

## AGRADECIMENTOS

Após o término deste trabalho e recordando todo o processo de concepção, não podemos deixar de expressar o nosso agradecimento a todos os que nos apoiaram, de uma forma directa ou indirecta, durante a realização deste estudo.

Ao professor Doutor Fontes Ribeiro por todo o conhecimento transmitido ao longo do curso.

Ao Mestre Amândio Santos pela orientação, compreensão e espírito de sacrifício ao longo deste seminário.

À Dr. Fátima Rosado por toda a ajuda prestada no laboratório e principalmente pelo apoio ao longo deste seminário.

Aos meus colegas de seminário, por todo o apoio e inter-ajuda ao longo deste trabalho e em especial à minha colega Carla que esteve presente nos bons e maus momentos, pela sua amizade, apoio e compreensão.

Aos alunos do 2<sup>a</sup> ano (2003/2004) da FCDEF-UC que participaram neste estudo, por toda a dedicação, empenho e espírito de sacrifício durante a realização dos testes.

Às minhas colegas de estágio, por todo o apoio e amizade.

À minha família, pela compreensão e apoio dado ao longo do curso e principalmente neste ano árduo.

Ao Jaime, por tudo...

# ÍNDICE

<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>I</b>
<b>ÍNDICE DE QUADROS .....</b>	<b>II</b>
<b>ÍNDICE DE GRÁFICOS .....</b>	<b>IV</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS.....</b>	<b>V</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>VI</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>VIII</b>
<b>CAPÍTULO - INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.    OBJECTIVOS DO ESTUDO.....	2
2.    PERTINÊNCIA DO ESTUDO.....	2
<b>CAPÍTULO II - REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>5</b>
1.    METABOLISMO ENERGÉTICO .....	5
2.    VIAS ENERGÉTICAS.....	6
2.1. <i>Sistema de energia imediata – Via Anaeróbia Aláctica</i> .....	7
2.2. <i>Sistema de energia a curto prazo – Via Anaeróbia Láctica</i> .....	8
3.    SISTEMA DE ENERGIA A LONGO PRAZO – VIA AERÓBIA .....	12
4.    INTERACÇÃO E CONTRIBUIÇÃO DAS VIAS ENERGÉTICAS DURANTE O EXERCÍCIO.....	15
5.    VIA ANAERÓBIA - POTÊNCIA E CAPACIDADE .....	17
5.1. <i>Protocolos de Avaliação da Via Anaeróbia</i> .....	18
5.1.1.    Testes de Impulsão Vertical .....	18
5.1.2.    Testes de Sprint .....	19
5.1.3.    Testes em cicloergómetro.....	19
6.    FORNECIMENTO ANAERÓBICO DE ENERGIA, ÁCIDO LÁCTICO E EXERCÍCIO FÍSICO .....	20
7.    QUANTIFICAÇÃO DA VIA ANAERÓBIA LÁCTICA – MÉTODOS UTILIZADOS.....	24
7.1. <i>Considerações Metodológicas relacionadas com a recolha e determinação do Lactato</i> 25	
8.    FADIGA .....	26
8.1. <i>Causas da Fadiga</i> .....	27
8.2. <i>Classificação da Fadiga</i> .....	30
8.3. <i>Indicadores Físicos e Biológicos da fadiga Muscular</i> .....	31
8.4. <i>Tipo de Exercício e Fadiga Associada</i> .....	32
8.5. <i>Fadiga e Exercício Máximo de Curta Duração</i> .....	34
8.6. <i>Índice de Fadiga</i> .....	36
<b>CAPÍTULO III - METODOLOGIA.....</b>	<b>39</b>
1.    CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA.....	39

2.	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	40
2.1.	<i>Medidas Antropométricas</i> .....	40
2.1.1.	Massa Corporal.....	40
2.1.2.	Estatura.....	41
2.1.3.	Altura Sentado.....	41
2.1.4.	Pregas Cutâneas.....	41
2.1.5.	Circunferências.....	42
2.2.	<i>Medidas Compostas</i> .....	43
2.2.1.	Composição Corporal – Índice de Massa Corporal .....	43
2.2.2.	Volume Magro do Membro Inferior.....	43
2.3.	<i>Protocolos de avaliação da via anaeróbia</i> .....	44
2.3.1.	Teste Força-Velocidade.....	44
2.3.2.	Teste de Sprint em Cicloergómetro (5 s).....	46
2.3.3.	Sprints 35m .....	49
2.3.4.	Teste de Impulsão Vertical no Ergojump .....	51
2.3.4.6.	Registo e Tratamento das Variáveis.....	53
2.4.	<i>Análise das Amostras Sanguíneas</i> .....	53
2.4.1.	Procedimento de Medição da Concentração de Lactato .....	53
2.4.2.	Instrumentos para a Recolha e Análise de Sangue .....	54
3.	ANÁLISE DOS DADOS E ESTATÍSTICA .....	54
3.1.	<i>Variáveis Obtidas</i> .....	54
3.1.1.	Variáveis do Teste Força-Velocidade.....	54
3.1.2.	Variáveis do Teste Multijump .....	55
3.1.3.	Variáveis do Teste Sprint de 45m.....	55
3.1.4.	Variáveis do Teste de Sprint em Cicloergómetro de 5s.....	55
3.2.	<i>Técnicas Estatísticas Utilizadas</i> .....	56
3.2.1.	Estatística Descritiva .....	56
3.2.2.	Estatística Inferencial .....	56
<b>CAPITULO IV - APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....</b>		<b>57</b>
1.	CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA.....	57
2.	RESULTADOS OBTIDOS NOS TESTES .....	58
2.1.	<i>Teste Força-Velocidade</i> .....	58
2.2.	<i>Teste Multijump</i> .....	58
2.2.1.	Relação entre o teste Multijump e variáveis antropométricas.....	64
2.3.	<i>Teste de Sprint 35m</i> .....	66
2.3.1.	Relação entre a Velocidade Média do teste de Sprint de 35m e as variáveis antropométricas.....	71
2.4.	<i>Teste de Sprint em Cicloergómetro (5s)</i> .....	72
2.4.1.	Relação entre o teste de Sprint em Cicloergómetro e as variáveis antropométricas .....	77
2.5.	<i>Comparação dos protocolos (Multijump, Sprint 35m e Sprint em cicloergómetro)</i> .....	79
2.5.1.	Intervalo de tempo nos três protocolos.....	79
2.5.2.	Relação entre a altura do teste Multijump, velocidade média do teste Sprint 35m e potência do teste de Sprint em Cicloergómetro .....	80

2.5.3. Concentração de lactato nos três protocolos .....	83
<b>CAPITULO VI - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>91</b>
1. CONCLUSÕES .....	91
2. SUGESTÕES E RECOMENDAÇÕES .....	93
<b>CAPITULO VII - BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>95</b>
<b>ANEXO</b>	

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Fig. 1</b> - Hidrólise da molécula de ATP – Reacção reversível. ....	6
<b>Fig. 2</b> - Sistema ATP – FC (reacções reversíveis). O ATP é sintetizado a partir da energia resultante da decomposição do fosfato de creatina. ....	7
<b>Fig. 3</b> - Glicólise: conjunto de dez reacções químicas controladas por enzimas que ocorrem durante o desdobraimento anaeróbio da glicose em duas moléculas de ácido pirúvico (Adaptado de MacArdle, 1998).....	9
<b>Fig. 4</b> – Formação de Ácido Láctico: ocorre temporariamente quando os átomos de hidrogénio de ligam ao ácido pirúvico (Adaptado de Guyton & Hall, 1997). ....	10
<b>Fig. 5</b> - Ciclo de Cori: O ácido láctico, produzido no músculo, durante o exercício físico intenso é utilizado pelas células hepáticas para a síntese de glicose (Adaptado de Powers & Howley, 1997). .	11
<b>Fig. 6</b> - Ciclo de Krebs: O ácido cítrico através de uma série de reacções, é convertido em ácido oxaloacético que se pode combinar com o acetil CÔA, reiniciando o ciclo. Durante este processo são produzidas moléculas de ATP, NADH, FADH <sub>2</sub> e CO <sub>2</sub> (Adaptado de Powers & Howley, 1997). ....	13
<b>Fig. 7</b> – Fosforilação Oxidativa (adaptado de Vander, 1994). ....	15
<b>Fig. 8</b> - Representação das três vias energéticas e sua contribuição percentual para a produção total de energia durante um exercício máximo de diferentes durações (Adaptado de McArdle et al., 1998). ....	16
<b>Fig. 9</b> – Cicloergómetro MONARK 824E, utilizado na realização do teste F-V e Sprint em Cicloergómetro de 5s. ....	44
<b>Fig. 10</b> – Sequência de alongamentos realizada durante o período de flexibilidade do aquecimento do teste F-V, Multijump, Sprint 35m e Sprint em Cicloergómetro de 5s: alongamento do músculo quadríceps, isquiotibiais e adutores.....	45
<b>Fig. 11</b> – Realização do teste de Sprint em Cicloergómetro (5s). Após a aplicação da carga, o sujeito pedala à sua velocidade máxima, sendo incentivado verbalmente durante a realização do teste. ....	48
<b>Fig. 12</b> – Realização do teste de Sprint de 35m. Após o sinal de partida, o sujeito corre à velocidade máxima até atingir os 35 metros de corrida.....	50
<b>Fig. 13</b> – Realização do teste Multijump. Ao sinal do avaliador, o sujeito realiza um movimento de flexão / extensão rápido e vigoroso dos membros inferiores, procurando atingir a altura máxima....	52
<b>Fig. 14</b> – Mini-Espectofotómetro (Lp20, Dr.Lange) utilizado na medição da concentração de lactato das amostras recolhidas nos três protocolos.....	53

## ÍNDICE DE QUADROS

<b>Quadro 1:</b> Escala de Classificação do Índice de Massa Corporal. ....	43
<b>Quadro 2:</b> Valores médios e respectivos desvios-padrão (média $\pm$ desvio padrão) da Idade, Estatura, Altura Sentado, Comprimento do membro inferior dos indivíduos que constituem a amostra em que N – representa o número de sujeitos que compõe a amostra. ....	57
<b>Quadro 3:</b> Valores médios e respectivos desvios-padrão (média $\pm$ desvio padrão) da Massa Corporal, Somatório das pregas (Tricipital, Subscapular, Crural e Geminal), Índice de massa Corporal e Volume Magro do Membro Inferior (L) dos indivíduos que constituem a amostra em que n - é o número de sujeitos que compõe a amostra. ....	57
<b>Quadro 4:</b> Valores médios e respectivos desvios-padrão (média $\pm$ desvio padrão) das variáveis PAnM ótimo absoluta (OPP-abs), a PAnM ótimo relativa (OPP-rel), a carga ótima (OL), a carga ótima por percentagem da massa corporal e ainda o valor ótimo de velocidade em rotações por minuto (ORPM) em que: n - é o número de sujeitos que compõe a amostra; OPP-abs – é a PAnM ótima absoluta (W); OPP-rel - é a PAnM ótima relativa (W.Kg <sup>-1</sup> ); OL - Carga ótima (Kg); ORPM - Velocidade ótima em rotações por minuto (RPM). ....	58
<b>Quadro 5:</b> Valores médios e respectivos desvios-padrão (média $\pm$ desvio padrão) das variáveis do teste Multijump: Potencia (W), Altura de Salto (cm), Tempo efectuado em cada série (s) e concentração de Lactato (mmol/l) em cada uma das primeiras 5 séries em que: [La] – Concentração de lactato no sangue (mmol/L). ....	59
<b>Quadro 6:</b> Correlação existente entre a Massa Corporal, volume magro do membro inferior e somatório das pregas ( $\Sigma$ pregas) com a altura média de salto atingida nas primeiras cinco séries do teste Multijump em que: Sign. – representa o grau de significância da correlação. ....	65
<b>Quadro 7:</b> Valores médios e respectivos desvios-padrão (média $\pm$ desvio padrão) das variáveis do teste de Sprint 35m: velocidade média (m/s), Tempo efectuado e concentração de Lactato (mmol/l) em cada série em que: Vm – Velocidade Média (m/s); [La] – Concentração de lactato no sangue (mmol/L) em que n – representa o número de indivíduos da amostra. ....	66
<b>Quadro 8:</b> Correlação entre a massa corporal, volume magro do membro inferior e somatório das pregas com a velocidade média atingida em cada uma das primeiras cinco séries do teste de sprint 35m em que sign. - representa o grau de significância da correlação. ....	72

---

<b>Quadro 9:</b> Valores médios e respectivos desvios-padrão (média $\pm$ desvio padrão) das variáveis do teste de Sprint em Cicloergómetro (5s): Potência máxima alcançada, velocidade (RPM) e concentração de Lactato (mmol/l) em cada série em que PP - Potência Máxima alcançada em cada série (w); v – Velocidade em cada série (RPM); [La] – Concentração de lactato no sangue (mmol/L). .....	73
<b>Quadro 10:</b> Correlação entre a massa corporal, somatórios das pregas e a potência máxima atingida em cada uma das primeiras cinco séries do teste de sprint em cicloergómetro em que Sign. – representa o grau de significância da correlação; n – representa a número de indivíduos da amostra. .....	78
<b>Quadro 11:</b> Valores médios e respectivos desvios-padrão (média $\pm$ desvio padrão) da variável tempo (s) no teste de Multijump e de Sprint de 35m e o valor constante do tempo no sprint em cicloergómetro.....	79
<b>Quadro 12:</b> Correlação momento de Pearson existente entre a altura de salto no teste Multijump, velocidade média no teste Sprint 35me potência máxima no Sprint em Cicloergómetro na primeira série de cada um dos testes. ....	80
<b>Quadro 13:</b> Correlação momento de Pearson existente entre a altura de salto no teste Multijump, velocidade média no teste Sprint 35me potência máxima no Sprint em Cicloergómetro na segunda série de cada um dos testes. ....	81
<b>Quadro 17:</b> Valores médios e respectivos desvios-padrão (média $\pm$ desvio padrão), amplitude (valores máximos e mínimos) da concentração de lactato no sangue no teste de Multijump, de Sprint de 35m e Sprint em Cicloergómetro (5s). ....	84
<b>Quadro 18:</b> Resultados do teste t de Student relativos à concentração de lactato no sangue nos três protocolos (Multijump, Sprint 35m e Sprint em Cicloergómetro), na 1ª série. ....	84
<b>Quadro 19:</b> Resultados do teste t de Student relativos à concentração de lactato no sangue nos três protocolos (Multijump, Sprint 35m e Sprint em Cicloergómetro), na 2ª série. ....	85
<b>Quadro 20:</b> Resultados do teste t de Student relativos à concentração de lactato no sangue nos três protocolos (Multijump, Sprint 35m e Sprint em Cicloergómetro), na 3ª série. ....	85
<b>Quadro 21:</b> Resultados do teste t de Student relativos à concentração de lactato no sangue nos três protocolos (Multijump, Sprint 35m e Sprint em Cicloergómetro), na 4ª série. ....	86
<b>Quadro 22:</b> Resultados do teste t de Student relativos à concentração de lactato no sangue nos três protocolos (Multijump, Sprint 35m e Sprint em Cicloergómetro), na 5ª série. ....	86

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

- Gráfico 1:** Representação dos valores médios de potência (W) nas primeiras cinco séries do teste Multijump e dos respectivos valores das concentrações de lactato (La). ..... 61
- Gráfico 2:** Representação dos valores médios da concentração de Lactato (mmol/L) nas primeiras cinco séries do teste Multijump. .... 63
- Gráfico 3:** Representação dos valores médios da velocidade média (m/s) nas primeiras cinco séries do teste de sprint de 35m e dos respectivos valores de concentração de lactato (mmol/L). ..... 67
- Gráfico 4:** Representação esquemática das diferenças estatisticamente significativas encontradas entre a 2<sup>a</sup> e a 5<sup>a</sup> série e a 3<sup>a</sup> e a 5<sup>a</sup> série..... 68
- Gráfico 5:** Valores médios da concentração de Lactato (mmol/L) nas primeiras cinco séries do teste de Sprint de 35m..... 70
- Gráfico 6:** Representação dos valores médios e desvios-padrão da potência máxima alcançada (W) nas primeiras cinco séries do teste de sprint em cicloergómetro e dos respectivos valores de concentração de lactato (mmol/L)..... 74
- Gráfico 7:** Valores médios da concentração de Lactato (mmol/L) nas primeiras cinco séries do teste de Sprint em Cicloergómetro..... 76
- Gráfico 8:** Evolução média da concentração de Lactato ([La]) no sangue em cada um dos protocolos realizados ( Sprint 35m, Sprint em cicloergómetro e Multijump) nas primeiras cinco séries..... 87

## LISTA DE ABREVIATURAS

- (ATP) – Trifosfato de Adenosina
- (ADP) – Difosfato de Adenosina
- (FC) – Fosfato de Creatina
- (SD) – Desvio Padrão
- (F-V) – Teste Força – Velocidade
- (FAD) – Flavina Adenina Dinucleotídio
- (FADH<sub>2</sub>) – Flavina Adenina Dinucleotídio Reduzido
- (MC) – Massa Corporal
- (M) – Média
- (m) - Metros
- (MJ) – Teste Multijump
- (n) – Número de Indivíduos
- (NAD<sup>+</sup>) – Nicotinamida Adenina Dinucleotídio
- (NADH) – Nicotinamida Adenina Dinucleotídio Reduzido
- (PP) – Potência Anaeróbia Máxima
- (OL) – Carga Ótima
- (PanM) - Potência Anaeróbia Máxima
- (PanM-abs) - Potência Anaeróbia Máxima Absoluta
- (Pi) – Ião Fosfato
- (RPM) – Rotações por Minuto
- (s) – Segundos
- VO<sub>2</sub> - Consumo de oxigênio

## RESUMO

Este estudo tem como objectivos: conhecer a participação da via glicolítica em três protocolos anaeróbios de curta duração (Impulsão vertical, Sprint de corrida e cicloergómetro). Em todos os protocolos são realizadas cinco séries com o objectivo de caracterizar o estado de fadiga, tendo como indicador o declínio do valor máximo da performance anaeróbia. A determinação da concentração de lactato após a realização de cada série, nos três protocolos, serviu os objectivos acima propostos.

Dezanove sujeitos do sexo masculino, estudantes do 2º ano do Curso de Ciências do Desporto e Educação Física, submeteram-se à realização de três protocolos compostos cada um por cinco séries no mínimo, com intervalo de 1 minuto entre elas: 1) Teste de impulsão vertical, Multijump composto por cinco saltos; 2) Teste de sprint de corrida de 35m; 3) Teste de Sprints em Cicloergómetro de 5s (utilizando a carga óptima do sujeito, calculada a partir do teste F-V). No intervalo existente entre cada série dos três protocolos foi recolhida uma amostra de sangue, de forma a obter a concentração de lactato no sangue em cada um dos três protocolos. As três sessões foram realizadas em dias diferentes a cada um dos sujeitos. A análise estatística foi realizada através do teste t de Student, considerando um nível de significância de 0,05 e 0,01.

Verificamos assim, valores médios de concentrações de lactato no sangue, após a primeira série de  $3,20 \pm 0,71$  mmol/L para o teste Multijump,  $4,31 \pm 1,40$  mmol/L para o teste Sprint 35m (corrida) e  $3,29 \pm 1,12$  mmol/L para o teste Sprint em Cicloergómetro. Os valores revelam uma participação do metabolismo anaeróbio láctico em todos os protocolos máximos, apesar da duração de cada série ser inferior a 6 segundos.

Os resultados encontrados no teste Multijump mostram que, até às cinco séries não se verificou um declínio da potência, mesmo apesar de um aumento crescente da acumulação de lactato, tendo havido pelo contrário um incremento dos valores de potência. Sugere-se assim a necessidade de realizar um aquecimento mais específico para o teste Multijump, de forma a assegurar uma maior activação neuromuscular.

