault, D. e Rieu, M. (1984) Maximal aerobic power of french top level competitors. **Journal of Sports Medicine**, Vol. 24 (175-182)

Juel, C.; Honig, A. e Pilegaard, H. (1991) Muscle lactate transport studied in sarcolemmal giant vesicles: dependence on fibre type and age. **Acta Physiologica Scandinavica**, Vol. 143 (361-365)

Kaijser, L. e Berglund, B. (1992) Myocardial lactate extraction and release at rest and during heavy exercise in healthy men. **Acta Physiologica Scandinavica**, Vol. 144 (39-45)

Kaiser, L. (1970) Limiting factors for aerobic muscle performance: The influence of varying oxygen pressure and temperature. **Acta Physiologica Scandinavica**, Suppl. 336

Kansal, D.K.; Verma, S.K. e Sidha, L.S. (1980) Intrasportive differences in $VO_2max$ and body composition of Indian players in hockey and football. **Journal of Sports Medicine**, Vol. 20 (309-316)

Karlsson, J. (1971) Lactate and phosphagen concentrations in working muscle of man with special reference to oxygem deficit at the onset of work. **Acta Physiologica Scandinavica**, Suppl. 358

Karlsson, J. e Jacobs, I. (1982) Onset of blood lactate accumulation during muscular exercise as a theoretical concept. I.Theoretical considerations. **International Journal of Sports Medicine**, Vol. 3 (190-201)

Katch, F.I. e Katch, V.L. (1984) The body composition profile: techniques of measurement and applications. In **Clinics in Sports Medicine-Symposium on Profiling**. Eds. J. Nicholas, E. Hershman, Vol. 3 (31-64)

Katz, A. e Sahlin, K. (1987) Effect of decreased oxygen availability on NADH and lactate contents in humans skeletal muscle during exercise. **Acta Physiologica Scandinavica**, Vol. 131 (119-127)

Katz, A. e Sahlin, K. (1988) Regulation of lactic acid production during exercise. **Journal of Applied Physiology**, Vol. 65 (509-518)

Keith, S.P.; Jacobs, I. e McLellan, T.M. (1992) Adaptations to training at the individual anaerobic threshold. **European Journal of Applied Physiology**, Vol. 65 (316-323)

Kenney, W.L. e Hodgson, J.L. (1985) Variables predictive of performance in elite middle-distance runners. **British Journal of Sports Medicine**, Vol. 19 (207-209)

Keys, A. e Brozek, J. (1953) Body fat in adult man. **Physiological Reviews**, Vol. 33 (245-325)

Kinderman, W.; Simon, G. e Keul, J. (1979) The significance of the aerobic-anaerobic transition for determination of work load intensities during endurance training. **European Journal of Applied Physiology**, Vol. 42 (25-34)

Kindermann, W. e Keul, J. (1977) Lactate acidosis with different forms of sports activities. **Canadian Journal of Applied Sport Sciences**, Vol. 2 (177-182)

Kindermann, W.; Simon, G. e Keul, J. (1979) The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work loads intensities during endurance training. **European Journal of Applied Physiology**, Vol. 32 (25-34)

Kirkendall, D.T. (1985) The applied sport science of soccer. **Physician Sportsmedicine**, Vol. 13 (53-59)

Kjaer, M. (1989) Epinephrine and some other hormonal responses to exercise in man: with special reference to physical training. **International Journal of Sports Medicine**, Vol. 10 (2-15)

Kjaer, M.; Kiens, B.; Hargreaves, M. e Richter, E.A. (1991) Influence of active muscle mass on glucose homeostasis during exercise in humans. **Journal of Applied Physiology**, Vol. 71 (552-557)

Koike, A.; Weiler-Ravell, D.; McKenzie, D.K.; Zanconato, S. e Wasserman, K. (1990) Evidence that the metabolic acidosis threshold is the anaerobic threshold. **Journal of Applied Physiology**, Vol. 68 (2521-2526)

Komi, P.V. (1973) Relationship between muscle tension, EMG and velocity of contraction under concentric and eccentric work. In **New Developments in Elecrotomyography and Clinical Neurophysiology**. Basel, Karger, Vol. 1 (596-606)

Komi, P.V. (1979) Neuromuscular performance: Factors influencing force and speed production. **Scandinavian Journal of Sports Sciences**, Vol. 1 (2-15)

Komi, P.V. (1984) The stretch-shortening cycle and human power output. In **Human Muscle Power**. Eds. N.L. Jones, N. McCartney, A.J.M. Comas. Human Kinetics Publ, Champaign, Illinois (27-39)

Komi, P.V.; Rusko, H.; Vos, J. e Vihko, V. (1977) Anaerobic performance capacity in athletes. **Acta Physiologica Scandinavica**, Vol. 100 (107-114)

Komi, P.V.; Viitasalo, J.T.; Havu, M.; Thorstensson, A.; Sjodin, B. e Karlsson, J. (1977) Skeletal muscle fibres and muscle enzymes activities in monozygous and disygous twins of both sexes. **Acta Physiologica Scandinavica**, Vol. 100 (385-392)

Kuhn, W. (1993) A comparative analysis of selected motor performance variables in american football, rugby union and soccer players. In **Science and Football II**, Eds. T. Reilly, J. Clarks and A. Stibbe, E. & F.N. Spon, London (62-69)

Lacour, J. R. e Chatard, J. C. (1984) Aspects physiologiques du football. **Cinésiologie,** XXIII (123-130)

Lacour, J.R.; Bouvat, E. e Barthélémy, J.C. (1990) Post-competition blood lactate concentrations as indicators of anaerobic energy expenditure during 400-m and 800-m races. **European Journal of Applied Physiology**, Vol. 61 (172-176)

Lacour, J.R.; Padilla-Magunacelaya, S.; Barthélémy, J.C. e Dormois, D. (1990) The energetics of middle-distance running. **European Journal of Applied Physiology**, Vol. 60 (38-43)

Lehman, S.L. (1991) Measurement of lactate production by tracer techniques. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Vol. 23 (935-938)

Lewis, S.F. e Haller, R.G. (1986) The pathophysiology of McArdle's disease: clues to regulation in exercise and fatigue. **Journal of Applied Physiology**, Vol. 61 (391-401)