No que diz respeito ao teste de Sprint de 35m (corrida), os resultados revelaram um declínio da velocidade média a partir da 3ª série realizada, verificando-se diferenças estatisticamente significativas para  $p < 0,05$ , entre a 2ª série e a 5ª série.

Após a 2ª série, onde se constatou o valor mais elevado de velocidade ( $6,95 \pm 0,28$  m/s) observou-se um declínio da velocidade média, associando-se ao teste um estado de fadiga muscular geral. A fadiga geral justifica-se pelo facto deste teste recrutar mais de 2/3 dos grupos musculares e também pelas elevadas concentrações de lactato encontradas. Sugerimos assim, que poderá haver provavelmente uma influência do tipo de fibras musculares, no aparecimento da fadiga. Possivelmente as fibras rápidas são selectivamente recrutadas e poderão ser esgotadas pelos sprints repetidos.

No teste de Sprint em Cicloergómetro (5s), não se constatou um decréscimo da potência máxima até a 5ª série executada, apesar do incremento gradual da concentração de lactato no sangue até à 5ª série, não se revelando o estado de fadiga. O facto de se terem atingido os valores mais elevados de potência máxima na quinta série realizada, leva-nos a sugerir que o aquecimento para sprints de curta duração (inferior a 6 segundos) apesar de específico deverá ser mais intenso.

Foi encontrada uma correlação significativa entre a altura de salto atingida no teste Multijump e a velocidade média no sprint 35m, na 1ª e 2ª séries. Esta relação poderá justificar-se eventualmente pelo facto de nos dois protocolos, os sujeitos terem de transportar o seu peso e pela força explosiva que exigem. Não foram encontradas correlações entre o teste Multijump e teste em Cicloergómetro. O mesmo aconteceu relativamente ao Sprint 35m (corrida) e ao Cicloergómetro. Assim, os resultados sugerem que existem em cada um dos protocolos diferentes solicitações e exigências que lhes conferem um carácter específico que deverá ser tido em conta quando se quer fazer uma avaliação correcta de determinada performance.

Cada modalidade tem as suas características próprias, daí que a selecção de um protocolo de avaliação de atletas deverá ter em conta o tipo de exercício realizado bem como a sua especificidade, caso contrário poderemos estar a seleccionar atletas segundo critérios que pouco têm a ver com a realidade da modalidade.

## ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the lactic anaerobic contribution and the state of muscle fatigue, caused by repeated series in three anaerobic protocols of short duration (Vertical Jump – Multijump test, running sprints of 35m and Cycle ergometer sprint test (5s), that was seen through the decline of the power and average speed. The determination of the lactate concentration after the accomplishment of each series, in the three protocols, served the considered objectives.

Nineteen male, physical education students performed three protocols of 5 series, with interval of 1 minute between them: 1) Test of Vertical Jump – Multijump test, composed for five jumps and, 2) Test of running sprint of 35m and 3) Cycle ergometer sprint test of 5s (using the optimal load of the subject, calculated from the F-V test). In each interval of each series of the three protocols a sample of blood was collected, to get the lactate concentration in the blood. The three protocols had been carried through in different days for each subject. Paired – sample t tests were used, considered a level of significance of 0,05 and 0,01.

The results shows average values of lactate concentrations in the blood, after the first series of  $3,20 \pm 0,71$  mmol/L for the Multijump test,  $4,31 \pm 1,40$  mmol/L for the Running Sprint test 35m and  $3,29 \pm 1,12$  mmol/L for the Cycle Ergometer sprint test. The values exactly disclose to a participation of the lactic anaerobic metabolism in maximal protocols with fewer than 6 seconds.

The results found in the Multijump test show that, until five series did not verify a decline of the power output, but a gradual increment of the same one. This would suggest that the warm-up need be more specific for the Multijump test, of form to assure a neuromuscular activation.

The results of running sprint test of 35m (race), had disclosed to a decline of the average speed from the 3<sup>rd</sup> carried through series, verifying significant differences ( $p < 0,05$ ) between the 2<sup>nd</sup> series, where if it evidenced the highest value of speed ( $6,95 \pm 0,28$  m/s) and the 5<sup>th</sup> series ( $6,85 \pm 0,36$  m/s). It associates the test a state of general muscular fatigue. The general fatigue is justified for the fact of this test also enlists more than 2/3 of the muscular groups and for the raised joined lactate concentrations. We suggest thus, that there will probably be able an influence of the

type of muscular fibres in the appearance of the fatigue. This would suggest that fast twitch fibres are selectively fatigued by repeated sprints.

In the Cycle ergometer sprint test (5s), a decrease of the maximum power was not evidenced until the 5<sup>th</sup> executed series, despite the gradual increment of the lactate concentration in the blood until the 5<sup>a</sup> series, not disclosing the fatigue state. The fact of having reached the highest values of maximum power in the fifth series, suggest that the warm-up for sprints of short duration (inferior the 6 seconds) although specific it should be more intense.

A significant correlation was found between the reached height of jump in the Multijump test and the average speed in running sprint of 35m, in the 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> series. This relation can be justified eventually for the fact that in the two protocols, the subjects have to carry its weight and for the explosive force that they demand. Correlations between the Multijump test and Cycle ergometer sprint test had not been found.

Thus, the results suggest that there exist in each one of the protocols, variables that characterize them specifically and determine the success in its performance. The proper characteristics of each modality must be had in account, adjusting the protocols of evaluation of the anaerobic performance to its requirements, thus trying to find the results more faithful to the reality of the sporting activity. Thus, the results suggest that requests exist in each one of the different protocols and, requirements that confer to them a specific character must be had in account when we want to make a correct evaluation of performance. Each modality has its proper characteristics, from there that the selection of a protocol of athlete evaluation must have in account the type of exercise carried through as well as its specificity, contrary case we could be select athlete as criteria that little have to see with the reality of the modality.

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUÇÃO**

Durante o exercício intenso de curta duração, o organismo é solicitado ao máximo das suas potencialidades. Para isso, necessita de energia, sob a forma de ATP. Esta forma de energia é fornecida ao músculo-esquelético através do metabolismo anaeróbio e aeróbio.

As vias anaeróbias são por excelência, as principais fontes de obtenção de energia em actividades intensas de curta duração.

São muitas as actividades e desportos de curta duração, que se caracterizam por esforços máximos seguidos de períodos breves de intensidade moderada. Uma performance de sucesso depende não apenas da capacidade de gerar a potência máxima, mas também de recuperar minimamente entre as séries sucessivas de exercício intenso /máximo.

Quando a capacidade máxima de trabalho físico é alcançada, a fadiga (ou exaustão) começa a desenhar os seus contornos limitando a performance do sujeito (Asmussen, 1979).

A fadiga é definida por Gatin (2001), Fernández (1999), citado em Fernández-Castanys & Fernández (2003), Powers & Howley (1997) e Sargeant, A (1994), como uma diminuição da capacidade muscular, vista geralmente como uma incapacidade de manter ou desenvolver a força e potência esperada durante contracções musculares repetidas.

Os mecanismos desencadeadores da fadiga variam e são normalmente específicos do tipo de actividade física (Powers & Howley, 1997). Com este estudo, pretendemos analisar o estado de fadiga, durante o metabolismo anaeróbio em exercício de curta duração. Para o efeito, foram realizados três protocolos de curta duração: sprints em cicloergómetro, sprints em corrida e um teste de impulsão vertical.

Recorremos à concentração de lactato no sangue para avaliar a participação da via glicolítica, nos três protocolos, assumindo-se ainda como um indicador biológico do estado de fadiga.

## 1. OBJECTIVOS DO ESTUDO

Este estudo pretende dar a sua contribuição para o conhecimento do metabolismo anaeróbio sob condições de exercício de intensidade máxima e de curta duração. Assim, são objectivos deste estudo:

- Verificar e comparar a contribuição da via glicolítica em três protocolos diferentes de curta duração (inferiores a 6s): Impulsão vertical, Sprint e Cicloergómetro através do indicador biológico da concentração de lactato.

- Identificar o momento a partir do qual se inicia o estado da fadiga em três protocolos (Impulsão vertical, Sprint (corrida) e Cicloergómetro) que integram formas de exercício inerentes a maior parte das modalidades da actualidade desportiva, tendo como indicador físico a diminuição da força contráctil (manifestada pela diminuição da potência).

- Comparar três protocolos (Impulsão vertical, Sprint (corrida) e Cicloergómetro) quanto ao estado de fadiga e participação do metabolismo anaeróbio láctico.

## 2. PERTINÊNCIA DO ESTUDO

Actualmente, existe ainda alguma controvérsia acerca da participação da via anaeróbia láctica em exercícios intensos de duração inferior a 6, 7 segundos. Enquanto que alguns autores defendem que o metabolismo anaeróbio láctico, só contribui para a produção de energia a partir dos 10s (MacArdle *et al.*, 1996), ou a partir dos 20s (Margaria *et al.*, 1994) citado em Chamari *et al.* (2001), outros autores como Chamari *et al.* (2001), Mercier *et al.* (1991), Barbosa (2001), mostraram que as concentrações de lactato aumentaram significativamente em exercício intenso com duração inferior a 10 segundos. O presente estudo poderá assim contribuir para confirmar se os protocolos máximos realizados (inferiores a 6s) terão uma participação importante da via glicolítica.

Dos factores que, em actividades de curta duração, influenciam o rendimento músculo-esquelético, o efeito da fadiga tem sido o mais apontado (Sargeant, 1994).

O conhecimento do factor limitante da performance como o estado da fadiga em três protocolos (Impulsão vertical, Sprint e Cicloergómetro) que integram formas de exercício inerentes a maior parte das modalidades da actualidade desportiva, permite-nos assim desenvolver métodos de melhoria do desempenho desportivo. O facto de existirem também actividades que conciliam várias formas de exercício, como as presentes nos três protocolos em estudo, poderão também vir a beneficiar com as conclusões a retirar dos resultados obtidos, já que poderão ser criadas novas estratégias metodológicas para fazer face a fadiga acumulada em cada uma das formas de exercício (Impulsão vertical, Sprint (corrida) e Cicloergómetro).

A melhoria da prática desportiva e a obtenção do êxito em performances máximas de curta duração estão dependentes de uma metodologia de treino e desenvolvimento óptimo das características intrínsecas dos atletas. O estudo do estado de fadiga em protocolos de curta duração, poderá contribuir neste sentido, para um aprofundamento do conhecimento nesta área, visando assim, um aperfeiçoamento dos processos fisiológicos de treino e recuperação inerentes à performance desportiva.



## **CAPÍTULO II**

### **REVISÃO DA LITERATURA**

#### **1. METABOLISMO ENERGÉTICO**

Por cada minuto do dia, ocorrem milhares de reacções no organismo. Este conjunto de reacções é designado de metabolismo. O metabolismo inclui, reacções químicas de onde resulta a síntese de moléculas (reacções anabólicas) e a quebra de moléculas (reacções catabólicas) (Powers & Howley, 1997).

Para haver contracção muscular, as células musculares esqueléticas têm de ser capazes de extrair continuamente energia dos nutrientes contidos nos alimentos (Powers & Howley, 1997).

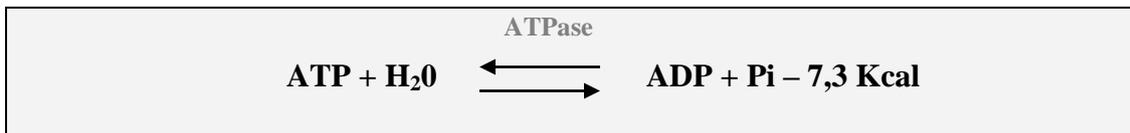
Uma vez que o funcionamento da célula depende da sua capacidade de extrair e utilizar energia química contida nos alimentos, podem ser consideradas neste processo duas fases distintas: a formação do ATP a partir da energia potencial presente nos alimentos e, a utilização desta mesma energia na realização das várias formas de trabalho biológico.

Perante uma série de processos metabólicos, o organismo extrai a energia de que necessita a partir dos substratos que provêm tanto das suas próprias reservas, como da ingestão dos nutrientes alimentares.

A energia presente nos alimentos não é transferida directamente às células para a realização de trabalho biológico. Em vez disso, essa “energia dos nutrientes” libertada através da oxidação é recolhida e conduzida como uma forma acessível de energia química através do composto rico em energia - o ATP. A energia potencial dentro da molécula de ATP é utilizada para todos os processos da célula que necessitam de energia (McArdle e tal, 1998).

A energia proveniente do ATP torna-se disponível quando é quebrada a ligação do último grupo fosfato. Esta reacção ocorre quando os filamentos de actina se unem aos filamentos de miosina, activando a enzima ATPase que será responsável pela quebra da molécula de ATP e que, por sua vez induz o movimento das pontes

cruzadas provocando o encurtamento da fibra muscular. Esta é uma reacção anaeróbia (já que não depende do oxigénio), catalizada pela enzima ATPase, e que, para além da energia, liberta uma ião fosfato – Pi, e uma molécula de ADP (Adenosina-difosfato). A hidrólise do ATP liberta aproximadamente 7,3 Kcal de energia por cada mol de moléculas degradadas para ADP e Pi (McArdle e tal, 1998).



**Fig. 1** - Hidrólise da molécula de ATP – Reacção reversível.

O ATP é um composto intermediário, que tem a capacidade particular de participar em numerosas reacções – reacções com o alimento para extrair energia e reacções observadas em muitos mecanismos fisiológicos para fornecer energia necessária para a sua realização. Assim, o ATP foi considerado a energia circulante do organismo, passível de ser adquirida e consumida repetidamente (Guyton & Hall, 1997).

Como apenas uma pequena quantidade de ATP é armazenada na célula e não pode ser fornecida através do sangue ou a partir de outros tecidos, o ATP é resintetizado continuamente ao mesmo ritmo que é utilizado (McArdle e tal, 1998).

A quantidade total de ATP, segundo McArdle (1998), é limitada aproximadamente a 80 a 100 g, representando uma quantidade de energia que é suficiente somente para realizar um nível de exercício máximo durante alguns segundos.

## 2. VIAS ENERGÉTICAS

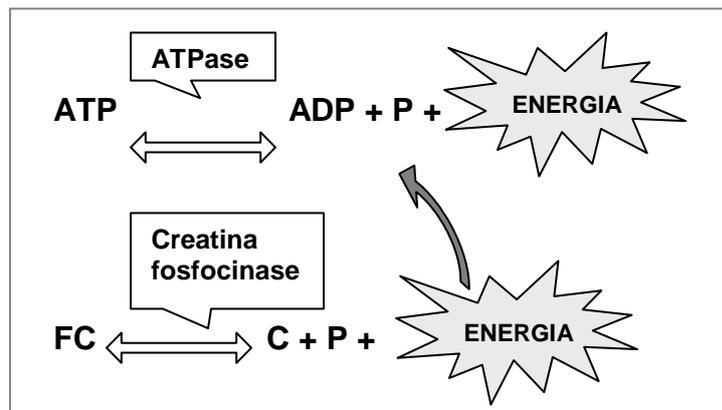
As células musculares podem produzir ATP através da combinação de três vias metabólicas (Powers & Howley, 1997):

1. Sistema do ATP-FC / Via anaeróbia aláctica;
2. Sistema da Glicólise / Via anaeróbia láctica;
3. Sistema da Fosforilação Oxidativa / Via aeróbia

## 2.1. Sistema de energia imediata – Via Anaeróbia Aláctica

Apesar das principais fontes de energia química para a ressíntese do ATP serem as gorduras e os hidratos de carbono, parte da energia para a ressíntese do ATP é gerada rapidamente e sem oxigénio a partir de outro composto fosfato rico em energia, denominado fosfato de creatina.

O fosfato de creatina é um composto químico que possui uma ligação de fosfato de alta energia. A fosfocreatina (ou fosfato de creatina) pode ser decomposta em creatina e no ião fosfato. Ao fazê-lo, liberta grande quantidade de energia. Esta ligação de fosfato de alta energia contém mais energia que a ligação do ATP, libertando 10,3 calorias ao ser decomposta. A fosfocreatina pode facilmente fornecer energia suficiente para reconstruir as ligações de alta energia do ATP. Além disso, a maioria das células musculares contem duas a quatro vezes mais fosfocreatina do que ATP (Guyton & Hall, 1997).



**Fig. 2 - Sistema ATP – FC (reações reversíveis).** O ATP é sintetizado a partir da energia resultante da decomposição do fosfato de creatina.

Toda a energia armazenada na fosfocreatina muscular torna-se imediatamente disponível para a contração muscular. Assim a fosfocreatina celular, juntamente com o ATP presente formam o sistema energético dos fosfagénios (via anaeróbia aláctica). Em conjunto, podem proporcionar uma potência muscular máxima por um período de 8 a 10 segundos (Guyton & Hall, 1997). Segundo Powers & Howley (1997), o sistema ATP-FC consegue responder às necessidades energéticas do exercício intenso com duração de 1 a 5 segundos.

McArdle (1998), refere que todos os desportos exigem a utilização dos fosfatos de alta energia, porém muitas actividades contam quase exclusivamente com esse meio para a transferência de energia.

## **2.2. Sistema de energia a curto prazo – Via Anaeróbia Láctica**

A segunda via metabólica capaz de produzir rapidamente ATP, na ausência do oxigénio, é designada de via glicolítica. Neste processo, o glicogénio armazenado no músculo é desdobrado em glicose, que será então utilizada sob a forma de energia.

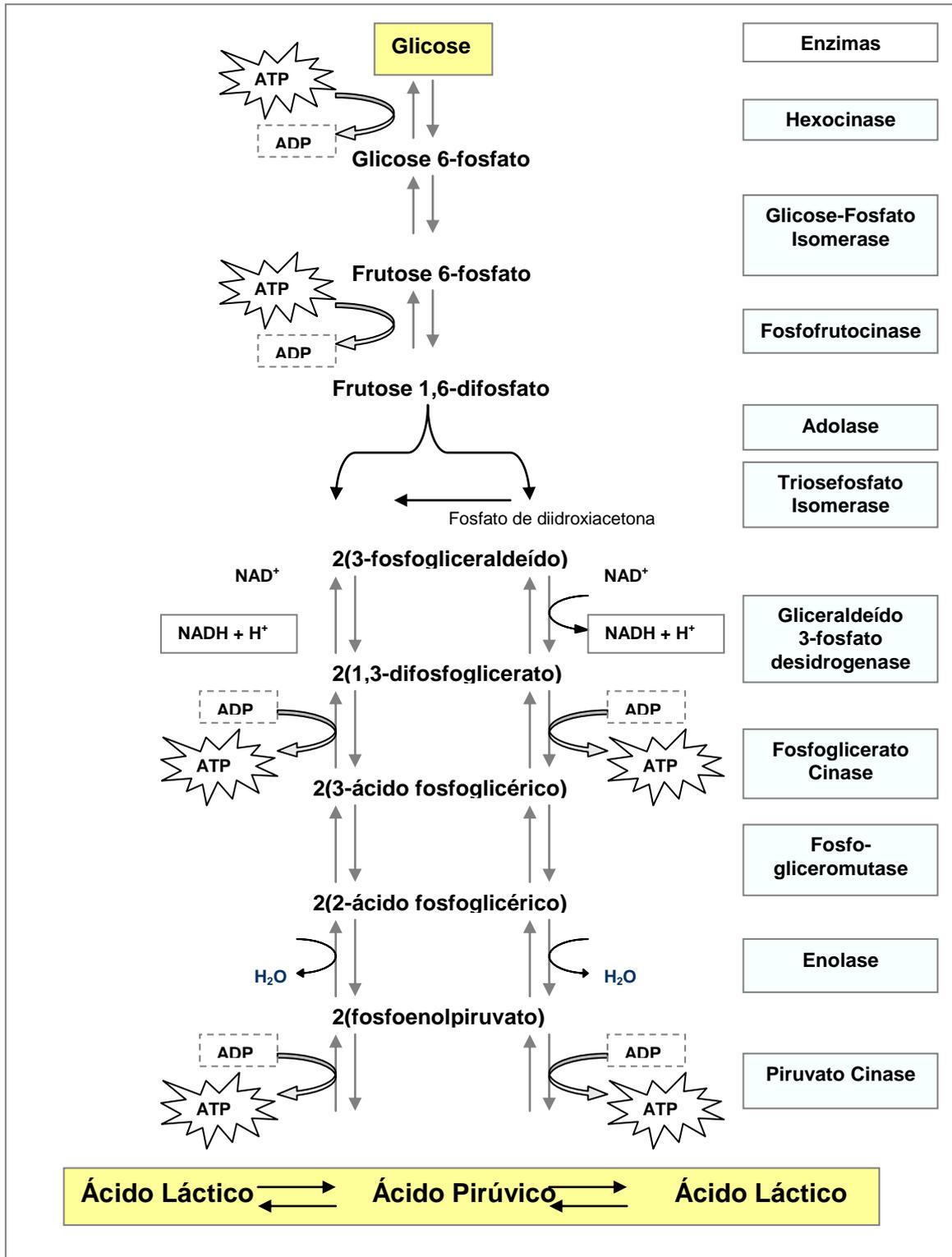
Imediatamente após a sua entrada na célula, a glicose combina-se com um radical fosfato (Guyton & Hall, 1997). O ATP age como doador de fosfato para fosforilar a glicose e transformá-la em glicose 6-fosfato. Essa reacção “prende” a molécula de glicose na maioria das células. São as células hepáticas, que contêm a enzima fosfatase, que retiram o fosfato da glicose 6-fosfato e que libertam a glicose da célula para ser transportada pelo organismo. (McArdle et al, 1998). Após a sua absorção pelas células, a glicose pode ser utilizada imediatamente para libertar energia para as células, ou para ser armazenada sob a forma de glicogénio. O processo pelo qual há formação de glicogénio, denomina-se de glicogénese (Guyton & Hall, 1997).

Segundo Guyton & Hall (1997), todas as células têm a capacidade de armazenar algum glicogénio, porém, as células hepáticas podem armazenar até 5 a 8% do seu peso sob a forma de glicogénio muscular e as células musculares podem armazenar até 1 a 3%.

A glicogenólise consiste no processo de degradação do glicogénio armazenado na célula para formar novamente glicose. A glicogenólise é regulada pela acção da enzima fosforilase (Guyton & Hall, 1997). Quando surge a necessidade de formar glicose a partir do glicogénio, a fosforilase é activada. Esta enzima é influenciada pela acção das hormonas adrenalina e glucagon.

A glicólise é sem dúvida o processo fundamental pelo qual a molécula de glicose liberta energia. Este processo integra duas etapas de degradação da glicose no organismo. Durante a glicólise, cada molécula de glicose é desdobrada em duas moléculas de ácido pirúvico, sendo a energia libertada para a formação de quatro

moléculas de ATP, por cada molécula original de glicose. Esta etapa ocorre em dez reacções químicas, catalizadas cada uma por uma enzima específica (Guyton & Hall, 1997).



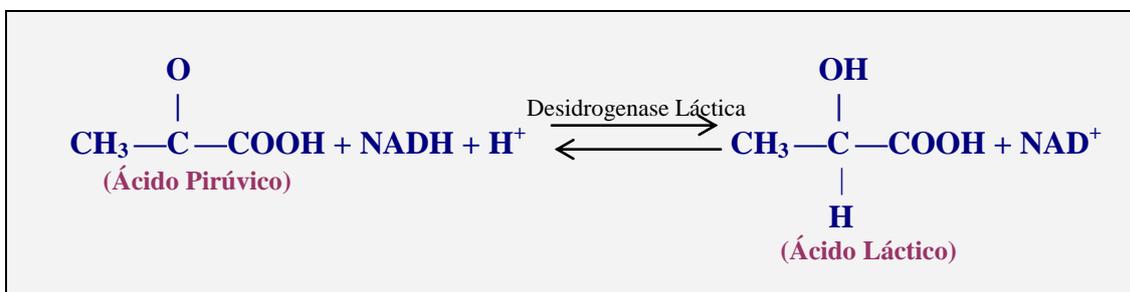
**Fig. 3 - Glicólise:** conjunto de dez reacções químicas controladas por enzimas que ocorrem durante o desdobramento anaeróbio da glicose em duas moléculas de ácido pirúvico (Adaptado de MacArdle, 1998).

Como duas moléculas de ATP são perdidas na fosforilação inicial da glicose, a transferência global de energia através da glicólise resulta num ganho de duas moléculas de ATP. Assim, o ganho efectivo de moléculas de ATP em todo o processo glicolítico é de apenas 2 ATP. De salientar que, quando a glicólise começa com uma molécula de glicose derivada do glicogénio existe um ganho bruto de 3 ATP (McArdle, 1998).

Segundo Guyton & Hall (1997), a eficiência global para a formação de ATP é de 43%. Os restantes 57% de energia são perdidos sob a forma de calor. McArdle (1998), refere que este processo opera com uma eficiência de aproximadamente 33%.

Quando o organismo está em repouso ou em exercício moderado, a capacidade das mitocôndrias é suficiente, em termos de metabolismo oxidativo, dispondo as células da quantidade necessária de oxigénio. Assim, os hidrogénios, libertados na glicólise, ligam-se ao oxigénio para formar água. Todo o ácido láctico formado é oxidado por outros tecidos à mesma velocidade com que é formado. Existe então, um “ritmo estável”, já que o oxigénio é oxidado aproximadamente com a mesma velocidade com que se torna disponível. O ácido pirúvico constitui-se assim, como o produto final da glicólise (McArdle *et al*, 1998).

Em condições de exercício físico intenso, as necessidades energéticas ultrapassam a quantidade de oxigénio disponível bem como o seu ritmo de utilização (McArdle *et al*, 1998). Os dois produtos finais das reacções glicolíticas, o ácido pirúvico e os átomos de hidrogénio combinados com  $\text{NAD}^+$  para formar  $\text{NADH}$  e  $\text{H}^+$ , reagem entre si para formar ácido láctico.



**Fig. 4 – Formação de Ácido Láctico:** ocorre temporariamente quando os átomos de hidrogénio de ligam ao ácido pirúvico (Adaptado de Guyton & Hall, 1997).

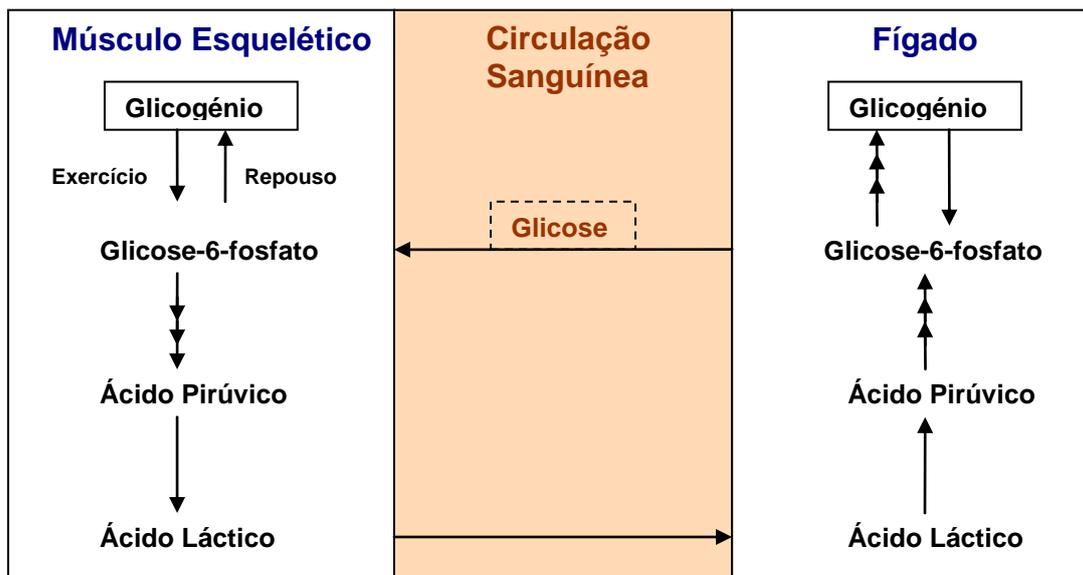
Nas condições de glicólise anaeróbia, o  $\text{NAD}^+$  é formado à medida que pares de hidrogénio “excessivos” se combinam com o ácido pirúvico, numa reacção catalisada pela enzima desidrogenase láctica (LDH), formando-se assim ácido láctico numa reacção que é reversível (McArdle *et al*, 1998).

O ácido láctico difunde-se rapidamente no sangue, funcionando como um “escape”, permitindo que a glicólise prossiga por mais tempo do que seria possível, fornecendo ao organismo quantidades consideráveis de ATP, na ausência de oxigénio (Guyton & Hall, 1997).

A quantidade de ácido láctico que se forma durante a glicólise anaeróbia não se perde no organismo, pois quando o oxigénio fica novamente disponível, este pode ser reconvertido em glicose ou, pode ser utilizado directamente como fonte de energia (Guyton & Hall, 1997).

Durante o exercício uma certa quantidade de ácido láctico produzida pelo músculo é transportada até ao fígado através do sangue. O lactato pode ser aqui, convertido em glicose através de um processo designado gliconeogénese (Powers & Howley, 1997),

Este ciclo, no qual os esqueletos de carbono das moléculas de ácido láctico são utilizados para a síntese de glicose, designa-se Ciclo de Cori. Este processo proporciona não apenas um meio para a remoção de lactato mas também, um meio para aumentar a glicose sanguínea e o glicogénio muscular durante o exercício (McArdle *et al*, 1998).



**Fig. 5 - Ciclo de Cori:** O ácido láctico, produzido no músculo, durante o exercício físico intenso é utilizado pelas células hepáticas para a síntese de glicose (Adaptado de Powers & Howley, 1997).

### 3. SISTEMA DE ENERGIA A LONGO PRAZO – VIA AERÓBIA

A via aeróbia, segundo Seeley *et al.* (1997), consiste no processo de desdobramento da glicose, na presença de oxigénio, para produzir dióxido de carbono, água e 38 moléculas de ATP. A maioria das moléculas de ATP necessárias ao organismo é produzida através da via aeróbia que, se divide em quatro fases: glicólise, formação de acetil Co-A, ciclo de Krebs (ou ácido cítrico) e cadeia de transporte de electrões.

A primeira fase da via aeróbia é a glicólise, descrita anteriormente na via anaeróbia láctica, já que esta é uma fase comum às duas vias.

Na segunda fase da via aeróbia (a formação de acetil Co-A), o ácido pirúvico sai do citosol para uma mitocôndria, cujos os compartimentos internos e externos estão separados pela membrana mitocondrial interna. É no compartimento interno que a molécula de ácido pirúvico é transformada irreversivelmente em acetil Co-A. Nesta reacção é libertada energia que é utilizada para reduzir o  $\text{NAD}^+$  em NADH. Por cada duas moléculas de ácido pirúvico resultantes da glicólise, são formadas duas moléculas de NADH e outras duas de dióxido de carbono (Seeley *et al.*, 1997).

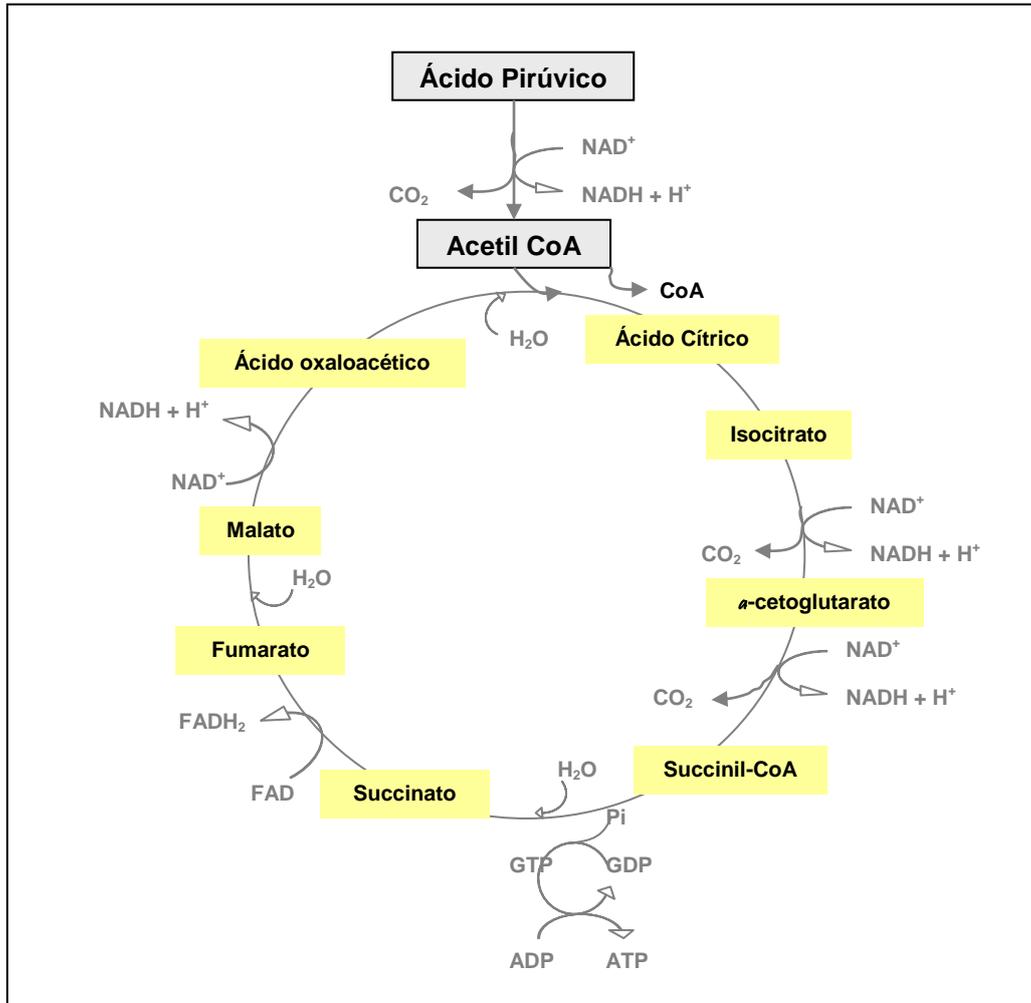
A etapa que se segue na degradação da molécula de glicose, designa-se ciclo do ácido cítrico ou ciclo de Krebs. A função mais importante do ciclo de Krebs é a produção de electrões ( $\text{H}^+$ ) que serão transportados para a cadeia de transporte de electrões por intermédio de  $\text{NAD}^+$  e também em algumas circunstâncias, de FAD (McArdle *et al.*, 1998).

O ciclo do ácido cítrico ou Krebs, inicia-se com a produção de ácido cítrico, através da combinação de acetil Co-A com uma molécula, de ácido oxaloacético (Seeley *et al.*, 1997). A coenzima A da acetil Co-A é libertada e pode novamente ser utilizada para formar maiores quantidades de acetil Co-A através do ácido pirúvico. No entanto, o radical acetil passa a fazer parte integrante da molécula de ácido cítrico (Guyton & Hall, 1997).

Segundo McArdle *et al.* (1998), o ciclo de Krebs, assegura a continuidade do metabolismo do ácido pirúvico, assim como dos produtos intermediários do

metabolismo proteico e lipídico, através da formação de acetil Co-A, que constitui a forma de entrada no ciclo de Krebs, de todos os combustíveis metabólicos.

Durante as reacções que ocorrem no ciclo de Krebs, evidenciam-se três acontecimentos importantes: a produção de ATP, a produção de NADH e FADH<sub>2</sub> e a produção de CO<sub>2</sub>.



**Fig. 6- Ciclo de Krebs:** O ácido cítrico através de uma série de reacções, é convertido em ácido oxaloacético que se pode combinar com o acetil CÔA, reiniciando o ciclo. Durante este processo são produzidas moléculas de ATP, NADH, FADH<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> (Adaptado de Powers & Howley, 1997).

Por cada molécula de ácido cítrico são convertidas três moléculas de NAD<sup>+</sup> em moléculas de NADH e, uma molécula de FAD em FADH<sub>2</sub>. As moléculas de NADH e FADH são transportadores de electrões, que entram na cadeia de transporte de electrões e são utilizadas para a produção de ATP (Seeley *et al*, 1997).

No início de cada ciclo, cada molécula de ácido cítrico, com seis átomos de carbono, transforma-se no final do ciclo numa molécula de ácido oxaloacético, com

quatro carbonos. Os dois átomos de carbono restantes da molécula de ácido cítrico, são utilizados na formação de duas moléculas de dióxido de carbono (Seeley *et al*, 1997).

Durante este ciclo ocorrem reacções sucessivas que produzem mais ácido oxaloacético que, ao combinar-se com uma molécula de Acetil-CoA, pode reiniciar o ciclo (Seeley *et al*, 1997).

Em suma, o ciclo de Krebs finaliza a oxidação dos hidratos de carbono, gorduras e proteínas, produz dióxido de carbono e fornece electrões para serem utilizados na cadeia transportadora de electrões, fornecendo assim energia para a produção aeróbia de ATP (Powers & Howley, 1997).

Ao analisar todo o processo da via aeróbia até esta fase, podemos concluir que por cada molécula de glicose, que inicia a respiração aeróbia, são produzidas duas moléculas de ácido pirúvico durante a glicólise, que por sua vez são convertidas em duas moléculas de acetil Co-A, que entram no ciclo de Krebs. Assim, o resultado final é de duas moléculas de ATP, seis de NADH, duas de FADH<sub>2</sub> e quatro de CO<sub>2</sub>.

Apesar da complexidade das fases até aqui analisadas, a formação de ATP é mínima – apenas duas moléculas de ATP na glicólise e mais duas no ciclo de Krebs, para cada molécula de glicose metabolizada. Contudo, 90% do ATP total gerado durante o metabolismo da glicose, é formado durante a oxidação dos átomos de hidrogénio que são libertados durante as etapas iniciais de degradação da glicose (Guyton & Hall, 1997).

A quarta fase da via aeróbia corresponde assim, à cadeia de transporte de electrões e fosforilação oxidativa. Esta cadeia de transporte de electrões, consiste num conjunto de transportadores de electrões situados na membrana mitocondrial interna, onde os electrões são transferidos do NADH e FADH<sub>2</sub> para os transportadores de electrões e, os iões de hidrogénio são libertados do NADH e FADH<sub>2</sub>. Os electrões libertados pelo NADH e FADH<sub>2</sub> passam de um transportador de electrões ao outro, através de uma série de reacções de oxidação-redução (Seeley *et al*, 1997).

Cada bomba de prótons recebe um electrão, utiliza alguma da sua energia para libertar um ião hidrogénio e passa-o para o próximo transportador de electrões. O último transportador de electrões da série capta quatro electrões e combina-os com oxigénio e quatro iões de hidrogénio para formar água (Seeley *et al*, 1997).

Durante o transporte de electrões através da cadeia de transporte, ocorre libertação de energia que é utilizada para promover a síntese de ATP. A energia libertada é utilizada para bombear os iões de hidrogénio para o compartimento externo da mitocôndria. Este processo cria no compartimento externo uma alta concentração de iões de hidrogénio de carga positiva, gerando também um potencial eléctrico negativo na matriz interna (Guyton & Hall, 1997).

A elevada concentração de iões hidrogénio no espaço entre as duas membranas mitocondriais e a grande diferença de potencial eléctrico através da membrana interna induzem o fluxo de iões de hidrogénio através da ATPase para o interior da matriz mitocondrial. Assim, a energia proveniente deste fluxo de iões hidrogénio é utilizada pela ATPase para converter o ADP em ATP. Por cada dois átomos de hidrogénio, são sintetizadas até 3 moléculas de ATP (Guyton & Hall, 1997).