Lindh, M.(1979) Increase of muscle strength from isometric quadriceps exercise at different knee angles. **Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine**, Vol. 11 (33-36)

Lohman, T.G. (1984) Research progress in validation of laboratory methods of assessing body composition. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Vol. 16 (596-603)

Lopes, J.P.S.R. (1994) **O jogo e o jogador de polo aquático português. Estudo das exigências do jogo e das características morfo-funcionais do jogador.** Dissertação apresentada às provas de Doutoramento, FCDEF-Universidade do Porto

Losada, A. (1980) Clinical and instrumental profile of the cardiocirculatory system of a football player. Proceedings of the **1st International Congress on Sports Medicine Applied to Football**, Ed. L. Vecchiet-Roma, Vol. I (103-112)

Luhtanen, P. e Komi, P. (1978) Segmental contribution to forces in vertical jump. **European Journal of Applied Physiology**, Vol. 38 (181-188)

Luhtanen, P.H. (1989) Biomeccanica del calcio. **Scuola Dello Sport**, Vol. 15 (61-70)

Mader, A.; Liesen, H.; Heck, H.; Philippi, H. e Rost, R. (1976) Beurteilung der sportarspezifischen ausdauerleistungsfahigkeit im labour. **Sportarzt und Sportmedizin**, Vol. 4 (80-88)

Maffulli, N.; Capasso, G. e Lancia A. (1991) Anaerobic threshold and performance in midle and long distance running. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, Vol. 31 (332-338)

Maffulli, N.; Sjodin, B. e Ekblom, B. (1987) A laboratory method for non invasive anaerobic threshold determination. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, Vol. 27 (419-423)

Magnusson, I. e Shulman, G.I. (1991) Pathways of hepatic glycogen synthesis in humans. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Vol. 23 (939-943)

Maia, J.A.R. (1989) **Estudo cineantropométrico do andebolista sénior da 1ª divisão nacional**. Dissertação apresentada às Provas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica, FCDEF-Universidade do Porto

Maia, J.A.R. (1993) **Abordagem antropobiológica da selecção em desporto. Estudo multivariado de indicadores bio-sociais da selecção em andebolistas dos dois sexos dos 13 aos 16 anos de idade**. Dissertação apresentada às provas de doutoramento, FCDEF-Universidade do Porto

Malina, R.M. (1980) The measurement of body composition. In **Human Physical Growth and Maturation-Methodologies and Factors**, Eds. J., R. and S., Plenum Press. New York

Malina, R.M.; Mueller, W.H.; Bouchard, C.; Shoup, R.F. e Lariviére, G. (1982) Fatness and fat patterning among athletes at the Montreal Olympic Games,1976. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Vol. 14 (445-452)

Margaria, R.; Cerretelli, P.; DiPrampero, P.E.; Massari, C. e Torelli, G. (1963) Kinetics and mechanism of oxygen debt contraction in man. **Journal of Applied Physiology**, Vol. 18 (371-377)

Massé-Biron, J.; Mercier, J.; Collomp, K.; Hardy, J.M. e Préfaut, C. (1992) Age and training effects on the lactate kinetics of master athletes during maximal exercise. **European Journal of Applied Physiology**, Vol. 65 (311-315)

Mathur, D.N. e Igbokwe, N. (1983) Physiological profile of varsity soccer players. **S.A. Journal for Research in Sport, Physical Education and Recreation**, Vol. 6 (23-29)

Matkovic, B.R.; Jankovic, S. e Heimer, S. (1993) Physiological profile of top Croation soccer players. In **Science and Football II**, Eds. T. Reilly, J. Clarks and A. Stibbe, E & F.N. Spon, London (37-39)

Matsudo, V.K.R. (1986) Efeitos do treino de futebol nas características e condição física de jovens e adultos. In **Celafiscs- Dez anos de contribuição às ciências do esporte**, Laboratório de Aptidão Física de S. Caetano do Sul, S.Paulo, Brasil (298-304)

Maughan, R.J. (1992) Aerobic function. **Sport Science Review**, n. 1 (28-42)

Mayes, P.A. (1990) Oxidative phosphorylation and mitochondrial transport systems. In **Harper's Biochemistry**, a Lange medical book, XXII Edition, Prentice-Hall International Inc. (112-123)

Mazzeo, R.A.; Brooks, G.A.; Schoeller, D.A. e Bundinger, T.F. (1986) Disposal of lactate during rest and exercise. **Journal of Applied Physiology**, Vol. 60 (232-241)

McKenzie, D.C.; Parkhouse, W.S. e Hearst, W.E. (1982) Anaerobic performance characteristics of elite Canadian 800 meter runners. **Canadian Journal of Applied Sports Sciences**, Vol. 7 (158-160)

McLellan, T.M. (1987) The anaerobic threshold: concept and controversy. **The Australian Journal of Science and Medicine in Sport**, Vol. 19 (3-8)

McLellan, T.M. e Gass, G.C. (1989) The relationship between the ventilation and lactate thresholds following normal, low and high carbohydrate diets. **European Journal of Applied Physiology**, Vol. 58 (568-576)

McLellan, T.M.; Cheung, K.S.Y. e Jacobs, I. (1991) Incremental test protocol, recovery mode and the individual anaerobic threshold. **International Journal of Sports Medicine**, Vol. 12 (190-195)

Medelli, J.; Jullien, H. e Freville, M. (1988) Le contrôle médical de l'entraînement dans la pratique du football. **Cinésiologie**, n. 122 (305-312)

Menchinelli, C.; Morandini, C.; Gardini, F. e DeAngelis, M. (1991) The functional model of rugby: Determination of some characteristics of the player in relation to his position. Abstracts of the **Second World Congress on Science and Football**. Holanda

Mero, A. e Komi, P.V. (1986) Force, EMG, and elasticity-velocity relationships at submaximal, maximal and aupramaximal running speeds in sprinters. **European Journal of Applied Physiology**, Vol. 55 (553-561)

Mero, A.; Luhtanen, P.; Viitasalo, J.T. e Komi, P.V. (1981) Relationships between the maximal running velocity, muscle fiber characteristics, force production and force relaxation of sprinters. **Scandinavian Journal of Sports Science**, Vol. 3 (16-22)