<b>Fosforilação Oxidativa</b>	
<b>Substratos</b>	Átomos de Hidrogénio obtidos a partir do NADH + H <sup>+</sup> e do FADH <sub>2</sub> .
<b>Produção de ATP</b>	<b>3 ATP</b> por cada NADH + H <sup>+</sup> <b>2 ATP</b> por cada FADH <sub>2</sub>
<b>Produtos Finais</b>	<b>H<sub>2</sub>O</b> – uma molécula por cada par de hidrogénios que entram na reacção
<b>Reacção</b>	$\frac{1}{2} \text{O}_2 + \text{NADH} + \text{H}^+ + 3 \text{ADP} + 3 \text{Pi} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{NAD}^+ + 3 \text{ATP}$

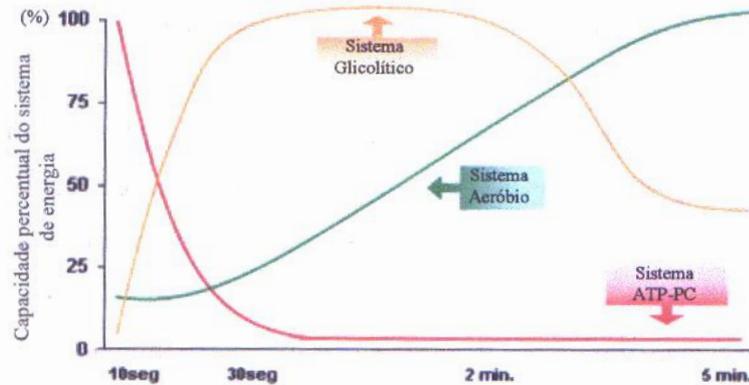
**Fig. 7 – Fosforilação Oxidativa** (adaptado de Vander, 1994).

Em suma, há uma produção total de 38 molécula de ATP para cada molécula degradada (2 moléculas durante a glicólise, 2 durante o ciclo de Krebs e 34 durante a fosforilação oxidativa).

#### **4. INTERACÇÃO E CONTRIBUIÇÃO DAS VIAS ENERGÉTICAS DURANTE O EXERCÍCIO**

Segundo Powers & Howley (1997), a energia necessária a realização de exercício provem de uma interacção entre as vias anaeróbias e aeróbia. De um modo geral, quanto menor a duração da actividade (elevada intensidade) maior é a

contribuição das vias anaeróbias na produção de energia. Já as actividades de longa duração (baixa intensidade) utilizam ATP produzido maioritariamente pela via aeróbia.



**Fig. 8:** Representação das três vias energéticas e sua contribuição percentual para a produção total de energia durante um exercício máximo de diferentes durações (Adaptado de McArdle *et al.*, 1998).

Também Robergs & Roberts (1997), referem que na realização de um determinado tipo de actividade (aeróbia e anaeróbia), não devemos considerar cada um dos sistemas energéticos de uma forma isolada, pois em nenhum tipo de actividade intervêm apenas um sistema de produção de energia. O metabolismo energético deve ser encarado numa perspectiva global pois só desta forma se torna possível compreender os processos de regulação das várias formas de energia bem como a forma como estes interagem na mesma célula e nos diferentes tecidos.

Armstrong & Welsman (2000) referem no mesmo sentido que, durante o exercício as vias energéticas não operam isoladamente e a intensidade e duração da actividade física são fundamentais na predominância da via energética. Os autores referem ainda que, durante o exercício máximo, as vias anaeróbias são as mais solicitadas, proporcionando a maioria da energia necessária durante as fases iniciais. No entanto, a via aeróbia contribui com uma aumento gradual à medida que o tempo do exercício aumenta.

Gastin (2001), numa revisão acerca da interacção dos sistemas de energia, afirma que todas as actividades físicas utilizam energia proveniente de cada um dos sistemas energéticos. Cada um dos sistemas está melhor capacitado para fornecer

energia para um determinado tipo de actividade (com uma determinada intensidade), mas isso não significa que tenha a sua exclusividade. O sistema anaeróbio é capaz de responder imediatamente às necessidades energéticas do exercício e é capaz de suportar potências máximas muito elevadas. Contudo, a sua capacidade é limitada. Ainda segundo o autor, os sistemas de energia contribuem de forma sequencial, mas em sobreposição às necessidades energéticas do exercício físico.

Esta interacção no fornecimento de energia pelas vias aeróbia e anaeróbia segundo Armstrong & Welsman (2000) torna bastante difícil o cálculo do ritmo e capacidade de produção de ATP por cada um dos sistemas energéticos. Neste sentido Gastin (2001), diz-nos que a avaliação da libertação de energia proveniente do sistema anaeróbio é muito menos precisa que a avaliação da energia libertada pela via aeróbia (medida através do  $VO_2$ ). As alterações dos substratos musculares, metabolitos e o défice de oxigénio acumulado após o exercício em combinação com os valores de  $VO_2$  têm sido recentemente utilizados como medidas para determinar a contribuição dos sistemas energéticos durante períodos variáveis de exercício máximo.

## **5. VIA ANAERÓBIA - POTÊNCIA E CAPACIDADE**

Segundo Powers & Howley (1997), a potência é o termo utilizado para descrever o trabalho realizado por unidade de tempo. É o ritmo de trabalho ou a potência que caracterizam a intensidade do exercício. Potência média é um dos termos também muito utilizados. Armstrong & Welsman (2000) definem potência média como o trabalho total efectuado durante um teste anaeróbio a dividir pelo tempo dispendido.

Capacidade anaeróbia é outro termo frequentemente utilizado na avaliação da potência anaeróbia. Capacidade anaeróbia é definida como a quantidade máxima de ATP que é produzido pela via anaeróbia. Para avaliar a capacidade anaeróbia directamente são necessários métodos invasivos de avaliação do ATP, FC e lactatos, sendo a biopsia muscular um dos métodos utilizados (Spriet, 1995) (citado em Williams, 1997). No entanto a maioria dos estudos têm estimado a capacidade anaeróbia recorrendo a métodos não invasivos (Williams, 1997).

## 5.1. Protocolos de Avaliação da Via Anaeróbia

### 5.1.1. Testes de Impulsão Vertical

Variados testes anaeróbios têm sido utilizados em laboratório ou em campo. A equação da potência ( $P = w/t$ ) tem sido utilizado para o cálculo desta variável em testes de campo ou laboratório como testes de impulsão vertical ou o teste Wingate em cicloergómetro.

Estudos acerca da fidelidade do teste de impulsão vertical têm sido elevados, encontrando correlações altamente significativas ( $p=0,930$  e  $p=0,985$ ). Dois investigadores encontraram uma correlação de 0,99 ao realizarem teste de impulsão vertical em estudantes universitários. Mesmo quando aplicado a crianças, o teste de impulsão vertical apresentou uma fidelidade que variou entre os 0,90 e 0,97.

Os testes de impulsão vertical têm sido relacionados com a performance anaeróbia de curta duração. Estudos realizados acerca do teste de impulsão vertical têm concluído que a habilidade para produzir um ritmo elevado de força é um factor significativo num movimento explosivo como é a impulsão vertical. A habilidade da impulsão vertical depende bioquimicamente da capacidade da via aláctica e também da habilidade para usar as reservas de fosfagénios a um ritmo elevado. Do ponto de vista biomecânico, o teste de impulsão vertical combina a extensão da articulação coxo-femural e do joelho com a flexão plantar do tornozelo. A percentagem de fibras rápidas no *vastus lateralis*, um dos quatro músculos do quadríceps, está correlacionada significativamente com a altura de salto medida na plataforma de forças (Adams, 1998).

Relativamente ao aquecimento a realizar para um teste de impulsão vertical, Adams (1998) refere que este não deve ser tão extenso como o recomendado para o sprint de corrida. Contudo, o aquecimento parece influenciar a performance da impulsão vertical. Assim, um aquecimento de 5 a 10 minutos com uma parte final incluindo alguns saltos que metade ou  $\frac{3}{4}$  do esforço deverá ser suficiente.

### 5.1.2. Testes de Sprint

Os testes de Sprint têm sido vastamente utilizados para avaliar a performance anaeróbia. Uma vez que a sua duração não excede normalmente os 10 segundos, Adams (1998), refere do ponto de vista bioquímico que a performance neste tipo de teste depende fundamentalmente da utilização das reservas musculares ATP e FC. De salientar que estes testes, não constituem uma forma exacta de avaliação da potência, já que a força exercida pelo sujeito não pode ser medida, sendo apenas possível calcular a velocidade (Adams, 1998).

Fetz (1978) e Kornexl (1951), citados em Correia (2001), apontam coeficientes de fiabilidade do sprint de 30 m na ordem dos 0,88 e 0,90. Testes de velocidade com distâncias menores são possíveis, no entanto a fiabilidade é maior em testes de distância igual ou superior a 20y (18,3m). Bosco & Komi (1980), citados em Correia (2001), referem haver um coeficiente de validade bastante elevado ( $r=0,970$ ) para o teste de 40y (36,6m).

Correia (2001), num estudo realizado com 41 sujeitos pós-pubertários, avaliou a potência anaeróbia máxima através de três testes: o teste força-Velocidade, o sprint de 30m e testes de impulsão vertical. A autora encontrou correlações significativas entre o teste Força-Velocidade e o sprint de 30m e os testes de impulsão vertical.

Alguns investigadores concluem que os testes anaeróbios são específicos e não gerais, não podendo ser universais. Os tempos de sprint parecem estar correlacionados baixa a moderadamente com os teste de impulsão vertical. Existem correlações entre um sprint de 40yd e um teste de impulsão vertical. Porém, a correlação entre o sprint de 40yd e a impulsão vertical é reduzida a zero quando se considera a massa corporal (Adams, 1998).

### 5.1.3. Testes em cicloergómetro

Dos testes realizados em cicloergómetro, o teste Wingate é o mais utilizado para avaliar a potência e capacidade anaeróbia, onde um sujeito pedala ao máximo durante 30 segundos (Armstrong & Welsman, 2000).

Pirnay et al., citado em Armstrong & Welsman (2000), investigou especificamente a potência máxima e propôs um teste em cicloergómetro, consistindo na realização de

sprints máximos de 5 a 7s, pedalando contra várias cargas. Este protocolo foi posteriormente modificado, designando teste Força-Velocidade, tendo ganho grande aceitação em adultos.

O teste Força-Velocidade, é assim um teste a considerar fortemente já que a potência máxima alcançada se aproxima de forma mais verdadeiras da real potência máxima no cicloergómetro do que o teste Wingate ou outros testes. Alguns investigadores têm reforçado a utilização do teste F-V para identificar a carga óptima de cada sujeito para utilização no teste Wingate, contudo põe-se em causa que a carga óptima para um sprint de 5 a 7s seja a mesma carga óptima para um teste de 30 s (Armstrong & Welsman, 2000).

## **6. FORNECIMENTO ANAERÓBICO DE ENERGIA, ÁCIDO LÁCTICO E EXERCÍCIO FÍSICO**

Muitas actividades desportivas dependem sobretudo da potência explosiva por curtos períodos de tempo. A performance anaeróbia envolve curtos períodos de exercício intenso, como por exemplo os sprints e os saltos, assentando predominantemente nos sistemas de energia imediata (sistema dos fosfagénios) e de curta duração (via glicolítica) (Baker, 1996).

A produção anaeróbia de energia é essencial para a manutenção do exercício de elevada intensidade, quando as necessidades de ATP são tão elevadas que a via aeróbia não consegue responder (Spriet, 1995).

Segundo Spriet (1995), a fonte de energia de maior importância durante actividades de elevada intensidade é via anaeróbia láctica (via glicolítica).

O nível de lactato no sangue tem sido utilizado como um indicador do metabolismo anaeróbio durante o exercício. Está comprovado que uma produção elevada de lactato muscular induz a uma elevação paralela do lactato no sangue. Quanto maior o nível de lactato, maior a contribuição da via glicolítica (Williams, 1997).

Quando a intensidade do exercício aumenta, os níveis de ácido láctico no sangue começam a subir de forma exponencial. O ponto no qual o nível de ácido

lático começa a subir de forma sistemática, durante o exercício, é designado de limiar láctico ou limiar anaeróbio (Powers & Howley, 1997).

Segundo McArdle *et al.*, (1998), os níveis de lactato mais elevados e acumulados mais rapidamente são alcançados durante o exercício físico explosivo, podendo ser sustentado por 60 a 180 segundos. À medida que a intensidade do exercício diminui, também o ritmo de acumulação de lactato é menor.

Segundo Powers & Howley (1997), existe alguma controvérsia nos mecanismos que explicam o súbito aumento da concentração do ácido láctico no sangue, durante o exercício físico intenso. Existe um conjunto de factores que poderá estar na origem do limiar de lactato: valores mínimos de oxigénio no músculo; aumento do ritmo da glicólise; recrutamento das fibras musculares rápidas e o baixo ritmo de remoção do ácido láctico.

No que respeita à quantificação e contribuição da energia anaeróbia láctica durante o exercício físico intenso, foram realizados alguns estudos, que analisaram a prestação desta via durante o exercício máximo de curta duração.

Gaitanos *et al.* (1993), citado em Chamari *et al.* (2001), mostrou que 50% da energia produzida durante seis segundos de sprint intenso era proveniente do metabolismo aláctico e os restantes 50% fornecidos pela via glicolítica.

Boobis (1982), citado em Bangsbo (1998) analisou a produção de energia anaeróbia, num exercício máximo em cicloergómetro, durante 6 e 30 segundos. Os resultados, encontrados através da biopsia muscular, mostram uma produção de 63 e 189 mmol\*Kg<sup>-1</sup> para 6 e 30 segundos respectivamente. A glicólise teve uma participação estimada em 53% e 64 % para 6 e 30 segundos, respectivamente.

Balsom *et al.* (1992), citado em Chamari *et al.* (2001), refere que o metabolismo anaeróbio aláctico poderia contribuir para a produção de energia desde o primeiro segundo de exercício. Esta hipótese é suportada pelo facto da glicólise e glicogenólise serem imediatamente activadas pelo Ca<sup>2+</sup> libertado na contracção muscular (Chasiotis *et al.*, 1982) (citado em Chamari *et al.*, 2001).

Também Barbosa (2001) num estudo acerca da influência da concentração de lactato na potência anaeróbia verificou a presença da via glicolítica, durante a realização de sprints máximos com duração inferior a 10 segundos.

Cada vez se torna mais consensual o facto de o metabolismo anaeróbio láctico ser activado desde o primeiro segundo de exercício intenso o que vem

reforçar a importância desta via na produção de energia durante os primeiros segundos de exercício máximo.

Spriet (1995), numa revisão de estudos realizados acerca da produção de energia anaeróbia proveniente da degradação da fosfocreatina e da glicólise, durante exercício de alta intensidade, conclui que o ritmo mais alto de fornecimento anaeróbio de ATP, a partir da fosfocreatina e da glicólise é alcançado nos 10 segundos iniciais de exercício. Se o exercício se prolonga até aos 30 segundos, as reservas de fosfocreatina serão esgotadas entre os 10 e os 30 segundos e, o ritmo de produção de ATP pela glicólise será de cerca de 50% do ritmo inicial (10s). A taxa média de fornecimento de ATP, pela glicólise durante 30 segundos será 3 a 4 vezes maior do que a taxa de fornecimento de ATP pela fosfocreatina.

Vários estudos têm sido efectuados, no sentido de analisar o aumento da concentração de lactato durante o exercício máximo em diferentes protocolos anaeróbios.

Mercier *et al.* (1991), analisou a concentração de lactato venoso, no teste Força-Velocidade, verificando se este era predominantemente alático ou se havia influência do metabolismo láctico. Foram retiradas amostras de sangue a nove sujeitos, em repouso, após cada sprint e após cinco minutos de recuperação. Os resultados mostraram que a concentração de lactato aumentou substancialmente durante o teste, desde a primeira carga aplicada até ao “plateau” que ocorreu após a potência máxima. Os resultados sugerem assim, que o metabolismo láctico pode ser activado antes dos dez segundos de exercício máximo.

Os resultados apresentados por Mercier *et al.* (1991) avançam na direcção de uma rápida activação da glicólise anaeróbia. O autor avança duas possíveis explicações para os resultados encontrados, após cinco minutos de recuperação. Uma das explicações baseia-se no tempo necessário para a difusão do lactato das células musculares para o sangue. A outra baseia-se no tempo necessário para a circulação do lactato dos músculos envolvidos no exercício para as veias do braço no qual é recolhido o sangue.

Segundo Mercier *et al.* (1991), estudos recentes, baseados na biopsia muscular, após dez segundos de exercício máximo, têm demonstrado que o nível de lactato já está elevado após dez segundos de exercício. Assim, sprints de seis segundos contam com a contribuição do metabolismo láctico. Mesmo que um sprint

não estimule de imediato o metabolismo láctico, é possível que este aumente após a repetição dos sprints.

Baker *et al.* (1996) investigou a relação entre os valores obtidos durante uma corrida no tapete rolante (não motorizado) e o cicloergómetro, durante 30 segundos, comparando os seus resultados através das concentrações de ácido láctico no sangue três minutos após o termino do exercício e outros três minutos após. Os resultados do estudo indicaram fortes correlações nos valores obtidos de produção de lactato e de potência gerada. O autor refere os grupos musculares utilizados e a especificidade dos protocolos usados como considerações importantes a ter no estudo da capacidade anaeróbia.

Chamari *et al.* (2001) investigou a hipótese de que as concentrações de lactato no sangue venoso poderiam variar a partir do início do exercício intenso e de curta duração. Foi realizado o teste de impulsão vertical, com três protocolos diferentes, separados entre si, por 45 minutos de recuperação. O primeiro protocolo consistiu num único salto onde a concentração de lactato aumentou significativamente após 1, 3 e 5 minutos de recuperação. O segundo protocolo compreendeu seis saltos máximos intervalados por um período de 20 segundos. Os resultados não mostraram variações significativas em relação ao valor em repouso. O terceiro protocolo consistiu na execução de seis saltos máximos consecutivos. A concentração de lactato aumentou significativamente após 3 e 5 minutos de recuperação. Chamari *et al.* (2001) conclui assim haver uma elevação significativa da concentração de lactato após os testes de impulsão vertical. Os resultados podem ter como base a activação do metabolismo anaeróbio láctico logo desde o início do exercício, participando na produção de energia e ou na ressíntese de fosfocreatina utilizada durante o exercício máximo de curta duração.

A acumulação de ácido láctico, durante e após o exercício intenso é inevitável. Torna-se fundamental a sua remoção, já que este produz fadiga (Powers & Howley, 1997).

Powers & Howley (1997), referem que a maioria do ácido láctico é maioritariamente oxidado após o exercício. O ácido láctico é convertido em ácido pirúvico e é usado como substrato pelo coração e músculos esqueléticos. Cerca de 70% do ácido láctico produzido durante o exercício é oxidado, enquanto que 20% é reconvertido em glicose, sendo os restantes 10% convertidos em aminoácidos.

## **7. QUANTIFICAÇÃO DA VIA ANAERÓBIA LÁCTICA – MÉTODOS UTILIZADOS**

Quanto aos métodos de quantificação da via anaeróbia, Gastin (2001), refere que estes são pouco precisos. Vários processos têm sido usados, porém não existe um método universalmente aceite e validado. Também Bangsbo (1998), refere ser difícil quantificar a produção de energia anaeróbia, durante exercício como a corrida ou pedalar no cicloergómetro, envolvendo a maioria dos grupos musculares do corpo.

Os métodos de determinação da energia anaeróbia produzida, durante o exercício intenso podem ser directos, sendo os mais utilizados a biopsia do músculo e a concentração de lactato no sangue após o exercício. Dos métodos indirectos utilizados, o défice de oxigénio é o mais utilizado.

O pico de concentração de ácido láctico tem sido frequentemente usado como medida de avaliação da energia anaeróbia libertada durante o exercício. Embora o lactato presente no sangue possa fornecer uma indicação da extensão da glicólise, este não pode ser usado para quantificar o lactato muscular nem sequer dar indicação da energia libertada pelo sistema aláctico dos fosfagénios, ATP e fosfocreatina (Gastin, 2001).

Pelos estudos realizados tem sido demonstrado que a concentração de lactato no sangue é claramente menor que a concentração de lactato muscular. As observações comuns mostram que o aparecimento de picos de lactato sanguíneo, em variados períodos de tempo após o exercício intenso, fornece evidências de que as concentrações de lactato no músculo e no sangue não estão em equilíbrio (Gastin, 2001).

Desta forma, a determinação da energia anaeróbica libertada durante o exercício intenso continua a ser um problema. No entanto, segundo Gastin (2001), a técnica de biopsia muscular e o método do défice de oxigénio fornecem dentro do possível a melhor forma de quantificação da produção de energia anaeróbia durante o exercício intenso. Bangsbo (1998) assume porém, outra posição. Segundo o autor, através da biopsia muscular, é difícil determinar a energia total dispendida em exercícios em que todos os grupos musculares são recrutados, como por exemplo o exercício em cicloergómetro, sendo a massa muscular desconhecida e os resultados

de uma biopsia a um dos músculos não são representativos de todos os grupos musculares envolvidos no exercício.

Bangsbo (1998) refere ser complicado determinar o lactato com base na sua acumulação no sangue, durante o exercício intenso, sendo desconhecida a dimensão do volume de diluição do lactato. Porém, este não deve ser ignorado.

Um estudo realizado por Medbø & Tabata (1993), citado em Bangsbo (1998), em que foram efectuados cálculos do total de lactato produzido com base na acumulação de lactato no sangue para várias durações de exercício intenso em cicloergómetro e com um volume de diluição mínimo e máximo de 6L e 30L, respectivamente, foi calculada a energia libertada (em relação à produção de lactato) com uma variação de 5 a 38% da energia anaeróbia total produzida. Deste modo, os resultados indicam que a produção de lactato pode representar uma parte substancial da energia anaeróbica produzida e esta não pode ser ignorada, como tem sido frequentemente.

No que respeita à utilização do défice de oxigénio, Bangsbo (1998), afirma que este não deve ser usado como medida de quantificação da energia anaeróbia produzida durante o exercício intenso, envolvendo todo o corpo, quando as necessidades energéticas durante o exercício supra-máximo são determinadas a partir de uma relação linear entre intensidade de trabalho e produção de energia durante exercício sub-máximo. No entanto, no estudo realizado por Bangsbo (1998), o défice de oxigénio revela ser um bom preditor da capacidade anaeróbia quando testado um único grupo muscular.

### **7.1. Considerações Metodológicas relacionadas com a recolha e determinação do Lactato**

A recolha de amostras de lactato, tem-se tornado uma prática comum, durante e após testes de performance anaeróbia. O nível de lactato medido fornece uma indicação da participação do metabolismo anaeróbio (via glicolítica), porém não reflecte directamente a produção do lactato muscular (Armstrong & Welsman, 2000).

Até recentemente, alguns aspectos metodológicos associados à recolha e análise do lactato e, a sua influência nos valores encontrados, nem eram documentados ou consensualmente reconhecidos.

Uma das considerações a ter em conta é o local de recolha do sangue. Na maioria dos estudos realizados, o ácido láctico foi recolhido através do sangue do capilar do dedo polegar ou do lobo da orelha. A recolha de sangue do capilar é tecnicamente simples e pouco traumatizante. Os níveis de lactato obtidos reflectem de forma próxima os níveis existentes no sangue arterial (Armstrong & Welsman, 2000).

Assim, o local de recolha, preparação e as metodologias de análise do lactato têm uma influência significativa sobre o nível de ácido láctico determinado.

## **8. FADIGA**

Gastin (2001), Fernández (1999), citado em Fernández-Castanys & Fernández, (2003), Powers & Howley (1997), Green (1995) e Sargeant, A (1994), definem fadiga como uma diminuição da capacidade muscular, vista geralmente como uma incapacidade de manter ou desenvolver a força e potência esperada durante contracções musculares repetidas.

Barbany (1990), citado em Fernández-Castanys & Fernández, (2003), considera a fadiga como “um estado funcional com uma função protectora, transitória e reversível que expressa uma resposta homeostática através da qual se impõem de forma incontornável a necessidade de cessar ou diminuir a magnitude do esforço ou potência do trabalho que se está a realizar”.

Smilios (1998) refere a fadiga como prejudicial à performance e a investigação até então realizada mostra mais especificamente que a potência diminui com a fadiga.

Plas (1973), citado em Pereira (1984), considera difícil a existência de fadiga, mas sim de fadigas, tal a especificidade das diferentes formas que aquela pode revestir.

Segundo Green (1995), até recentemente a investigação tem-se centrado na descrição das manifestações da fadiga e nos factores que despoletam o seu aparecimento e progressão. É reconhecida a relativa importância de diferentes

variáveis que constituem o tipo de exercício em si como é a massa muscular envolvida, a intensidade de contracção, a velocidade do movimento, a medida de comprimento do músculo a que o exercício é realizado e as características temporais de contracção e relaxamento. Parece haver também grandes diferenças entre indivíduos no que respeita à vulnerabilidade à fadiga. A idade, sexo, estado de saúde, composição corporal e características genéticas relativas à estrutura, organização e composição do sistema nervoso e muscular apresentam-se como variáveis importantes no estudo da fadiga (Green, 1995).

### **8.1. Causas da Fadiga**

Segundo Powers & Howley (1997), as causas que geram fadiga variam e são normalmente específicas do tipo de actividade física. Segundo os autores, a fadiga está directamente associada à má interacção entre o ritmo a que o músculo usa o ATP e o ritmo a que pode ser fornecido. As razões para o aparecimento da fadiga poderão ainda, segundo os autores, estar relacionadas com o tipo de fibras do indivíduo e o seu estado de treino, com a intensidade, duração do exercício e ainda o facto de este ser contínuo ou intermitente.

Segundo McArdle *et al* (1998), a fadiga ocorre, quando a sequência de acontecimentos entre o sistema nervoso e a fibra muscular é interrompida. Mecanismos centrais e periféricos têm sido referidos como estando na origem da fadiga muscular. Segundo Gatin (2001), as evidências apontam para o sistema nervoso central como um possível local de fadiga, mas a maioria dos estudos referem as alterações na periferia como o maior factor limitante. Powers & Howley (1997), afirmam haver evidência a favor e contra a fadiga central. Para os autores, o SNC poderá estar implicado na fadiga se houver uma redução do número de unidades motoras funcionais na actividade ou uma redução da frequência de recrutamento das unidades motoras. Estudos realizados por Asmussen & Mazin (1978), citado em Powers & Howley, (1997), sugerem que o incremento da activação do sistema nervoso central facilita o recrutamento de unidades motoras, aumentando a força e alterando o estado de fadiga.

Guyton & Hall (1998), alegam que grande parte da fadiga resulta da incapacidade de os processos contráctil e metabólicos das fibras musculares continuarem a produzir a mesma quantidade de trabalho. No entanto, alguns estudos também têm mostrado que a transmissão de sinais nervosos, pela junção neuromuscular, pode, por vezes, ficar diminuída, após a actividade muscular prolongada, o que reduz, ainda mais a contracção muscular. McArdle *et al* (1998), refere no mesmo sentido que a fadiga pode ocorrer também na junção neuromuscular quando o potencial de acção não consegue passar do motoneurónio para a fibra muscular. Contudo, um estudo de Bigland-Ritchie (1981), citado em Powers & Howley, (1997) baseado na medição da actividade eléctrica da junção neuromuscular sugere que esta não é o local de origem da fadiga.

Powers & Howley (1997) reforçam a ideia de que a fadiga periférica se pode dever a factores neurais pode estar associada a uma falha, nos túbulos - T, ou no retículo sarcoplasmático envolvido na libertação, armazenamento e recapturação de cálcio. A capacidade da membrana muscular para conduzir o potencial de acção pode estar relacionado com a fadiga em actividades que requerem uma elevada frequência de estimulação.

Sargeant (1994), numa revisão de estudos realizados acerca da importância da variabilidade do tipo de fibras musculares em relação à capacidade do músculo para gerar potência, refere que a fadiga é frequentemente vista como uma característica negativa do sistema neuromuscular. A fadiga deveria antes ser vista como protectora e reguladora, prevenindo uma crise metabólica e preservando assim, a integridade das fibras musculares. Segundo o autor, a fadiga pode ser vista como uma forma de plasticidade aguda ou de curto termo, modificando as propriedades contrácteis de modo a melhorar a economia e eficiência das contracções musculares.

Segundo Sargeant (1994), deve-se ter em conta a variação nas propriedades contrácteis e metabólicas das fibras musculares, de que o músculo é constituído e também o seu padrão de recrutamento. Uma falha na produção de trabalho mecânico por todo o músculo pode ser a consequência de uma fadiga selectiva de um pequeno grupo de fibras sensíveis a esta.

Para Green (1995), a investigação tem-se centrado cada vez mais nos metabolitos e em particular no sistema dos fosfatos de alta energia.

O aumento da actividade contráctil resulta no recrutamento dos sistemas da enzima ATPase no músculo e no ritmo da hidrólise do ATP. As tentativas para

satisfazer as necessidades de ATP celular resultam da mobilização das vias metabólicas de regeneração do ATP como a fosforilação oxidativa, glicólise e o tranfer de fosfatos de alta energia. O aumento da actividade em todos estes sistemas resulta no aumento da concentração de sub produtos (formados a partir de outras reacções). Estes metabolitos têm sido vastamente apontados como agentes causadores de fadiga. Por exemplo, a elevação da concentração do ião hidrogénio, formado em parte pela glicólise, parece ter um papel importante na fadiga (Green, 1995).

Barbany (1990) e Córdoba *et al.* (1995), citados em Fernández-Castanys & Fernández, (2003), referem como factores desencadeantes da fadiga, a depleção de substratos, a acumulação de metabolitos, alterações hidroelectrolíticas, alteração da captação de aminoácidos da cadeia ramificada, alteração das enzimas (hexocinase, creatinacinaase, fosfofrutocinase,...), dano mecânico, tipo de fibra de muscular, estado imunitário e exercício. No que respeita à depleção de substratos, os autores referem que em esforços de grande intensidade e curta duração, os depósitos de ATP e Fosfocreatina são cruciais. Em relação à acumulação de metabolitos, a utilização de diferentes vias metabólicas dirigidas para a obtenção de ATP, origina no seu percurso outros produtos, alguns dos quais podem limitar a continuidade do exercício. Alguns dos exemplos mais comuns são o aumento da concentração de  $H^+$  (hidrogénio), fósforo inorgânico, ADP, IMP e amónia ( $NH_4^+$ ). Quanto às alterações hidroelectrolíticas, os autores mencionam que as alterações iónicas durante o exercício têm como resultado a redução do estabelecimento do potencial de membrana e a transmissão do impulso nervoso.

Relativamente ao tipo de fibras musculares como factor desencadeante da fadiga, os autores referem que o tipo de fibra predominante não é causa directa de fadiga. No entanto, constitui um factor limitante do rendimento em determinados tipos de esforços. A estrutura e composição de cada sujeito podem facilitar a manifestação antes e depois dos agentes causadores de fadiga. Por exemplo, a produção de lactato é maior num indivíduo com uma maior proporção de fibras rápidas em conjunto com uma maior velocidade de depleção do glicogénio (Barbany, 1990) (Córdoba *et al.*, 1995) (citados em Fernández-Castanys & Fernández, 2003).

## **8.2. Classificação da Fadiga**

Segundo Barbany (1990) e Fernández (1999), citados em Fernández-Castanys & Fernández (2003), a fadiga poderá ser derivada da actividade muscular pela prática física, designando-se fadiga periférica. Em função do tipo de exercício, a fadiga periférica poderá ser local ou geral. Do ponto de vista do momento de manifestação, a fadiga pode classificar-se como aguda (curto prazo), subaguda (médio prazo) e crónica (longo prazo).

A fadiga local segundo Fernández-Castanys & Fernández (2003) afecta um território concreto e definido correspondente a uma zona de trabalho (1/3 dos grupos musculares). Já a fadiga geral afecta o organismo no seu todo, devido à participação dos grandes grupos musculares (mais de 2/3). Segundo Plas (1973), citado em Pereira, (1984), o que diferencia, fundamentalmente, a fadiga local da geral, é o facto de que na primeira é apenas o músculo que entra em falência, enquanto que a segunda repercute-se em todo o organismo, resultado da elevação da percentagem de massa muscular solicitada.

Para Barbany (1990), citado em Fernández-Castanys & Fernández (2003), a fadiga muscular local manifesta-se num grupo particular e selectivo de músculos que efectuam determinados exercícios específicos. A origem da fadiga está presente tanto em exercícios executados a uma potência elevada com velocidade e duração limitadas, como está em exercícios de carácter repetitivo. Neste tipo de exercício, a participação global do organismo é pequena, estando a fadiga limitada a territórios concretos.

Entre os factores que podem causar fadiga muscular local, Fernández-Castanys & Fernández (2003) distinguem o fornecimento insuficiente de oxigénio aos tecidos musculares activos, o esgotamento das reservas energéticas, a diminuição do pH intracelular, os desequilíbrios iónicos e desidratação e a participação da amoniogénese como as principais causas de origem.

A fadiga geral, segundo Fernández-Castanys & Fernández (2003), caracteriza-se por afectar um conjunto de funções orgânicas, para além das musculares. Este tipo de fadiga é características de actividades de longa duração. Entre as causas que podem originar a fadiga geral, destacam-se a componente muscular (como o resultado da fadiga originada pelos músculos intervenientes no exercício), a componente neurológica (dor, desconforto, aumento da temperatura,

desidratação, hipoglicémia, e alterações nos precursores de neurotransmissores), a componente cardiovascular (incapacidade de manter o trabalho e ritmos superiores aos habituais), a componente endocrinológica, termorreguladora (incapacidade de eliminar o excesso de calor produzido durante o exercício) e por fim a participação da amoniogénese.

### **8.3. Indicadores Físicos e Biológicos da fadiga Muscular**

O indicador por excelência, de que se está a instalar a fadiga é a redução do rendimento ou da capacidade de gerar força (Fernández-Castanys, 2003). Porém, existem diversos indicadores da fadiga muscular local: indicadores físicos e biológicos.

Em relação aos indicadores físicos da fadiga muscular local, Fernández-Castanys (2003), assinalam como sinais ou sintomas a redução da força contráctil, o aumento do tempo de relaxamento, manifestações electromiográficas e o aumento do risco de lesão, dores musculares e contracturas.

Relativamente aos indicadores biológicos da fadiga muscular local, a nível muscular salientam-se o esgotamento das reservas de FC, glicogénio e triglicéridos, acumulação excessiva de lactato e alterações da permeabilidade da fibra muscular (Fernández-Castanys, 2003).

Ao nível sanguíneo, os efeitos da fadiga constata-se através da diminuição da glicémia (durante o exercício de alta intensidade, há por vezes aumento), diminuição do conteúdo plasmático em ácidos gordos livres, aumento da concentração de lactato no sangue, aumento do  $K^+$  extracelular e sanguíneo, aumento do ácido úrico, creatinina, mioglobínemia e CPK, LDH e amoníaco (Fernández-Castanys, 2003).

A nível cardiovascular, a fadiga revela-se através do aumento da frequência cardíaca de repouso e de esforço sem chegar a alcançar a frequência cardíaca máxima. Quanto ao nível pulmonar, são indicadores de fadiga, a sensação de falta de ar e a modificação do padrão normal ventilatório (diminuição do volume de reserva) (Fernández-Castanys, 2003).

Em relação aos indicadores biológicos a nível metabólico, destaca-se a diminuição da eficiência energética e aumento da dívida de oxigénio. Ao nível renal, verifica-se a proteinúria e hematúria de esforço, a diminuição da excreção de 17-

cetosteroides, aumento da creatinúria e aumento da excreção de catecolaminas. A nível neurológico, denota-se uma diminuição do tempo de reacção, e reacções sensoriais diversas. Por fim, ao nível termoregulador, verifica-se hipertemia e aumento do risco de golpe de calor (Fernández-Castanys, 2003).

#### **8.4. Tipo de Exercício e Fadiga Associada**

À medida que a intensidade do exercício aumenta, o recrutamento das fibras musculares progride das fibras tipo I, para as fibras do tipo IIa e depois fibras IIb. Exercício intenso ( $> 75\%$   $VO_2$  máx.) obriga ao recrutamento das fibras do tipo IIb, resultando num aumento da produção de lactato. Isto significa, segundo Sale (1987), citado em Powers & Howley, (1997), que a quantidade de ATP necessária ao desenvolvimento de tensão torna-se cada vez mais dependente do metabolismo anaeróbio.

Assim, a fadiga é específica do tipo de tarefa empreendida (Powers & Howley, 1997). No mesmo sentido, McArdle *et al* (1998), afirma que a fadiga resulta de vários factores, estando estes relacionados com as necessidades específicas do exercício que se produz. Estes factores podem interagir de tal forma que acabam por afectar a contracção e/ou excitação muscular. Também Fernández-Castanys (2003) refere que existem diferentes factores ligados à aparição da fadiga, em função do tipo de exercício.

Quando se realiza exercício dinâmico (com contracção isotónica), de baixa intensidade e longa duração (a 50% do  $VO_2$  máx.), há uma predominância da utilização de ácidos gordos como substrato de produção de ATP. No entanto, a mobilização e oxidação de ácidos gordos é um processo lento, que leva a que no início do exercício, seja o glicogénio o substrato mais utilizado na formação de ATP, queimando-se tantas gorduras como hidratos de carbono. No momento em que os depósitos de glicogénio se esgotam e apenas se oxidam gorduras, só se pode satisfazer as necessidades do exercício a 50% da potência pretendida, o que leva ao aparecimento da fadiga. Na realidade, neste tipo de exercício as causas da fadiga ainda não estão muito bem definidas e normalmente relacionam-se com a percepção da sensação de mal-estar e dor. Também podem estar relacionados estados de

desidratação, perda de  $K^+$  intracelular, aumento da temperatura e alterações metabólicas (Fernández-Castanys, 2003).

Relativamente a exercício com intensidades compreendidas entre os 60% e 90% do  $VO_2$  máx., a fadiga está relacionada com a depleção dos depósitos de glicogénio. Parte do aporte energético, nesta intensidade de exercício é maioritariamente anaeróbio, pelo que a qualidade dos sistemas tampão e quantidade dos sistemas tampão intra e extracelulares constituem importantes reguladores do nível de pH (Fernández-Castanys, 2003).

Segundo McArdle *et al.* (1998), em exercício prolongado submáximo, a redução significativa do glicogénio das fibras musculares está relacionada à fadiga. Neste sentido, Guyton & Hall (1998) refere consensualmente, com base em estudos em atletas, que a fadiga aumenta, quase em proporção directa com a velocidade de depleção do glicogénio.

Em intensidades de exercícios acima dos 90% do  $VO_2$  máx. a maior parte da energia obtém-se predominantemente pela via anaeróbia com a consequente acumulação de metabolitos (lactato, fósforo inorgânico, ADP, IMP, protões e amoníaco). Durante este tipo de exercício, é característica a depleção dos fosfagénios de alta intensidade (ATP e FC) (Fernández-Castanys, 2003).

No que respeita ao exercício estático, a causa de perda de força parece não estar relacionada com falhas a nível central, mas sim a nível do sistema contráctil do músculo (Bigland-Ritchie, 1986) (citado em Fernández-Castanys & Fernández, 2003). Na contracção muscular estática há uma redução do fluxo sanguíneo no músculo limitando o aporte de oxigénio e obrigando ao emprego de uma via metabólica anaeróbia durante o exercício. Estas condições propiciam o aparecimento da fadiga associada à hipoxia e acumulação de metabolitos (Pi, ADP, lactato,  $H^+$ , ...) São também características do trabalho estático, elevadas concentrações de lactato intramuscular e depleção das reservas de fosfocreatina (FC). O aparecimento da fadiga varia em função das repetições das contracções estáticas, as quais variam do tipo de treino (Fernández-Castanys, 2003).