Mokha, R. e Sidhu, L.S. (1987) Body fat in various sportive groups. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, Vol. 27 (376-379)

Morgan, D.W.; Baldini, F.D.; Martin, P.E. e Kohrt, W.M. (1989) Ten kilometer performance and predicted velocity at $VO_2$max among well-trained male runners. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Vol. 1 (78-83)

Morin, E. (1973) **O Paradigma Perdido - A natureza humana**, Bibiloteca Universitária, Vol. 7, Publicações Europa-América. Lisboa

Morin, E. (1977) **O Método I - A natureza da NATUREZA**, Biblioteca Universitária, Vol. 28, Publicações Europa-América. Lisboa

Morrow, J.R.; Disch, J.G.; Ward, P.E.; Donovan, T.J.; Katch, F.I.; Katch, V.I.; Weltman, A.L. e Tellez, T. (1982) Anthropometric, strength and performance characteristics of american world class throwers. **Journal od Sports Medicine**, Vol. 22 (73-79)

Murray, S.J. e Shephard, R.J. (1988) Possible anthropometric alternatives to skinfold measurements. **Human Biology**, Vol. 60 (273-282)

Neary, P.J.; MacDougall, J.D.; Bachus, R. e Wenger, H.A. (1985) The relationship between lactate and ventilatory thresholds: coincidental or cause and effect?. **European Journal of Applied Physiology**, Vol. 54 (104-108)

Newsholme, E.A. (1988) Application of knowledge of metabolic integration to the problem of metabolic limitations in sprints, middle distance and marathon running. In **Principles of Exercise Biochemistry**. Med. Sport Sci., Ed. JR Poortmans, Basel Karger, Vol. 27 (194-211)

Noakes, D.; Myburgh, K.H. e Schall, R. (1990) Peak treadmill running velocity during the $VO_2$max test predicts running performance. **Journal of Sports Sciences**, Vol.8 (35-45)

Norusis, M.J. (1990) **SPSS Advanced Statistics User's Guide**. SPSS Inc. Chicago

Novak, L.P.; Bestit, C.; Mellerowicz, H. e Woodward, W.A. (1978) Maximal oxygen consumption, body composition and anthropometry of selected olympic male athletes. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, Vol. 18 (139-151)

Nowacki, P.E. e Castro, P. (1984) Development of the biological performance of german national football teams (juniors and professionals). In **Current Topics in Sports Medicine**. Proceedings of the World Congress of Sports Medicine, Viena. Ed. N. Bachl, L. Prokop e R. Suckert

Nowacki, P.E. e Preuhs, M. (1993) The influence of a special endurance training on the aerobic and anaerobic capacity of soccer players tested by the soccer treadmill methods. In **Science and Football II**, Eds. T. Reilly, J. Clarks and A. Stibbe, E & F.N. Spon, London (86-91)

Nowacki, P.E.; Cai, D.Y.; Buhl, C. e Krummelbein, U. (1988) Biological performance of german soccer players (professionals and juniors) tested by special ergometry and treadmill methods. In **Science and Football**. Ed. T. Reilly, A. Lees, K. Davids e W.j. Murphy. E. & F.N. Spon, London (145-157)

Nowacki, P.E.; Hafermann, P. e Psiorz, J.H. (1984) Entwicklung des biologischen Leistungsprofils der Deutschen Fussballmannschaften, 1974-1982. In **Stellenwert der Sportmedizin in Medizin und Sportmedizin 2.** Symposium der Sektion "Sportmedizinische Forschung und Lehre an den Hochschen" des Deutschen Sportarztebundes. Ed. D. Jeschke, Springer-Verlag

Nummela, A.T.; Rusko, H. e Mero, A. (1991) The measurement of maximal (anaerobic) power in sprinters. Proceedings of the **Second IOC World Congress on Sport Sciences**, Ed. COOB'92, Barcelona (235-236)

Padilla, S.; Bourdin, M.; Barthélémy, J.C. e Lacour, J.R. (1992) Physiological correlates of middle-distance running performance. A comparative study between men and women. **European Journal of Applied Physiology**, Vol. 65 (561-566)

Parkhouse, W.S.; McKenzie, D.C.; Hochacka, P.W. e Ovalle, W.K. (1985) Buffering capacity of deproteinized human vastus lateralis muscle. **Journal of Applied Physiology**, Vol. 58 (14-17)

Parkhouse, W.S.; McKenzie, D.C.; Hochoschka, P.W.; Mommsen, T.P.; Ovalle, W.K.; Shin, S.L. e Rhodes, E.C. (1983) The relationship between carnosine levels, buffering capacity, fiber types and anaerobic capacity in elite athletes. In **Biochemistry of Exercise**. Int. Series on Sports Sciences, Vol. 13. Eds. H.G. Knuttgen, J.A. Vogel, J. Poortmans. Human Kinetics Publishers. Illinois (590-594)

Pendergast, D.R.; diPrampero, P.E.; Craig, A.B.Jr. e Rennie, D.W. (1978) The influence of selected biomechanical factors on the energy cost of swimming. In **Swimming Medicine IV, International Series on Sport Sciences**, Vol. 6, Baltimore

Péronnet, F. (1988) La physiologie du marathonien. **La Recherche**, Vol. 19 (920-930)

Péronnet, F.; Thibault, G.; Ledoux, M. e Brisson, G. (1983) **Le marathon: équilibre énergétique, endurance et alimentation du coureur sur route**. Décarie éditeur Montreal e Vigot édition Paris (49-56)

Péronnet, F.; Thibault, G.; Rhodes, E.C. e McKenzie, D.C. (1987) Correlation between ventilatory threshold and endurance capability in marathon runners. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Vol. 19 (610-615)

Pinto, J.R. (1978) **The position and specificity of somatotype in professional occupations**. Faculdades Integradas Castello Branco, Educação Física, Ladebio. Rio de Janeiro

Pirnay, F.; Geurde, P. e Maréchal, R. (1991) Contraintes physiologiques d'um match de football. **Sport** (71-79)

Pirnay, F.; Lamy, M.; Dujardin, J.; Deroanne, R. e Petit, J.M. (1972) Analysis of femoral venous blood during maximum muscular exercise. **Journal of Applied Physiology**, Vol. 33 (289-292)