Quanto ao exercício de coordenação (tiro com arco, elementos isolados de ginástica,..), a fadiga parece estar associada a factores nervosos (recrutamento e sincronização das unidades motoras), apesar da escassa investigação (Fernández-Castanys, 2003).

## 8.5. Fadiga e Exercício Máximo de Curta Duração

Em exercício máximo de curta duração, a fadiga muscular, segundo McArdle *et al* (1998) está associada à falta de oxigénio e a um maior nível de ácido láctico sanguíneo e muscular. Com essa acumulação de lactato observa-se uma elevação súbita da concentração de iões  $H^+$  no músculo, podendo esta afectar negativamente o meio intracelular. Estas alterações estão relacionadas com a depleção de fosfatos de alta energia intramusculares, com a deterioração da capacidade de transferência da energia glicolítica em virtude de uma menor actividade das enzimas chave.

Durante o exercício máximo, o pH no músculo pode diminuir de 7.0 (valor de repouso) para 6.3 ou 6.5, segundo Jones & Heigenhauser (1992), citados em Green (1995). Este aumento da acumulação de hidrogénio ( $H^+$ ), pode afectar não só o metabolismo e as reacções metabólicas directamente, como pode também perturbar fortemente o meio iónico intracelular. Quando a acidose metabólica, resultante da actividade intensa ocorre em conjunto com fortes alterações dos produtos metabólicos como  $P_i$ , ADP e AMP gerados pelas reacções dos fosfatos de alta energia, a fadiga tem condições para se instalar (Green, 1995).

Gastin (2001), afirma no mesmo sentido que, a libertação total da energia da glicólise anaeróbica pode ser limitada e, essa limitação pode dever-se tanto à inibição das enzimas da glicólise, como à falta de activação da mesma. Durante o exercício máximo, o ritmo da glicólise pode aumentar até cerca de 100 vezes em relação ao repouso, contudo este ritmo não se mantém. Uma diminuição gradual do pH é provavelmente um dos factores que está na base da redução da actividade das enzimas da glicólise, especialmente da fosforilase e fosfofrutocinase, resultando assim numa taxa reduzida de ressíntese de ATP (Gastin, 2001).

Segundo Powers & Howley (1997), o tipo de actividades de muito curta duração requer uma enorme quantidade de energia produzida num curto período de tempo, sendo recrutadas principalmente, as fibras musculares do tipo II. A máxima performance é limitada pela distribuição do tipo de fibras musculares (Tipo I versus Tipo II) e pelo número de fibras musculares recrutadas, que é muito influenciada pelo nível de motivação. A performance óptima pode também ser prejudicada pelas capacidades e técnica do indivíduo que, depende em muito da prática (Powers & Howley, 1997).

Estudos efectuados acerca da potência e fadiga em cicloergómetro apontaram decréscimos da potência (Smilios, 1998).

Sargeant *et al.* (1981), citado em Smilios (1998), encontrou um declínio da potência máxima a um ritmo de 2% por segundo, num teste em cicloergómetro, pedalando 20 segundos a 110 RPM. Também McCartney *et al.* (1983), referiu uma diminuição da potência de 53,7% do valor inicial com um ritmo de declínio de  $17,8 \pm 2,4$  W por segundo, pedalando a 110 RPM durante 30 segundos.

Estes estudos revelam alguns efeitos negativos da fadiga na potência analisada em várias performances, contudo apresentam um intervalo de tempo superior a cinco segundos e velocidades constantes no cicloergómetro.

Hautier *et al.* (1998) investigou as alterações mecânicas induzidas pela fadiga muscular causada por sprints repetidos em cicloergómetro com a carga óptima de cada sujeito. Nove sujeitos realizaram 15 sprints de 5s cada, com intervalo de 25s entre estes. A potência máxima diminuiu cerca de 17,9% havendo um decréscimo da contracção muscular mas, sem qualquer alteração na força máxima. Os resultados deste estudo mostram que a realização de sprints repetidos fazem diminuir a contracção muscular, conduzindo à queda da potência máxima, mas sem qualquer perda da força. O autor sugere assim que, as fibras rápidas são selectivamente recrutadas e esgotadas pelos sprints repetidos. Estabelece-se assim uma relação de força-velocidade estritamente ligada à composição das fibras musculares. O autor, num estudo anterior (1996), verificou que a velocidade óptima para a produção da potência máxima depende da contribuição dos vários tipos de fibras musculares. A força relativa a uma elevada velocidade de contracção, a potência máxima e a velocidade óptima estão directamente relacionados com a contribuição das fibras rápidas (Hautier *et al.*, 1998).

Um estudo realizado por MacLaren (1982), testou os efeitos fadiga num teste de impulsão vertical que consistia na realização de 3 séries de 30 saltos consecutivos intervalados por um minuto de repouso, por um grupo de atletas de voleibol. Os resultados apontaram para uma diminuição da performance que pareceu indicar que os indivíduos seriam constituídos por grandes percentagens de fibras do tipo II – fibras rápidas. Factores como o aumento da concentração de lactato local em simultâneo com uma descida do pH no músculo poderão ter ajudado ao aparecimento da fadiga.

Smilios (1998) estudou os efeitos de diferentes níveis de fadiga muscular na performance da impulsão vertical. Vinte sujeitos realizaram um teste de impulsão vertical antes e depois da fadiga ter sido induzida através da realização de levantamento de pesos dos membros inferiores a 50, 70 e 90% de uma repetição máxima até à exaustão. Tentou-se assim produzir decréscimos da força de 50, 30 e 10% respectivamente. Os resultados mostraram diferenças significativas entre os valores de fadiga e os valores sem a sua indução. Quando comparados trabalho e altura de salto, constataram-se diferenças entre os níveis de fadiga de 50 e 10%, assim como entre os níveis de 30 e 10% quanto ao trabalho produzido. Assim, aumentando o nível de fadiga reduzindo a força dos músculos do membro inferior leva a um decréscimo da performance da impulsão vertical, mas não em proporção ao decréscimo da força. O autor afirma então que a diminuição da performance na impulsão vertical é independente do nível inicial de força.

Segundo Smilios (1998), o exercício até à exaustão com cargas leves levam a uma diminuição gradual da força e redução da performance de impulsão vertical. Porém, o estudo realizado pelo autor revela que se pode recuperar rapidamente da fadiga induzida com cargas leves e restaurada a habilidade para a impulsão vertical.

Recentemente Stuart *et al.* (s/d) (citado em Powers & Howley, 1997), propuseram um teste para jogadores de futebol, desenvolvido para avaliar a capacidade dos atletas para executarem sprints máximos de curta duração. Após um rápido aquecimento, dois grupos atletas (treinados e não treinados) executaram dez séries de sprint máximo de 40y (36,6m), com um intervalo de 25 segundos entre as séries. Os resultados mostraram uma inclinação negativa da velocidade nos dois grupos, havendo assim um declínio de série para série. O grupo de atletas bem condicionados, conseguiu manter valores de tempo mais reduzidos que o grupo não treinado tendo uma inclinação menor da curva de velocidade média (Powers & Howley, 1997).

## 8.6. Índice de Fadiga

Frequentemente, o Índice de Fadiga (IF) é referido como a percentagem ou ritmo de declínio da potência máxima (Beelen & Sargeant, 1991) (citado em Karatzaferi, 1999). Este método tem em conta apenas o momento inicial de alcance

da potência máxima e o momento final de potência atingida, sem consideração pelo desenvolvimento da potência máxima durante o teste (Karatzafiri, 1999). Utilizando este índice de fadiga é possível que, para dois testes com momentos iniciais e finais de potência similares, se calcule o mesmo índice de fadiga, apesar dos testes terem desenvolvimentos diferentes de potência máxima.



## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGIA**

#### **1. CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA**

A amostra utilizada neste estudo foi constituída por 19 sujeitos do sexo masculino, voluntários e alunos do segundo ano do Curso de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra. A escolha recaiu sobre estes indivíduos pela facilidade de se poderem deslocar ao laboratório da Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física. A relação próxima destes sujeitos com o exercício físico foi também um factor influente na escolha, não havendo assim problemas em realizar este tipo de testes. A componente formativa que, a participação neste estudo abarca foi também uma das razões de escolha desta amostra, uma vez que, estes testes serão alvo de estudo no currículo académico dos alunos.

Estes sujeitos, com idades compreendidas entre os 19 e 24 anos e com uma média de 21,33 anos, são praticantes de actividade física regular. Trata-se assim, de uma amostra de jovens adultos e enquadram-se na população alvo deste estudo. Sendo portanto, todos maiores de idade, foi-lhes solicitado que assinassem uma declaração em como eram voluntários para este estudo e foi-lhes explicado o contexto do estudo e os seus objectivos, bem como o carácter dos testes que iriam realizar.

A todos os indivíduos foi atribuído um número de código constituído por 6 caracteres: uma letra (R) e cinco números, os dois primeiros relativos ao ano corrente (04) e três dígitos específicos do sujeito. A atribuição de um código a cada um dos sujeitos da amostra permitiu mais facilmente a sua identificação e o controle e organização da recolha de dados.

Durante todo o desenrolar do estudo, os sujeitos foram sendo informados acerca do seu funcionamento, bem como acerca dos pressupostos teóricos inerentes à investigação, enriquecendo assim, os seus conhecimentos acerca de uma matéria imprescindível e emocionante, como é a Fisiologia.

## **2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

A recolha de dados decorreu entre os meses de Janeiro a Abril.

Os sujeitos deslocaram-se ao laboratório da Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física, Numa primeira visita, os sujeitos foram informados dos testes e condições de realização. Foram efectuadas as medições antropométricas e foi registada a data de nascimento de cada um dos sujeitos.

Na segunda visita ao laboratório, os sujeitos realizaram os testes Força-Velocidade apenas para se adaptarem ao equipamento e se familiarizarem com o protocolo.

Na terceira visita ao laboratório, os sujeitos realizaram o teste Força-Velocidade a fim de determinar a carga óptima de cada sujeito, para consequente aplicação no teste Sprint em cicloergómetro.

Os Sujeitos deslocaram-se novamente ao laboratório para a realização do protocolo Multijump (Impulsão Vertical). Numa visita posterior foi realizado o protocolo do Sprint de 35m e ainda numa última visita foi executado o teste Sprint em cicloergómetro de 5 segundos.

### **2.1. Medidas Antropométricas**

As medições antropométricas dos indivíduos do sexo masculino foram realizadas pelo mesmo observador. O treino dos observadores foi feito em conjunto, no sentido de uniformizar os procedimentos técnicos, tendo os mesmos sido criteriosamente respeitados aquando da realização das medições. No sentido de precaver incidências de variação diurna, tentou-se que todos os sujeitos fossem avaliados às mesmas horas. Porém, em alguns casos, por condicionalismo de horário e recursos, a avaliação teve lugar em horas diferentes, pelo que se admite interferências de erro de medida.

#### **2.1.1. Massa Corporal**

Na medição desta variável foi utilizada uma balança digital Seca, modelo 770. Os valores foram utilizados em quilogramas (kg), com aproximação às décimas.

As medições foram efectuadas com os sujeitos em posição estática sobre a balança (membros superiores estendidos ao longo do corpo, olhar dirigido em frente), descalços e com o mínimo de roupa (calções e t-shirt).

### **2.1.2. Estatura**

A estatura foi medida com um estadiómetro Seca, modelo 208. A medição foi efectuada com os sujeitos descalços e em posição estática tendo como referência o plano de Frankfurt, segundo a técnica descrita por Ross e Marfell-Jones, (1991), citado em Sobral *et al.*, (1997).

Esta variável (h) corresponde à distância entre o vertex e o ponto de referência do solo, e o valor foi registado em centímetros (cm), com aproximação às décimas.

### **2.1.3. Altura Sentado**

A altura sentado corresponde à distância vértico-isquiática. É a medida entre o vértex e o plano de referência do solo. A combinação da medida da estatura e altura sentado permite calcular indirectamente o comprimento dos membros inferiores.

A altura sentado foi medida com o estadiómetro Seca, modelo 208, estando os sujeitos sentados (encostados à parede), em posição estática. Esta medida é expressa em centímetros (cm) com aproximação ao milímetro.

### **2.1.4. Pregas Cutâneas**

As pregas de gordura subcutânea são medidas dos valores locais dos depósitos de gordura cutânea, sendo geralmente utilizadas para determinação antropométrica da composição corporal. Estas pregas são também vulgarmente designadas por *skinfolds* (Sobral, *et al.*, 1997).

Para a medição das pregas de gordura cutânea foi utilizado um adipómetro SlimGuide com uma escala de medição milimétrica. As pregas (tricipital e subescapular) foram medidas do lado direito do corpo dos sujeitos, tendo para cada uma sido efectuadas duas medições.

Os sujeitos foram medidos de pé, sem vestuário a cobrir o tronco, de acordo com a técnica de Ross e Marfell-Jones (1991) (Citado em Sobral *et al.*, 1997). Utilizando o polegar e o indicador em forma de pinça, destaca-se com firmeza a pele e a gordura cutânea dos outros tecidos subjacentes. De seguida, colocam-se as pontas do adipómetro 2 cm ao lado dos dedos e a uma profundidade de 1 cm.

#### **2.1.4.1. Prega Tricipital**

È uma prega vertical, medida na face posterior do braço sobre a linha média, a meia distância entre os pontos *acromiale* e *radiale*.

#### **2.1.4.2. Prega Subescapular**

È uma prega oblíqua, dirigida para baixo e para o exterior, medida logo abaixo do vértice inferior da omoplata.

#### **2.1.4.3. Prega Crural**

È uma prega vertical, medida sobre a linha média da face anterior da coxa direita, a meia distância entre os pontos *tibiale* e *iliospinale*. Para a medição desta prega o sujeito encontra-se sentado com o joelho flectido a 90°.

#### **2.1.4.4. Prega Geminal**

È uma prega vertical obtida com o sujeito sentado e o joelho flectido a 90°. È medida ao nível da maior circunferência da perna direita, na face interna.

#### **2.1.5. Circunferências**

As circunferências proporcionam informações sobre a totalidade das estruturas morfológicas na secção na secção transversal do segmento (Sobral *et al.*, 1997). De forma a obter informações sobre a massa muscular do membro inferior, foram medidas as circunferências subglútea, crural, mínima superior do joelho, máxima do joelho, mínima inferior do joelho, geminal e do tornozelo.

Estas medidas são expressas em centímetros (cm).

## 2.2. Medidas Compostas

### 2.2.1. Composição Corporal – Índice de Massa Corporal

Com a recolha dos dados peso e altura, considerou-se pertinente calcular o IMC a assim enriquecer a caracterização da amostra. O IMC é igual à variável peso (Kg) a dividir pela altura (m) ao quadrado [IMC =  $P/h^2$  (Kg/m<sup>2</sup>)].

No quadro abaixo podemos ver a escala de classificação deste índice.

Índice de Massa Corporal (Kg/m <sup>2</sup> )	
Muito Magro	≤18.0
Magro	18.1 a 21.4
Médio	21.5 a 25.6
Corpulento	25.7 a 30.5
Obeso	≥ 30.5

**Quadro 1:** Escala de Classificação do Índice de Massa Corporal.

### 2.2.2. Volume Magro do Membro Inferior

O volume magro do membro inferior foi estimado a partir do método antropométrico modificado descrito por Jones e Pearson (1969), em que o membro inferior é comparado a um cone truncado, sendo o cálculo alcançado pela fórmula:

$$\text{Volume MI} = 1/3\pi h (a + \sqrt{ab} + b)$$

em que:  $h$  é o comprimento do membro inferior (altura total – altura sentado);  $a$  é o perímetro subglúteo e  $b$  o perímetro geminal;  $ab$  representam as áreas de duas superfícies paralelas que resultam dos valores das circunferências referidas. A medida do volume magro do membro inferior é expressa em litros (L).

## **2.3. Protocolos de avaliação da via anaeróbia**

### **2.3.1. Teste Força-Velocidade**

#### **2.3.1.1. Equipamento**

O teste Força-Velocidade foi realizado num cicloergómetro MONARK 824E com um sensor Fotoelétrico ligado a um computador PC.



**Fig. 9** – Cicloergómetro MONARK 824E, utilizado na realização do teste F-V e Sprint em Cicloergómetro de 5s.

#### **2.3.1.2. Calibração do equipamento**

O cicloergómetro foi verificado antes do início de todas as sessões de testes. Foi verificada a posição da fita de tensão de resistência, devendo esta estar colocada na superfície de contacto da roda.

De seguida, procedeu-se à calibração do cesto (destinado à colocação dos pesos). Com 4 kg de carga no cesto, a roda foi posta em movimento com uma mão, devendo o cesto elevar-se entre 3 a 8 cm, a partir de uma posição estática. Quando tal não foi verificado, o comprimento da fita foi ajustado, de modo a enquadrar a distância entre o cesto e roda no intervalo acima referido.

### 2.3.1.3. Altura do Selim

A altura óptima do selim foi ajustada para cada sujeito, de modo a que o joelho ficasse ligeiramente flectido quando o pedal se encontra na parte mais baixa da sua trajectória. A altura óptima de cada sujeito foi registada na sessão de adaptação, na ficha individual do teste Força-Velocidade, para posterior aplicação na realização do teste.

### 2.3.1.4. Aquecimento

O aquecimento teve a duração total de 6 minutos. Durante os primeiros 4 minutos o sujeito pedalou a uma velocidade de 60rpm (contra uma resistência mínima). Durante este período foram realizados três sprints máximos, com a duração aproximada de 2,3 segundos contra uma resistência de  $75 \text{ g.Kg}^{-1}$  de massa corporal (carga a aplicar no primeiro sprint do teste). O primeiro sprint foi realizado no final do primeiro minuto do aquecimento e, os restantes no final de cada minuto seguinte (tendo o sujeito pedalado durante um minuto após a realização do terceiro e último sprint).

De seguida, o sujeito sai do cicloergómetro para realizar um conjunto de três exercícios específicos, iguais para toda a amostra: alongamento dos músculos quadricípede, adutores e isquitibiais.

Aos 5'30'', o sujeito regressou ao cicloergómetro a fim de se preparar para o início do teste. O sujeito foi mais uma vez incentivado a pedalar com a velocidade máxima desde o início, sem se levantar do selim durante a realização do teste.



**Fig. 10** – Sequência de alongamentos realizada durante o período de flexibilidade do aquecimento do teste F-V, Multijump, Sprint 35m e Sprint em Cicloergómetro de 5s: alongamento do músculo quadricípede, isquiotibiais e adutores.

### **2.3.1.5. Realização do teste Força-Velocidade**

As primeiras visitas ao laboratório tiveram o intuito de familiarizar o sujeito com as condições ambientais e de realização do protocolo do teste. Este foi aplicado a todos os sujeitos por duas vezes, ou seja, uma vez na sessão de adaptação e numa segunda visita, tendo em vista a realização do teste para recolha de dados.

O teste consiste na realização de um conjunto de sprints máximos, cujo número varia por norma entre 3 e 6. O valor da resistência aplicada difere a cada repetição. O primeiro sprint é realizado contra uma resistência de  $75 \text{ g.Kg}^{-1}$  de massa corporal do sujeito e, o valor de resistência aplicada nas posteriores aplicações varia em função deste valor e do desempenho do sujeito (velocidade e potência máxima atingidas no sprint).

O intervalo de recuperação entre cada sprint é de 5 minutos. O sujeito realiza um minuto de recuperação activa, pedalando a uma velocidade constante de 60 rpm (sem resistência), seguindo-se de 4 minutos de recuperação passiva.

No final do teste (após a realização do último sprint), o sujeito pedala sem qualquer resistência, por um período igual ou superior a 3 minutos.

### **2.3.1.6. Resultados do teste**

O teste permite determinar o valor máximo da potência que pode ser atingido pelo sujeito, bem como as rotações por minuto (rpm) e a resistência óptimas.

No presente estudo, a realização do teste Força-Velocidade teve como fim, determinar a carga óptima de cada sujeito, para consequente aplicação no teste de Sprint em Cicloergómetro.

## **2.3.2. Teste de Sprint em Cicloergómetro (5 s)**

### **2.3.2.1. Equipamento**

O teste de Sprint em Cicloergómetro foi realizado, no laboratório, num cicloergómetro MONARK 824E com um sensor Fotoeléctrico ligado a um computador PC, tendo sido utilizado o programa SMI POWER, *for IBM and Compatibles (DOS)*.

O equipamento foi calibrado antes do início de todas as sessões, como já foi descrito no teste Força-Velocidade, bem como o ajustamento da altura do selim.

### **2.3.2.2. Aquecimento**

O aquecimento teve a duração total de 6 minutos. Durante os primeiros 4 minutos o sujeito pedalou a uma velocidade de 60rpm (contra uma resistência mínima). Durante este período foram realizados três sprints máximos, com a duração aproximada de 2, 3 segundos contra uma resistência de 75 g.Kg<sup>-1</sup> de massa corporal. O primeiro sprint foi realizado no final do primeiro minuto do aquecimento e, os restantes no final de cada minuto seguinte (tendo o sujeito pedalado durante um minuto após a realização do terceiro e último sprint).

De seguida, o sujeito sai do cicloergómetro para realizar um conjunto de três exercícios específicos, iguais para toda a amostra: alongamento dos músculos quadríceps, adutores e isquiotibiais.

Aos 5'30'', o sujeito regressou ao cicloergómetro a fim de se preparar para o início do teste. O sujeito foi mais uma vez incentivado a pedalar com a velocidade máxima desde o início, sem se levantar do selim durante a realização do teste.

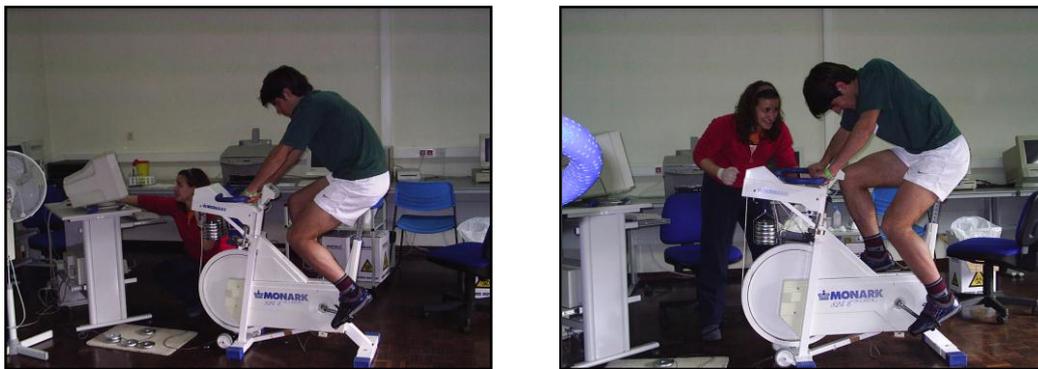
### **2.3.2.3. Realização do teste Sprint em Cicloergómetro (5 s)**

As primeiras visitas ao laboratório tiveram o intuito de familiarizar o sujeito com as condições ambientais e de realização do protocolo do teste. Este foi aplicado a todos os sujeitos por duas vezes, ou seja, uma vez na sessão de adaptação e numa segunda visita, tendo em vista a realização do teste para recolha de dados.

Antes do início do teste, o cesto com a carga previamente colocada é elevado para reduzir a tensão da corda na roda do cicloergómetro. O sujeito devidamente preparado, é incentivado a pedalar a um ritmo constante de 60 rpm contra uma resistência mínima aplicada. Uma vez atingido este ritmo constante, inicia-se a contagem decrescente que contempla as expressões: "Preparado, 3,2,1...Vai". Ao ouvir esta última expressão, o sujeito inicia o teste tentando atingir a velocidade máxima. Neste mesmo instante é aplicada a resistência (cesto) e pressionado o botão no computador para captação dos dados provenientes do teste.

Cada sujeito é incentivado verbalmente a atingir o pico de velocidade o mais rápido possível, sem se levantar da bicicleta, mantendo o esforço máximo durante os 5 segundos do teste.

Após o término do teste, o sujeito recupera durante 1 minuto, no qual é recolhida uma amostra sanguínea (recolha de lactato). Passado o minuto de recuperação passiva, o sujeito inicia novamente o teste de Sprint em Cicloergómetro de 5 segundos, executando 5 séries obrigatórias. Se o valor de potência encontrado for superior ao teste anterior, então repetir-se-á o mesmo procedimento realizando-se novamente o teste de Sprint em Cicloergómetro de 5 segundos e 1 minuto de recuperação passiva (com recolha de lactato). Se o valor de potência encontrado for inferior durante duas vezes consecutivas, após a realização das cinco séries, então o teste dar-se-á por encerrado.



**Fig. 11** – Realização do teste de Sprint em Cicloergómetro (5s). Após a aplicação da carga, o sujeito pedala à sua velocidade máxima, sendo incentivado verbalmente durante a realização do teste.

#### **2.3.2.4. Recolha das Amostras Sanguíneas**

No final dos 5 segundos do teste (durante o minuto de recuperação passiva), procede-se imediatamente à limpeza e desinfecção do polegar direito, para depois se realizar uma ligeira picada com o *sofclix*, regulado (em profundidade) para o tipo de pele em causa. Assim, após a formação de uma gota de sangue são recolhidos 10  $\mu$ l, pipetado de imediato para o interior do Kit, que por sua vez é agitado de forma a promover a diluição do sangue. Procede-se depois, à numeração do frasco de forma a controlar a série a que corresponde a recolha.

### **2.3.2.5. Resultados do teste**

O teste permite determinar o valor máximo da potência que pode ser atingido pelo sujeito, bem como as rotações por minuto (RPM) durante 5 segundos.

### **2.3.3. Sprints 35m**

#### **2.3.3.1. Equipamento**

Na realização do sprint de 35m foi utilizado apenas o espaço do pavilhão III. Foi sinalizado o local de partida com uma linha sinalizadora no chão assim como a linha de 35 m. Foram também colocadas as células fotoelétricas GLOBUS ITÁLIA na linha de partida e na linha final ligadas ao Ergotester GLOBUS ITÁLIA.

#### **2.3.3.2. Aquecimento**

O aquecimento teve a duração total de 6 minutos. Todos os sujeitos começaram por realizar 3 minutos de corrida contínuos. Nos 2,5 minutos seguintes foram realizados três exercícios específicos: alongamento do músculo quadríceps, adutores e isquiotibiais. Nos últimos 30'' do aquecimento, os sujeitos preparam-se para a realização dos testes.

#### **2.3.3.3. Realização dos Sprints 35m**

O sujeito simula previamente a partida, no sentido de se definir claramente a sua perna de arranque. Coloca-se então na linha de partida. O sujeito assume posição de partida (posição assimétrica dos membros superiores em relação à dos inferiores – o braço avançado é o do lado do pé mais recuado: membros inferiores ligeiramente flectidos e membros superiores semi-flectidos, colocados junto ao tronco).

É dado o sinal de partida e o sujeito parte e corre à velocidade máxima até atingir os 35 metros de corrida.

Após o término do teste, o sujeito recupera durante 1 minuto, no qual é recolhida uma amostra sanguínea (recolha de lactato). Passado o minuto de

recuperação passiva, o sujeito inicia novamente o teste, realizando 5 séries obrigatórias.

Se o valor de velocidade encontrado for superior ao teste anterior, então repetir-se-á o mesmo procedimento realizando-se novamente o teste e 1 minuto de recuperação passiva (com recolha de lactato). Se o valor de velocidade encontrado for inferior durante duas vezes consecutivas, após as cinco séries, então o teste dar-se-á por encerrado.



**Fig. 12** – Realização do teste de Sprint de 35m. Após o sinal de partida, o sujeito corre à velocidade máxima até atingir os 35 metros de corrida.

#### **2.3.3.4. Recolha das Amostras Sanguíneas**

No final do teste (durante o minuto de recuperação passiva), procede-se imediatamente à limpeza e desinfecção do polegar direito, para depois se realizar uma ligeira picada com o *sofclix*, regulado (em profundidade) para o tipo de pele em causa. Assim, após a formação de uma gota de sangue são recolhidos 10  $\mu$ l, pipetado de imediato para o interior do Kit, que por sua vez é agitado de forma a promover a diluição do sangue. Procede-se depois, à numeração do frasco de forma a controlar a série a que corresponde a recolha.

#### **2.3.3.5. Resultados do teste**

O sistema utilizado permite o registo do tempo gasto a percorrer a distância entre o local de partida e a linha final. As células fotoeléctricas fornecem ainda o valor de velocidade média do sujeito e o intervalo de tempo registado.

## **2.3.4. Teste de Impulsão Vertical no Ergojump**

### **2.3.4.1. Equipamento**

Na recolha dos dados no teste de impulsão vertical foi utilizado o tapete Ergojump, modelo GLOBUS ITÁLIA. Foi também utilizado um metrônomo.

### **2.3.4.2. Aquecimento**

O aquecimento teve a duração total de 6 minutos. Todos os sujeitos realizam 3 minutos de corrida contínuos. Nos 2,5 minutos seguintes são realizados três exercícios específicos: alongamento dos músculos quadricípede, adutores e isquiotibiais. Nos últimos 30 segundos do aquecimento, os sujeitos preparam-se para a realização do teste.

### **2.3.4.3. Realização do teste Multijump**

O sujeito coloca-se sobre o Ergojump com as mãos na cintura e os pés à largura dos ombros, com os calcanhares assentes no tapete de contacto. O tronco deve manter-se direito e os membros inferiores em extensão completa. Ao sinal do avaliador, o sujeito realiza um movimento de flexão / extensão rápido e vigoroso dos membros inferiores, procurando atingir a altura máxima. As mãos devem manter a posição inicial. A recepção sobre o tapete é feita com os membros inferiores em extensão. O sujeito deve realizar cinco saltos de forma contínua. O sujeito inicia o teste, tentando realizar cinco saltos máximos, mas tentando que seja a uma cadência de um salto por segundo. Para isso, será utilizado um metrônomo que será activado ao mesmo tempo que o indivíduo executa o primeiro salto, para que este oriente o seu ritmo de salto à cadência de 1 salto por segundo. Deste modo, todos os indivíduos, realizam os cinco saltos num intervalo de tempo similar.

Após o término do teste, o sujeito recupera (passivamente) durante 1 minuto, no qual é recolhida uma amostra sanguínea (recolha de lactato). Passado o minuto de recuperação passiva, o sujeito inicia novamente o teste, executando 5 séries obrigatórias. Se o valor de potência encontrado for superior ao teste anterior, então

repetir-se-á o mesmo procedimento realizando-se novamente o teste e 1 minuto de recuperação passiva (com recolha de lactato). Se o valor de potência encontrado for inferior durante duas vezes consecutivas após as 5 séries, então o teste dar-se-á por encerrado.



**Fig. 13** – Realização do teste Multijump. Ao sinal do avaliador, o sujeito realiza um movimento de flexão / extensão (1ª foto) rápido e vigoroso dos membros inferiores, procurando atingir a altura máxima (2ªfoto).

#### **2.3.4.4. Recolha da Amostras Sanguíneas**

No final do teste (durante o minuto de recuperação passiva), procede-se imediatamente à limpeza e desinfecção do polegar direito, para depois se realizar uma ligeira picada com o *sofclix*, regulado (em profundidade) para o tipo de pele em causa. Assim, após a formação de uma gota de sangue são recolhidos 10 *ul*, pipetado de imediato para o interior do Kit, que por sua vez é agitado de forma a promover a diluição do sangue. Procede-se depois, à numeração do frasco de forma a controlar a série a que corresponde a recolha.

#### **2.3.4.5. Resultados do Teste Multijump**

Através do teste Multijump, realizado no Ergojump obtêm-se os valores da altura de salto e tempo efectuado durante o teste e podem ser estimados os valores de potência mecânica.

### 2.3.4.6. Registo e Tratamento das Variáveis

As variáveis registadas no teste Multijump foram: altura de salto e tempo médio do teste. Para o cálculo da potência mecânica foi utilizada a seguinte fórmula, apresentada por Adams (1998):

$$P = 2,21 \times (M \times 9,8) \times \sqrt{h}$$

em que: P corresponde ao valor de potência desenvolvida no teste, M à massa do sujeito (Kg) e h à altura do salto (m). O valor da potência é expresso em watts (W).

## 2.4. Análise das Amostras Sanguíneas

A análise da concentração de lactato nas amostras sanguíneas foi realizada segundo o protocolo do Mini-Espectrofotómetro marca Dr. Lange Lp20. O sangue foi analisado logo que possível e, sempre dentro das duas horas seguintes à sua recolha. A temperatura ambiente nunca ultrapassou os 30°C. Caso estes valores de temperatura ambiente se verificassem, o sangue deveria ser analisado imediatamente.



**Fig. 14** – Mini-Espectrofotómetro (Lp20, Dr.Lange) utilizado na medição da concentração de lactato das amostras recolhidas nos três protocolos.

### 2.4.1. Procedimento de Medição da Concentração de Lactato

Depois de se terem limpo os Kits contendo o sangue e de terem sido colocados por ordem sobre a bancada, liga-se o aparelho pressionando “Mode”. Após, o aparecimento da indicação no visor de que o aparelho está pronto para realizar a leitura, são introduzidos por ordem, cada uma das covetes, a fim de que

fosse feita a leitura de todos os *brancos*. À medida que as covetes são retirados, são novamente colocados por ordem.

Após a leitura do último *branco* retira-se a tampa verde da primeira covete e coloca-se a tampa azul (que contem o reagente), previamente numerada e mantida no frigorífico até ao momento da medição. De seguida, inverte-se a covete duas vezes seguidas, ao mesmo tempo que se pressiona a tecla “\*” (asterisco). Após a realização deste procedimento insere-se a primeira covete no aparelho. De seguida, é mudada a tampa da segunda covete, inverte-se duas vezes, realizando-se o mesmo procedimento para todas as covetes. Após a indicação do valor de lactato para a primeira covete, este é retirado, inserindo-se depois cada um dos seguintes, pela mesma ordem que haviam sido lidos os brancos, até obter os valores de todas as leituras.

Os valores de concentração de lactato, registados após cada leitura, são expressos em mmol/L.

#### **2.4.2. Instrumentos para a Recolha e Análise de Sangue**

**Softclix**

**Tubos Capilares** marca Dr. Lange

**Kit**, modelo LKM 140, marca Dr. Lange

**Micro-Pipeta** marca Dr. Lange

**Mini-Espetofotómetro**, modelo Lp20, marca Dr. Lange

### **3. ANÁLISE DOS DADOS E ESTATÍSTICA**

#### **3.1. Variáveis Obtidas**

##### **3.1.1. Variáveis do Teste Força-Velocidade**

As variáveis do teste F-V que se seguem foram calculadas pelo computador e utilizadas no final do teste:

- Potência Anaeróbia Máxima, que é o valor mais alto de potência média obtida durante uma revolução completa do cicloergómetro.

- Carga Óptima, que é calculada através da equação da parábola ( $y = mx + b$ ) desenvolvida por Winter, sendo utilizados os valores do RPM correspondentes ao PP em cada sprint e ainda a carga utilizada em cada sprint.

O cálculo destas variáveis teve como objectivo a sua utilização (carga óptima) no teste de Sprint em Cicloergómetro de 5 s.

### **3.1.2. Variáveis do Teste Multijump**

As variáveis do teste Multijump que se seguem foram calculadas pelo Ergotester e utilizadas no final do teste:

- Potência Máxima derivada do produto da força instantânea exercida pelo sujeito na plataforma de forças pela aceleração do centro de gravidade do corpo.

- Altura do salto (H).

### **3.1.3. Variáveis do Teste Sprint de 45m**

As variáveis do teste de Sprint que se seguem foram calculadas pelo Ergotester (ligado às células fotoeléctricas) e utilizadas no final do teste:

- Velocidade média, calculado a partir dos valores da distância e do tempo.

- Tempo registado em cada sprint.

### **3.1.4. Variáveis do Teste de Sprint em Cicloergómetro de 5s**

As variáveis do teste de Sprint em Cicloergómetro de 5s que se seguem foram calculadas pelo computador e utilizadas no final do teste:

- Potência Anaeróbia Máxima encontrada utilizando a carga óptima de cada sujeito, que é o valor mais alto de potência média obtida durante uma revolução completa do cicloergómetro.

- RPM correspondente ao PP encontrado em cada sprint.

### **3.2. Técnicas Estatísticas Utilizadas**

Para a análise dos dados foi utilizado o programa *SPSS version 11 for Windows*. Foi também utilizado o programa Excel (*versão do Windows XP*).

#### **3.2.1. Estatística Descritiva**

Para todas as variáveis quantitativas obtidas a partir da realização dos testes F-V, Sprint em Cicloergómetro 5s, Multijump e Sprint de 35m e concentrações de lactato correspondentes a cada sprint de cada teste, foram calculadas a média e respectivos desvios-padrão. Em alguns casos foram considerados os valores mínimos e máximos.

#### **3.2.2. Estatística Inferencial**

Para o cálculo da significância da diferença entre as médias foi utilizado o teste *t de Student*. A fim de analisar as correlações existentes entre as variáveis foi utilizado o coeficiente de correlação Produto Momento de Pearson.

Para ambas as técnicas estatísticas foi considerado o nível de significância de 0,05 ( $p < 0,05$ ) e 0,01 ( $p < 0,01$ ). No teste *t de Student*, um nível de significância inferior a 0,05 corresponde a diferenças estatisticamente significativas enquanto que um nível de significância inferior a 0,01 corresponde a diferenças altamente significativas.

Relativamente ao coeficiente Produto Momento de Pearson, um nível de significância inferior a 0,05 corresponde a uma correlação significativa. Já o nível de significância inferior a 0,01 corresponde a uma correlação altamente significativa.

## CAPITULO IV

### APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

#### 1. CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

O presente estudo foi realizado com uma amostra de 19 indivíduos, todos do sexo masculino e alunos do segundo ano do Curso de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra. Esta amostra apresenta assim uma elevada afinidade com o exercício físico.

Abaixo estão representados os valores correspondentes às características antropométricas dos indivíduos da amostra:

**Quadro 2:** Valores médios e respectivos desvios-padrão (média  $\pm$  desvio padrão) da Idade, Estatura, Altura Sentado, Comprimento do membro inferior dos indivíduos que constituem a amostra em que N – representa o número de sujeitos que compõe a amostra.

n	Idade (anos)	Estatura (cm)	Altura Sentado (cm)	Compr.MI (cm)
19	21,33 $\pm$ 1,60	174,4 $\pm$ 6,4	90,5 $\pm$ 3,7	84,0 $\pm$ 4,0

**Quadro 3:** Valores médios e respectivos desvios-padrão (média  $\pm$  desvio padrão) da Massa Corporal, Somatório das pregas (Tricipital, Subscapular, Crural e Geminal), Índice de massa Corporal e Volume Magro do Membro Inferior (L) dos indivíduos que constituem a amostra em que n - é o número de sujeitos que compõe a amostra.

n	Massa (kg)	$\Sigma$ Pregas (mm)	IMC	Volume Magro MI (L)
19	76,8 $\pm$ 10,33	48,47 $\pm$ 17,51	25,27 $\pm$ 3,49	12,75 $\pm$ 1,03

## 2. RESULTADOS OBTIDOS NOS TESTES

### 2.1. Teste Força-Velocidade

O teste Força-Velocidade foi realizado com o intuito de encontrar a carga óptima para a realização do teste de Sprint em Cicloergómetro de 5 segundos.