Pollock, M.L. e Jackson, A.S. (1984) Research progress in validation of clinical methods of assessing body composition. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Vol. 16 (606-613)

Pollock, M.L.; Gettman, L.R.; Jackson, A.; Ayers, J.; Ward, A. e Lennerud, A.C. (1977) Body composition of elite class distance runners. **Annals of the New York Academy of Sciences**, Vol. 301 (361-370)

Pollock, M.L.; Miller, H.S. e Wilmore, J. (1974) Physiological characteristics of champion american track athletes 40 to 75 years of age. **Jounal of Gerontology**, Vol. 24 (97-104)

Poortmans, J.R. (1986) Signification de la lactatemie: aspects biochimiques fondamentaux. **VIème Seminaire de Bioenergetique. La Zone de Transition "Aerobie-Anaerobie"**, Paris

Powers, S.K. e Beadle, R.E. (1985) Onset of hyperventilation during incremental exercise: a brief review. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, Vol. 56 (352-360)

Powers, S.K.; Criswell, D.; Lieu, F.K.; Dodd, S. e Silverman, H. (1992) Exercise-induced cellular alterations in the diaphragm. **American Journal of Physiology**, Vol. 263 (R1093-R1098)

Powers, S.K.; Dood, S.; Deason, R.; Byrd, R. e McKnight, T. (1983) Ventilatory threshold, running economy and distance running performance of trained athletes. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, Vol. 54 (179-182)

Proença, J. (1991[a]) Lactic anaerobic capacity evaluation of 400 m runners in a field test. Abstracts of the **Second IOC World Congress on Sport Sciences**. Biological Sciences. Barcelona (p.284)

Proença, J. (1991[b]) Longitudinal study of lactate concentration in elite sprinters. Abstracts of the **Second IOC World Congress on Sport Sciences**. Biological Sciences. Barcelona (p.285)

Puga, N.; Ramos, J.; Agostinho, J.; Lomba, I.; Costa, O. e Freitas, F. (1993) Physical profile of a first division portuguese professional soccer team. In **Science and Football II**, Eds. T. Reilly, J. Clarks and A. Stibbe, E & F.N. Spon, London (40-42)

Puga, N.; Ramos, J.; Agostinho, J.; Lomba, I.; Costa, O. e Freitas, F. (1991) Physical profile of a first division portuguese professional soccer team. Abstracts of the **Second World Congress on Science and Football**. Holanda

Puhl, J.; Case, S.; Fleck, S. e Van Handel, P. (1982) Physical and physiological characteristics of elite Volleyball players. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, Vol. 53 (257-262)

Quard, S.; Eclache, J.P. e Flandrois, R.(1978) Aspect technique et interet du dosage de l'acide lactique pour le controle de l'intensité d'un exercice. **Revue Méditerrané de Science Médicale**, n. 9 - Suppl. (42-44)

Rahkila, P. e Luhtanen, P. (1991) Physical fitness profile of finnish national soccer teams candidates. **Science and Football**, Vol. 5 (30-34)

Ramadan, J. e Byrd, R. (1987) Physical characteristics of elite soccer players. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, Vol. 27 (424-428)

Raven, P.B. e Stevens, G.H.J. (1988) Cardiovascular function and prolonged exercise. In **Perspectives In Exercise Science and Sports Medicine**. Vol. I: Prolonged Exercise, Eds. D.R. Lamb e R. Murray, Indianapolis (43-74)

Raven, P.B.; Gettman, L.R.; Pollack, M.L. e Cooper, K.H. (1976) A physiological evaluation of professional soccer players. **British Journal of Sports Medicine**, Vol. 10 (209-216)

Ready, A.E. (1984) Physiological characteristics of male and female middle distance runners. **Canadian Journal of Applied Sport Science**, Vol. 9 (70-77)

Rebelo, A.N.C. (1993) **Caracterização da actividade física do futebolista em competição.** Dissertação apresentada às Provas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica, FCDEF-Universidade do Porto

Reilly, T. (1991) Science and Football: an introduction. In **Science and Football II**, Eds. T. Reilly, J. Clarks and A. Stibbe, E & F.N. Spon, London (3-11)

Reilly, T. e Thomas, V. (1976) A motion analysis of work rate in different positional roles in professional football match-play. **Journal of Human Movement Studies**, Vol 2 (87-97)

Reilly, T. e Thomas, V. (1979) Estimated energy expenditure of professional association footballers. **Ergonomics**, Vol. 22 (541-548)

Reybrouck, T.; Ghesquiere, J.; Weymans, M. e Amery, A. (1986) Ventilatory threshold measurement to evaluate maximal endurance performance. **International Journal of Sports Medicine**, Vol. 7 (26-29)

Reybruck, T. e Ghesquiere, J. (1984) Validation and determination of the anaerobic threshold. **Journal of Applied Physiology**, Vol. 57 (610-613)

Rhodes, E.C.; Mosher, R.E.; McKenzie, D.C.; Franks, I.M. e Potts, J.E. (1986) Physiological profiles of the canadian olympic soccer team. **Canadian Journal of Applied Sport Science**, Vol. 11 (31-36)

Richter, E.A. e Galbo, H. (1986) High glycogen levels enhance glycogen-breakdown in isolated contracting skeletal muscle. **Journal of Applied Physiology**, Vol. 61 (827-831)

Richter, E.A.; Kienes, B.; Saltin, B.; Christensen, N.J. e Savard, G. (1988) Skeletal muscle glucose uptake during dynamic exercise in humans: role of muscle mass. **American Journal of Physiology**, Vol. 254 (E555-E561)

Rico, J.; Silverman, H.; Mole, P.A. e McCann, D. (1991) Effects of six weeks of soccer training on aerobic capacity and body composition. Abstracts of the **Second World Congress on Science and Football**. Holanda

Robergs, R.A.; Chwalbinska-Moneta, J.; Mitchel, J.B.; Pacoe, D.D.; Houmand, J. e Costill, D.L. (1990) Blood lactate threshold differences between arterialized and venous blood. **International Journal of Sports Medicine**, Vol. 2 (23-26)

Robergs, R.A.; Pascoe, D.D.; Costill, D.L.; Fink, W.J.; Chwalbinska-Moneta, J.; Davis,J.A. e Hickner, R. (1991) Effects of warm-up on muscle glycogenolysis during intense exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Vol. 23 (37-43)

Robergs, R.A.; Pearson, D.R.; Costill, D.L.; Fink, W.J.; Pascoe, D.D.; Benedict, M.A.; Lambert, C.P. e Zachweija, J.J. (1991) Muscle glycogenolysis during differing intensities of weight-resistance exercise. **Journal of Applied Physiology**, Vol. 70 (1700-1706)

Rochcongar, P. e Dassonville, J. (1981) Consommation maximale d'oxygéne, lactacidémie et football. **Médecine du Sport**, Tome 55 (141-144)

Rocker, K.; Striegel, H.; Freund, T. e Dickhuth, H.H. (1994) Relative functional buffering capacity in 400-meter runners, long-distance runners and untrainde individuals. **European Journal of Applied Physiology**, Vol. 68 (430-434)

Rodionaova, A. e Plahtienko, A.V. (1977) Energetics of Volleyball. **Yessis Review**, Vol. 12 (98-99)

Rodriguez, F.A. e Martin, R. (1990) Analyse de la transition anaérobique alactico-lactique sur des sprinters moyennant un test de lactacidémie. **Revue de l'AEFA**, n. 14 (25-31)

Rodwell, V.W. (1990) Enzymes: General Properties. In **Harper's Biochemistry**. A Lange medical book, XXII Edition, Prentice-Hall International Inc. (58-67)

Roi, G.S.; Pea, E.; De Rocco, G.; Cripa, M.; Benassa, L.; Cobelli, A. e Rosa, G. (1993) Relationship between maximal aerobic power and performance of a professional soccer team. In **Science and Football II**, Eds. T. Reilly, J. Clarks and A. Stibbe, E & F.N. Spon, London (146-147)

Rontoyannis, G.P. (1988) Lactate elimination from the blood during active recovery. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, Vol. 28 (115-123)

Rosnay, J. (1977) **O Macroscópio - Para uma visão global**. Edições Arcádia. Viseu

Ross, W.D. e Marfell-Jones, M.J. (1983) Kinanthropometry. In **Physiological testing of the elite athlete**. Eds. J.D. MacDougall, H.A. Wenger, H.J. Green. Mouvement Publ., Inc., New York (75-115)

Roth, D.A. (1991) The sarcolemmal lactate transporter: transmembrane determinants of lactate flux. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Vol. 23 (925-934)

Roth, D.A. e Brooks, G.A. (1990) Lactate transport is mediated by a membrane-bound carrier in rat skeletal muscle sarcolemmal. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, Vol. 279 (377-385)

Rowell, L.B.; Saltin, B.; Kiens, B. e Christensen, N.J. (1986) Is peak quadriceps blood flow in humans even higher during exercise with hypoxemia? **American Journal of Physiology**, Vol. 251 (H1038-H1044)

Rusko, H.; Havu, M. e Karvinen, E. (1978) Aerobic performance capacity in athletes. **European Journal of Applied Physiology**, Vol. 38 (151-159)

Sahlin, K. e Katz, A. (1988) Purine Nucleotide Metabolism. In **Principles of Exercise Biochemistry**. Ed. JR Poortmans, Basel Karger, Vol. 27 (120-139)

Sale, D.G. (1984) Neural adaptation in strength and power training. In **Human Muscle Power**. Eds. N.L. Jones, N. McCartney, A.J.M. Comas. Human Kinetics Publ, Champaign, Illinois (289-307)

Saltin, B. (1973) Metabolic fundamentals in exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Vol. 5 (137-146)

Saltin, B. (1988) Limitations to performance at altitude. In **Hypoxia: the tolerable limits.** Eds. J.R. Sutton. Benchmark Press, Indianapolis (9-31)

Saltin, B. (1989) Anaerobiosis in exercise: limitations and implications for performance. Proceedings of the **First IOC World Congress in Sports Medicine**

Saltin, B. (1990) Maximal oxygen uptake: Limitation and maleability. In **International Perspectives in Exercise Physiology**, Ed. K. Naizer, Human Kinetics Books (26-40)

Saltin, B. e Gollnick, P.D. (1983) Skeletal muscle adaptability: significance for metabolism and performance. In **Hand-Book of Physiology. Skeletal Muscle**, L.D. Peachey, ed. American Physiology Society, Bethesda, M.D., sect. 10, Chapter 19 (555-631)

Santos, J.A.R. (1986) **A Bioenergética da Corrida Prolongada**. Dissertação apresentada às Provas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica, FCDEF-Universidade do Porto

Santos, J.A.R. (1989) **O perfil dos deslocamentos dos jogadores de futebol em função da posição**. Estudo de caso numa equipa da 1ª divisão nacional (não publicado)

Santos, J.A.R. (1994) **Caracterização antropométrica e motora da selecção nacional portuguesa de canoagem**. (A submeter a publicação in Revista Espaço)

Santos, P.J.M. (1991) **Limiar Anaeróbio. Discussão do conceito e comparação de metodologias para a sua detecção não invasiva**. Dissertação apresentada às Provas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica, FCDEF-Universidade do Porto

Savard, G.; Kiens, B. e Saltin, B. (1987) Central cardiovascular factors as limits to endurance; with a note on the distinction between maximal oxygen uptake and endurance fitness. In **Exercise. Benefits, Limits and Adaptations**. Eds. D.MacLeod, R.Maughan, M.Nimmo, T.Reilly, C.Williams. E & FN Spon, New York (162-180)

Schmolinsky, G. (1982) **Atletismo**. Colecção Desporto. Ed. Estampa (175-178)

Schnabel, A. e Kinderman, W. (1983) Assessment of anaerobic capacity in runners. **European Journal of Applied Physiology**, Vol. 52 (42-46)

Schonholzer, G. (1980) Cardio-circulatory evaluation of football players under effort stress. Proceedings of the **1st International Congress on Sports Medicine Applied to Football**, Ed. L. Vecchiet-Roma, Vol. I (113-122)

Schulz, H. e Fromme, A. (1993) The influence of the ventilatory anaerobic threshold on the acid-base balance in treadmill ergometry. Abstracts of the **FIMS 7th European Sports Medicine Congress**. Chipre (p.44)

Scott, B.K. e Houmard, J.A. (1994) Peak running velocity is highly related to distance running performance. **International Journal of Sports Medicine** Vol. 15 (504-507)

Scott, P.A. (1991) Morphological characteristics of elite male field hockey players. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, Vol. 31 (57-61)

Scotti, P.G. e Vecchiet, L. (1980) Functional respiratory aspects of football players. Proceedings of the **1st International Congress on Sports Medicine Applied to Football**. Ed. L. Vecchiet, Roma (221-229)

Seguí, J.A.F. (1981) **Periodización y planificación del entrenamiento del futbolista moderno**. Librería Deportiva Esteban Sanz M., Madrid

Seixo, P. (1992) **A importância da capacidade aeróbia e de recuperação na prestação em voleibol**. Monografia de Licenciatura, FCDEF - Universidade do Porto

Sheldon, W.H. (1940) **The Varieties of Human Physique**. Eds. Harper and Brothers, New York

Shephard, R.J. e Plyley, M.J. (1992) Peripheral circulation and endurance. In **Endurance in Sport. The enciclopaedia of sports medicine II**. Eds. R.J. Shephard & P.O. Astrand, Blackwell Scientific Publications. Chap. 8 (80-95)

Shephard, Roy J. (1992) Exercise physiology and performance of sport. **Sport Science Review**, n.1 (1-12)

Shoenfeld, Y.; Keren, G.; Birnfeld, C. e Sohar, E. (1981) Age, weight and heart rate at rest as predictors of aerobic fitness. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, Vol. 21 (377-382)

Shulman, G.I.; Defronzo, R.A. e Rossetti, L. (1991) Differential effect of hyperglycemia and hyperinsulinemia on the pathways of hepatic glycogen repletion as assessed by $^{13}C$ NMR. **American Journal of Physiology**, Vol. 260 (E731-E735)

Silva. D.M.M. (1981) Treino desportivo.Tendências e perspectivas. In **Metodologia do Treino Desportivo**, 2ª Edição, Edições ISEF (39-108)

Sinning, W.E. (1985) Body composition and athletic performance. In **Limits of Human Performance**. American Academy of Physical Education Papers, n.18. Human Kinetics Publishers, Inc. (45-56)

Sinning, W.E.; Dolny, D.G.; Little, K.D.; Cunningham, L.N.; Recaniello, A.; Siconolfi, S.F. e Sholes, J.L. (1984) Validity of generalized equations for body composition analysis in male athletes. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Vol. 17 (124-130)

Siri, W.E. (1961) Body composition from fluid spaces and density: Analysis of methods. In **Techniques for Measuring Body Composition**. Eds. J. Brozek, A. Henschel. National Academy of Sciences, National Research Council, Washington DC (223-244)

Sjodin, B. (1976) Lactate dehydrogenase in human skeletal muscle. **Acta Physiologica Scandinavica**, Suppl. 436

Sjodin, B. e Svedenhag, J. (1985) Applied physiology of marathon running. **Sports Medicine**, Vol. 2 (83-99)

Sjodin, B.; Jacobs, I. e Svedenhag, J. (1982) Changes in onset of blood lactate accumulation (OBLA) and muscle enzymes after training at OBLA. **European Journal of Applied Physiology**, Vol. 49 (45-57)

Slaughter, M.H.; Lohman, T.G.; Boileau, R.A.; Horswill, C.A.; Stillman, R.J.; Van Loan, M.D. e Bemben, D.A. (1988) Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. **Human Biology**, Vol. 60 (709-723)

Smaros, G. (1980) Energy usage during a football match. In Proceedings of the **1st International Congress on Sports Medicine Applied to Football**, Ed. L. Vecchiet, Roma (795-801)

Smith, D.J.; Roberts, D. e Watson, B. (1992) Physical, physiological and performance differences between Canadian national team and Universiade volleyball players. **Journal of Sport Sciences**, Vol. 10 (131-138)

Smith, M.; Clarke, G.; Hale, T. e McMorris, T. (1993) Blood lactate levels in college soccer players during match-play. In **Science and Football II**, Eds. T. Reilly, J. Clarks and A. Stibbe, E. & F.N. Spon, London (129-134)

Smodlaka, V.N. (1978) Cardiovascular aspects of soccer. **The Physician and Sportsmedicine**, Vol. 6 (66-70)

Soares, J.M.C. (1988) **Avaliação fisiológica de andebolistas**. FCDEF-UP (não publicado)

Soares, J.M.C. e Appell, H.J. (1990) **Adaptação muscular ao exercício físico**. Colecção Horizonte da Cultura Física. Ed. Livros Horizonte, Lisboa

Sobral, F. (1985) **Curso de Antropometria**. ISEF-CDI. Lisboa

Sodhi, H.S. e Sidhu, L.S. (1984) **Physique and selection of sportsmen: a kinanthropometric study**. Patiala: Punjab Publishing House

Stainsby, W.N.; Brechue, W.F. e O'Drobinak, D.M. (1991) Regulation of muscle lactate production. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Vol. 23 (907-911)

Stainsby, W.N.; Sumners, C. e Eitzman, P.D. (1987) Effects of adrenergic agonists and antagonists on muscle $O_2$ uptake and lactate metabolism. **Journal of Applied Physiology**, Vol. 62 (1845-1851)

Stanley, W.C. (1991) Myocardial lactate metabolism during exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Vol. 23 (920-924)

Stanley, W.C.; Neese, R.A.; Wisneski, J.A. e Gertz, E.W. (1988) Lactate kinetics during exercise in humans: studies with isotopic tracers. **Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation**, Vol. 8 (331-340)

Stegmann, H. e Kindermann, W. (1982) Comparison of prolonged exercise tests at the Individual Anaerobic Threshold and fixed anaerobic threshold of 4 $mmol.l^{-1}$ lactate. **International Journal of Sports Medicine**, Vol. 3 (105-110)

Stegmann, H.; Kindermann, W. e Schnabel, A. (1981) Lacate kinetics and individual anaerobic threshold. **International Journal of Sports Medicine**, Vol. 2 (160-165)

Stepnicka, J. (1974) Typology of sportsmen. **Acta Universitatis Carolinae, Gymnica**, Vol. 1 (67-90)

Stepnicka, J. (1977) Somatotypes of Czechoslovak Athletes. In **Growth and Developement**, Ed. Eiben O., Physique Symposium Biology, Hungary, Vol. 20 (357-364)

Stepnicka, J. (1986) Somatotype in relation to physical performance, sports and body posture. In **Kinantropometry III**. Eds. T. Reilly, J. Watkins, J. Bormes. Human Kinetics, Champaign-Illinois (39-52)

Stray-Gundersen, J.; Musch, T.I.; Haidet, G.C.; Swain, D.P. e Ordway, G.A. (1986) The effect of pericardiectomy on maximal oxygen consumption and maximal cardiac output in untrained dogs. **Circulation Research**, Vol. 58 (523-530)

Sue, D.Y.; Wasserman, K.; Morrica, R. e Casaburi, R. (1988) Exercise training in patients with severe left ventricular dysfunction: Hemodynamic and metabolic effects. **Circulation**, Vol. 81 (47-58)

Suso, J.M.G.; Banquells, M. e Prat, J.A. (1991) Study of body composition by magnetic resonance imaging (MRI), antropometric measurements and electrical impedance. Proceedings of the **Second IOC World Congress on Sport Sciences**, Barcelona, Free Papers: Biological Sciences IV (161)

Sutton, J.R. (1992): Limitations to maximal oxygen uptake. **Sports Medicine**, Vol. 13 (127-133)

Sutton, J.R.; Jones, N.L. e Pugh, L.G.C.E. (1983) Exercise at altitude. **Annals Review of Physiology**, Vol. 45 (427-437)

Svedenhag, J. (1992) Endurance conditioning. In **Endurance in Sport. The enciclopaedia of sports medicine II**. Eds. R.J. Shephard and P.O. Astrand, Blackwell Scientific Publications. Chap. 29 (290-296)

Svedenhag, J. e Sjodin, B. (1984) Maximal and submaximal oxygen uptakes and blood lactate levels in elite male middle and long-distance runners. **International Journal of Sports Medicine**, Vol. 5 (255-261)

Svedenhag, J. e Sjödin, B. (1985) Physiological characteristics of elite male runners in and off-season. **Canadian Journal of Applied Sport Science**, Vol. 10 (127-133)

Systrom, D.M.; Kanarek, D.J.; Kohler, S.J. e Kazemi, H. (1990) P nuclear magnetic resonance spectroscopy study of the anaerobic threshold in humans. **Journal of Applied Physiology**, Vol. 68 (2060-2066)

Taiana, F.; Gréhaigne, J.F. e Cometti, G. (1993) The influence of maximal strength training of lower limbs of soccer players on their physical and kick performance. In **Science and Football II**, Eds. T. Reilly, J. Clarks and A. Stibbe, E. & F.N. Spon, London (98-103)

Tamaki, N. (1987) Effect of endurance training on muscle fiber type composition and cappillary supply in rat diaphragm. **European Journal of Applied Physiology**, Vol. 56 (127-131)

Tanaka, K. e Matsuura, Y. (1984) Marathon performance, anaerobic threshold and onset of blood lactate accumulation. **Journal of Applied Physiology**, Vol. 57 (640-643)

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. **European Journal of Applied Physiology**, Vol. 55 (248-252)

Tanner, J.M. (1964) **The Physique of the Olimpic Athlete**. Ed. Allen e Unwim, London

Taunton, J.E.; Maron, H. e Wilkinson, J.G. (1981) Anaerobic performance in middle and long distance runners. **Canadian Journal of Applied Sport Science**, Vol. 6 (109-113)

Tesch, P.; Karlsson, J. e Sjodin, B. (1979) Muscle fiber type distribution in trained and untrained muscle of athletes. **International Symposium on Sport Biology**, Finland

Thompson, J.L.; Bynum, W.A. e Bosco, J.S. (1989) A comparison of ventilatory and gas exchange measures to blood lactate levels during bicycle ergometry. **International Journal of Sports Medicine**, Vol. 10 (379)

Thorland, W.G.; Johnson, G.O.; Fagot, T.G.; Tharp, G.D. e Hammer, R.W. (1981) Body composition and somatotype characteristics of junior olympic athletes. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Vol. 13 (332-338)

Thorstensson, A.; Hulten, B.; Von Doblen, W. e Karlsson, J. (1976) Effect of strength training on enzyme activities and fibre characteristics in human akeletal muscle. **Acta Physiologica Scandinavica**, Vol. 96 (392-398)

Tipton, C.M. (1986) Determinants of $VO_2max$: Insights gained from non-human species. **Acta Physiologica Scandinavica**, Suppl. 556 (33-43)

Tokmakidis, S.P.; Tsopanakis, A.; Tsarouchas, E.; Kioussis, T. e Hadjikonstantonou, S. (1991) A physiological profile og greek professional soccer players. Abstracts of the **Second World Congress on Science and Football**. Holanda

Toriola, A.L.; Salokun, S.O.; e Mathur, D.N. (1985) Somatotype characteristics of male sprinters, basketball, soccer and field hockey players. **International Journal of Sports Medicine**, Vol. 6 (344-346)

Tumilty, D.McA.; Hahn, A.G.; Telford, R.D. e Smith, R.A. (1988) Is "lactic acid tolerance" an important component of fitness for soccer? In **Science and Football**. Ed. T. Reilly, A. Lees, K. Davids e W.J. Murphy. E. & F.N. Spon (81-86)

Usaj, A. e Starc, V. (1990) Two concepts of anaerobic threshold and running endurance. In **Elsevier Science Publishers B.V.** (Biomedical Division), Sports, Medicine and Health. G.P.H. Hermans Editor

Van Gool, D.; Van Gerven, D. e Boutmans, J. (1988) The physiological load imposed on soccer players during real match-play. In **Science and Football**, Eds T. Reilly, A. Lees, K. Davies, J. Murphy, E. & F.N. Spon, London-New York (51-59)

Vanfraechem, J.H.P. e Tomas, M. (1993) Maximal aerobic power and ventilatory threshold of a top level soccer team. In **Science and Football II**, Eds T. Reilly, A. Lees, K. Davies, J. Murphy, E. & F.N. Spon, London-New York (43-46)

Viitasalo, J. (1980) Neuromuscular performance in voluntary and reflexe contraction; with special reference to muscle structure and fatigue. **Studies in Sport, Physical Education and Health 12** (Dissertação Académica), Faculdade de Educação Física e Saúde, Universidade de Jyvaskyla

Viitasalo, J.T. (1982) Anthropometric and physical performance characteristics of male Volleyball players. **Canadian Journal of Applied Sport Science**, Vol. 7 (182-188)

Villar, C.A. (1983) **La preparacion fisica del futbol basada en el atletismo**. Gymnos, Librería Editorial Deportiva. Madrid

Viviani, F. e Casagrande G. (1991) The somatotype in a group of adolescent soccer players. Abstracts of the **Second World Congress on Science and Football**. Holanda

Viviani, F. e Casagrande, G. (1991) **Il somatotipo in atleti italiani**. Sommari dei IX Congresso degli Antropologi Italini. Adriatica Editrice, Bari (p.155)

Vogelaère, P. (1985) Football - Une approche physiologique. **Révue Sport**, 28º ano, n. 3

Vogelaère, P.; Balagué, N. e Martínez, M.( 1985) Fútbol: una aproximación fisiológica. **Apunts. Medicina de l'esport**, Vol. 32 (103-107)

Von Bertalanffy, L. (1973) **Théorie générale des systèmes: physique, biologie, psycologie, sociologie, philosophie**. Ed. Dunod. Paris

Vos, J.A. (1980) Physiological comparison between Dutch soccer players and other teamsport men. Proceedings of the **1st International Congress on Sports Medicine Applied to Football**, Ed. L. Vecchiet, Roma (695-701)

Walters, N.J.; Ison, J.; Michaels, D. e Syed, S. (1991) Body composition and marathon running performance. Abstracts of the **Second IOC World Congress on Sport Sciences**, Ed.COOB'92, Barcelona, Biological Sciences (243-244)

Ward, G.M.; Johnson, J.E. e Stager, J. (1984) Body composition-methods of estimation and effect upon performance. **Clinics in Sports Medicine-Symposium on Nutritional Aspects of Exercise**, Ed. A. Hecker, W.B. Saunders Company, Pholadelphia, Vol. 3 (705-722)

Wasserman, D.H.; Connolly, C.C. e Pagliassotti, M.J. (1991) Regulation of hepatic balance during exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Vol. 23 (912-919)

Wasserman, K. (1986) Anaerobiosis, lactate and gas exchange during exercise: the issues. **Federation Proccedings**, Vol. 45 (2904-2909)

Wasserman, K. (1987) Determinants and detection of anaerobic threshold and consequences of exercise above it. **Circulation**, Vol. 76 (29-39)

Wasserman, K. e Koike, A. (1992) Is the anaerobic threshold truly anaerobic? **Chest**, Vol. 101 (211S-218S)

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

Wasserman, K.; Beaver, W. e Whipp, J. (1990) Gas exchange theory and lactic acidosis (anaerobic) threshold. **Circulation**, Vol. 81 (14-30)

West, J.B. (1986) Lactate during exercise at extreme altitude. **Federation Proccedings**, Vol. 45 (2953-2957)

White, J.E.; Emery, T.M.; Kane, J.E.; Groves, R. e Risman, A.B. (1988) Pre-season fitness profiles of professional soccer players. In **Science and Football**, Eds. T. Reilly, A. Lees, K.S. David e W.J. Murphy, E. & F.N. Spon, London-New York (164-171)

Whitehead, W. (1975) **Conditioning for sport**, E.P. Publishing Co. Ltd, Yorkshire (40-42)

Williams, C.; Reid, R. e Couts, R. (1973) Observations on the aerobic power of University rugby players and professional soccer players. **British Journal of Sports Medicine**, Vol. 7 (390-391)

Williams, J. R.; Armstrong, N. e Kirby, B. J. (1992) The influence of the site of sampling and assay medium upon the measurement and interpretation of blood lactate responses to exercise. **Journal of Sports Sciences**. Vol. 10 (95 - 107)

Wilmore, J.H. (1983) Body composition in sport and exercise: directions for future research. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Vol. 15 (21-31)

Wilmore, J.H. e Costill, D.H. (1987) **Training for sport and activity**. Allyn and Bacon, Boston

Wilmore, J.H. e Costill, D.L. (1994) **Physiology of Sport and Exercise**. Ed. Human Kinetics, Champaign-Illinois

Wilmore, J.H.; Miller, H.L. e Pollock, M.L. (1974) Body composition and physiological characteristics of active endurance athletes in their eighth decade of life. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Vol. 6 (44-48)

Withers, R.T.; Craig, N.P.; Bourdon, P.C. e Norton, K.I. (1987) Relative body fat and anthropometric prediction of body density of male athletes. **European Journal of Applied Physiology**, Vol. 56 (191-200)

Withers, R.T.; Maricic, Z.; Wasilewski, S. e Kelly, S. (1982) Match analysis of Australian professional soccer players. **Journal of Human Movement Studies**, Vol. 8 (159-176)

Withers, R.T.; Roberts, R.G.D. e Davies, G.J. (1977) The maximum aerobic power, anaerobic power and body composition of South Australian male representatives in athletics, basketball, field hockey and soccer. **Journal of Sports Medicine**, Vol. 17 (391-400)

Woicik, M. (1988) A corrida de velocidade. In **Cadernos Técnicos de Atletismo.** Fed. Port. Atletismo.Tradução de Abreu Matos (41-46)

Yeh, M.P.; Gardner, R.M.; Adams, T.D.; Yanowitz, F.G. e Crapo, R.O. (1983) Anaerobic Threshold: problems of determination and validation. **Journal of Applied Physiology**, Vol. 55 (1178-1186)

Yoshida, T.; Suda, Y. e Takeuchi, N. (1982) Endurance training regimen based upon arterial blood lactate: effects on anaerobic threshold. **European Journal of Applied Physiology**, Vol. 49 (223-230)