Após a realização do teste Força-Velocidade, foram seleccionados os valores de potência máxima, velocidade (RPM) e carga respectiva, encontrados nos sprints executados. De seguida, foram calculados através da equação da parábola, desenvolvida por Winter, a carga óptima (OL) que foi posteriormente aplicada no teste Sprint em Cicloergómetro (5s).

No quadro abaixo encontram-se os valores calculados através da equação da parábola, das variáveis que caracterizam o teste Força-Velocidade:

**Quadro 4:** Valores médios e respectivos desvios-padrão (média  $\pm$  desvio padrão) das variáveis PAnM óptimo absoluta (OPP-abs), a PAnM óptimo relativa (OPP-rel), a carga óptima (OL), a carga óptima por percentagem da massa corporal e ainda o valor óptimo de velocidade em rotações por minuto (ORPM) em que: n - é o número de sujeitos que compõe a amostra; OPP-abs - é a PAnM óptima absoluta (W); OPP-rel - é a PAnM óptima relativa (W.Kg<sup>-1</sup>); OL - Carga óptima (Kg); ORPM - Velocidade óptima em rotações por minuto (RPM).

n	OPP-abs (W)	OPP-rel (W/kg)	OL (kg)	OL (%MC)	ORPM
19	957,02 $\pm$ $\square$ 172,39	12,44 $\pm$ 1,35	8,39 $\pm$ 1,77	0,11 $\pm$ 0,01	117,59 $\pm$ 11,87

### 2.2. Teste Multijump

Após a realização do teste Multijump composto por 5 séries (realizadas por todos os sujeitos da amostra) de cinco saltos, foi possível elaborar a seguinte tabela com as variáveis Potência, Altura do Salto, tempo realizado e concentração de lactato em cada série. De salientar, que são apenas apresentados os valores médios respeitantes às primeiras cinco séries do teste Multijump, já que estas foram realizadas por todos os elementos da amostra.

**Quadro 5:** Valores médios e respectivos desvios-padrão (média  $\pm$  desvio padrão) das variáveis do teste Multijump: Potência (W), Altura de Salto (cm), Tempo efectuado em cada série (s) e concentração de Lactato (mmol/l) em cada uma das primeiras 5 séries em que: [La] – Concentração de lactato no sangue (mmol/L).

<b>Variáveis Multijump</b>	<b>1ª Série</b>	<b>2ª Série</b>	<b>3ª Série</b>	<b>4ª Série</b>	<b>5ª Série</b>
<b>Potência (W)</b>	969,52 $\pm$ 140,70	992,99 $\pm$ 156,11	982,06 $\pm$ 152,55	998,19 $\pm$ 134,08	1000,50 $\pm$ 139,34
<b>Altura (cm)</b>	34,34 $\pm$ 5,69	35,86 $\pm$ 5,63	35,09 $\pm$ 5,22	36,22 $\pm$ 3,68	36,45 $\pm$ 4,58
<b>Tempo (s)</b>	5,41 $\pm$ 0,61	5,34 $\pm$ 0,51	5,26 $\pm$ 0,47	5,29 $\pm$ 0,49	5,27 $\pm$ 0,53
<b>[La] (mmol/L)</b>	3,20 $\pm$ 0,71	3,53 $\pm$ 0,92	3,94 $\pm$ 1,14	4,17 $\pm$ 1,32	4,41 $\pm$ 1,47
<b>n</b>	19				

Após a análise do quadro 5, verificamos que os valores médios encontrados para a potência aumentam gradualmente nas primeiras cinco séries, apesar de um ligeiro decréscimo da potência na 3ª série. Assim, ao longo das primeiras cinco séries, realizadas por todos os indivíduos da amostra, não se verifica um declínio do valor da potência, no entanto, serão analisadas as séries posteriores à quinta de forma a poder situar o momento de decréscimo da potência.

Relativamente ao tempo de execução do teste Multijump, os valores médios obtidos nas 5 primeiras séries encontram-se dentro do valor de 5 segundos, tendo-se obtidos valores médios muito próximos.

Quanto aos valores médios de altura de salto, é também na 5ª série que são obtidos os valores mais elevados indo ao encontro dos valores encontrados.

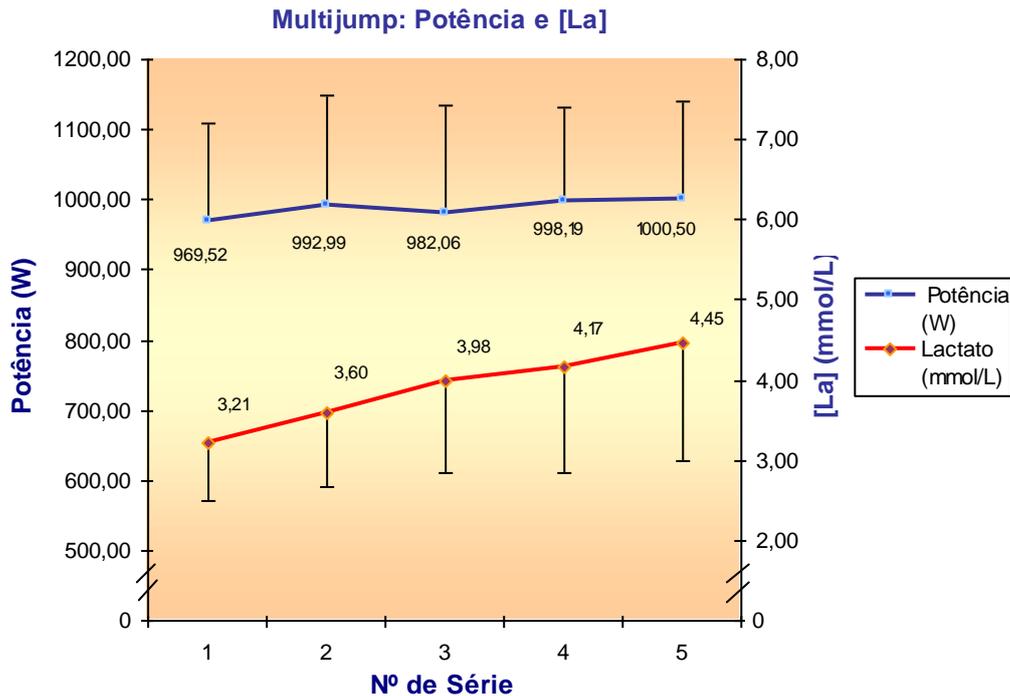
Podemos então sugerir, a partir da análise dos valores da potência e altura de salto que, os indivíduos só alcançaram os seus melhores resultados após quatro séries de exercício máximo. Possivelmente, o aquecimento realizado não preparou especificamente os indivíduos para o teste, tendo estes atingidos os melhores resultados médios, na 5ª série. Provavelmente, poderá não ter havido assim, uma activação muscular efectiva dos grupos musculares, realizada pelo aquecimento.

Analisando de forma mais aprofundada este facto, podemos levantar suspeitas de que a estimulação neuromuscular poderá não ter sido frequente o suficiente. Eventualmente esta estimulação poderá ter sido insuficiente quanto ao número de unidades motoras estimuladas, podendo não ter havido assim uma activação óptima dos grupos musculares pertinentes à realização do teste Multijump.

Eventualmente quando o impulso nervoso chegou à junção neuromuscular, poderão não ter havido neurotransmissores - acetilcolina suficientes libertados pelas vesículas sinápticas para se combinar com os receptores nicotínicos da membrana pós-sináptica. Assim, o despoletar de um potencial de acção poderá não se ter propagado a toda a fibra nervosa. Também a libertação do cálcio que rapidamente penetra nas miofibrilas, activando as forças entre os filamentos de actina e miosina, iniciando o processo de contracção muscular poderá ter sido insuficiente. A temperatura corporal óptima para a contracção muscular poderá possivelmente não ter sido atingida e deste modo, o sujeito não esteve preparado para obter o rendimento máximo na 1ª série do teste.

Há assim necessidade de realizar um aquecimento específico para o teste que se vai realizar, solicitando os grupos musculares que serão recrutados ao máximo durante o teste. Neste caso, o aquecimento consistiu na realização de três minutos de corrida, seguida de três minutos de alongamentos dos músculos quadríceps, adutores e isquiotibiais. Podemos sugerir então que o aquecimento deveria ter sido prolongado, contemplando já o exercício de impulsão vertical realizado no teste propriamente dito.

Neste sentido, Adams (1998) refere que o aquecimento parece influenciar a performance da impulsão vertical. Assim, um aquecimento de 5 a 10 minutos com uma parte final incluindo alguns saltos que metade ou  $\frac{3}{4}$  do esforço deverá ser mais eficiente para uma performance óptima no teste de impulsão vertical. A partir desta análise podemos sugerir que o aquecimento deverá ser alvo de investigação, já que este poderá ter forte implicações na performance em teste anaeróbios máximos de curta duração.



**Gráfico 1:** Representação dos valores médios de potência (W) nas primeiras cinco séries do teste Multijump e dos respectivos valores das concentrações de lactato (La).

Analisando o gráfico 1, pudemos constatar um incremento gradual dos valores de potência ao longo das primeiras cinco séries. Esse incremento é acompanhado pelo aumento progressivo da concentração de lactato no sangue. Até à quinta série, não existe assim um indicador mecânico do aparecimento da fadiga, no entanto, o indicador biológico da concentração de lactato no sangue aumenta. Segundo Barbosa (2001), o incremento de lactato não desempenha qualquer efeito prejudicial sobre os valores máximos de potência. Assim, indo ao encontro de Barbosa (2001) não se constata uma relação entre as duas variáveis até determinados valores de concentração de lactato.

Analisando a fadiga como uma quebra da performance, verificamos que até às 5 série, no teste Multijump, não se verificou o seu aparecimento.

Um estudo realizado por MacLaren (1982), testou os efeitos fadiga num teste de impulsão vertical que consistia na realização de 3 séries de 30 saltos consecutivos intervalados por um minuto de repouso, por um grupo de atletas de voleibol. Os resultados apontaram para uma diminuição da performance que pareceu indicar que

os indivíduos seriam constituídos por grandes percentagens de fibras do tipo II – fibras rápidas. Factores como o aumento da concentração de lactato local em simultâneo com uma descida do pH no músculo poderão ter ajudado ao aparecimento da fadiga. Apesar de neste estudo, terem sido realizadas apenas três séries, estas contemplaram um maior número de saltos.

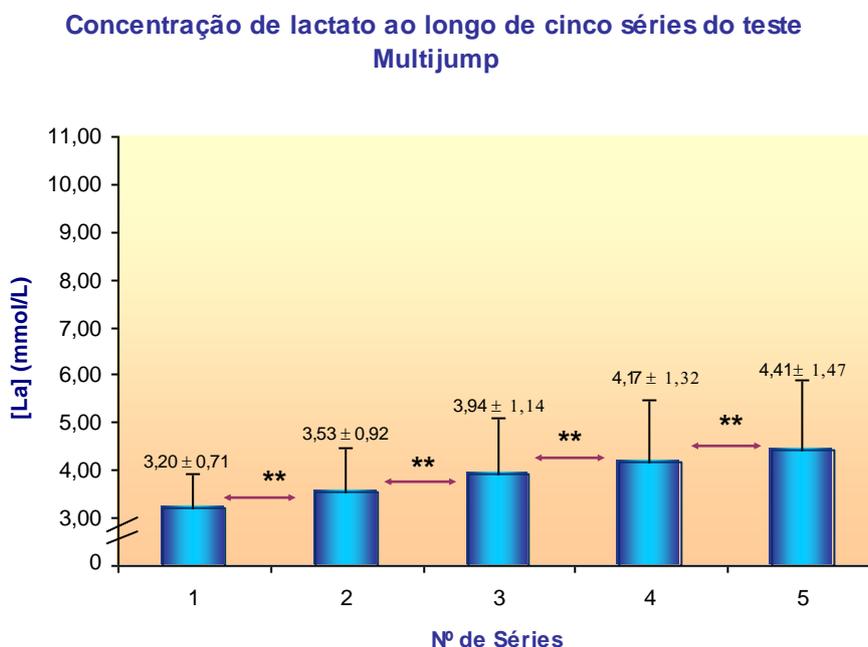
Smilios (1998) estudou os efeitos de diferentes níveis de fadiga muscular na performance da impulsão vertical. Vinte sujeitos realizaram um teste de impulsão vertical antes e depois da fadiga ter sido induzida através da realização de levantamento de pesos dos membros inferiores a 50, 70 e 90% de uma repetição máxima até à exaustão. Tentou-se assim produzir decréscimos da força de 50, 30 e 10% respectivamente. Os resultados mostraram diferenças significativas entre os valores de fadiga e os valores sem a sua indução. Assim, aumentando o nível de fadiga, a redução da força dos músculos do membro inferior leva a um decréscimo da performance da impulsão vertical, contudo não se observa um decréscimo proporcional da força. O autor afirma então que a diminuição da performance na impulsão vertical é independente do nível inicial de força.

Segundo Smilios (1998), o exercício até à exaustão com cargas leves levam a uma diminuição gradual da força e redução da performance de impulsão vertical. Porém, o estudo realizado pelo autor revela que se pode recuperar rapidamente da fadiga induzida com cargas leves e restaurada a habilidade para a impulsão vertical. Apesar de no presente estudo, não ter sido induzida qualquer carga, o facto da potência não ter diminuído nas primeiras cinco séries, poderá possivelmente dever-se ao facto referido por Smilios (1998) tendo os sujeitos recuperado durante o intervalo de um minuto entre as séries realizadas.

Segundo Barbany (1990), citado em Fernández-Castanys & Fernández (2003), a fadiga muscular local manifesta-se num grupo particular e selectivo de músculos que efectuem determinados exercícios específicos. A origem da fadiga está presente tanto em exercícios executados a uma potência elevada com velocidade e duração limitadas, como está em exercícios de carácter repetitivo.

Neste tipo de exercício executado, segundo Barbany (1990), citado em Fernández-Castanys & Fernández (2003), a participação global do organismo é pequena, estando a fadiga limitada a territórios concretos. Por esse facto, as cinco séries realizadas por todos os indivíduos da amostra, provavelmente, poderão ter sido insuficientes para revelar um possível estado de fadiga local.

No que diz respeito à concentração de lactato no sangue, nas primeiras cinco séries, constatamos um aumento gradual do lactato ao longo das cinco séries realizadas. Os valores representados foram registados logo após a realização de cada série. O gráfico 2 representa graficamente os valores médios desta variável.



\*\* (p < 0,01)

\* (p < 0,05)

**Gráfico 2:** Representação dos valores médios da concentração de Lactato (mmol/L) nas primeiras cinco séries do teste Multijump.

Como podemos observar no gráfico 2, a concentração de lactato no sangue sofreu um incremento gradual ao longo das primeiras cinco séries, havendo diferenças altamente significativas entre a 1ª para a 2ª série para  $p < 0,01$ . Verificam-se também diferenças altamente significativas entre a 2ª e a 3ª série, a 3ª e a 4ª série (e a 4ª e a 5ª série para  $p < 0,01$ ).

Tendo em conta que a 1ª série foi realizada num intervalo de tempo médio de  $5,41 \pm 0,61$  segundos, tendo sido recolhido o lactato durante o intervalo de um minuto até à 2ª série, realizada num intervalo de tempo de  $5,34 \pm 0,51$  segundo, podemos sugerir que após um minuto e cerca de 10 segundos já se constatou um aumento significativo da concentração de lactato no sangue, reflectindo possivelmente a participação da via glicolítica neste intervalo de tempo.

Também Chamari *et al.* (2001) investigou a hipótese de que as concentrações de lactato no sangue venoso poderiam variar a partir do início do exercício intenso e de curta duração. Foi realizado o teste de impulsão vertical, com três protocolos diferentes, separados entre si, por 45 minutos de recuperação a onze jogadores de voleibol com uma média de idade de 18,5 anos. Um dos protocolos consistiu na execução de seis saltos máximos consecutivos com um intervalo de tempo médio de 7,36 segundos. A concentração de lactato aumentou significativamente após 3 e 5 minutos de recuperação. Apesar do autor ter encontrado diferenças só após três e cinco minutos, havendo um maior intervalo de tempo e possivelmente uma maior “remoção” do lactato muscular para o sangue, os resultados apontam no mesmo sentido ou seja o estudo presente assim como Chamari *et al.* (2001) conclui assim haver uma elevação significativa da concentração de lactato após os testes de impulsão vertical. Os resultados podem ter como base a activação do metabolismo anaeróbio láctico logo desde o início do exercício, participando na produção de energia e ou na ressíntese de fosfocreatina utilizada durante o exercício máximo de curta duração. Os dados aqui estudo, apontam no mesmo sentido de Chamari *et al.* (2001), já que logo após a primeira série de registaram valores acima de 1 mmol/L, valor encontrado geralmente em repouso (Powers & Howley, 1997).

### **2.2.1. Relação entre o teste Multijump e variáveis antropométricas**

No sentido de analisar a influência das características antropométricas, neste caso a massa corporal, volume magro do membro inferior e o somatório das pregas no desempenho dos sujeitos, foi aplicado o coeficiente de correlação Produto momento de Pearson. Os resultados obtidos nessa correlação apresentam-se de seguida no quadro 6.

**Quadro 6:** Correlação existente entre a Massa Corporal, volume magro do membro inferior e somatório das pregas ( $\Sigma$ pregas) com a altura média de salto atingida nas primeiras cinco séries do teste Multijump em que: Sign. – representa o grau de significância da correlação.

		<b>Multijump – Altura (cm)</b>				
		<b>1ª Série</b>	<b>2ª Série</b>	<b>3ª Série</b>	<b>4ª Série</b>	<b>5ª Série</b>
<b>Massa Corporal (Kg)</b>	Correlação de Pearson	-0,174	-0,004	-0,039	-0,215	-0,197
	<b>Sign.</b>	0,476	0,989	0,875	0,378	0,420
<b>Volume Magro MI (L)</b>	Correlação de Pearson	-0,207	-0,033	-0,071	-0,292	-0,171
	<b>Sign.</b>	0,197	0,366	0,196	0,031	0,035
<b><math>\Sigma</math> Pregas (mm)</b>	Correlação de Pearson	-0,474*	0,209	0,210	0,336	0,313
	<b>Sign.</b>	0,040	0,390	0,387	0,159	0,192
<b>n</b>		19				

\*\* A correlação é altamente significativa para 0,01;

\* A correlação é significativa para 0,05

A análise da relação da altura de salto com as variáveis antropométricas deve-se ao facto do valor da potência ser bastante influenciada pelo valor da massa corporal do sujeito. Segundo Correia (2001), devem ser considerados os valores de altura alcançada pelo centro de gravidade e o tempo de voo, uma vez que uma potência elevada pode não reflectir uma boa impulsão vertical.

Como se pode verificar através da análise do quadro 6, não existe uma correlação entre a massa corporal e volume magro do membro inferior e os valores de altura de salto obtidos em cada uma das primeiras cinco séries.

Verificamos uma correlação negativa e significativa do somatório das pregas com a altura de salto na primeira série. Assim, podemos aferir que eventualmente o indivíduo com maior somatório de pregas terá a menores valores de altura de salto.

### 2.3. Teste de Sprint 35m

No quadro 7 podemos observar as variáveis obtidas no teste de sprint de 35m. Após a realização mínima de cinco séries de sprints, foram obtidas as variáveis velocidade média, tempo de cada sprint e respectiva concentração de lactato.

**Quadro 7:** Valores médios e respectivos desvios-padrão (média  $\pm$  desvio padrão) das variáveis do teste de Sprint 35m: velocidade média (m/s), Tempo efectuado e concentração de Lactato (mmol/l) em cada série em que: Vm – Velocidade Média (m/s); [La] – Concentração de lactato no sangue (mmol/L) em que n – representa o número de indivíduos da amostra.

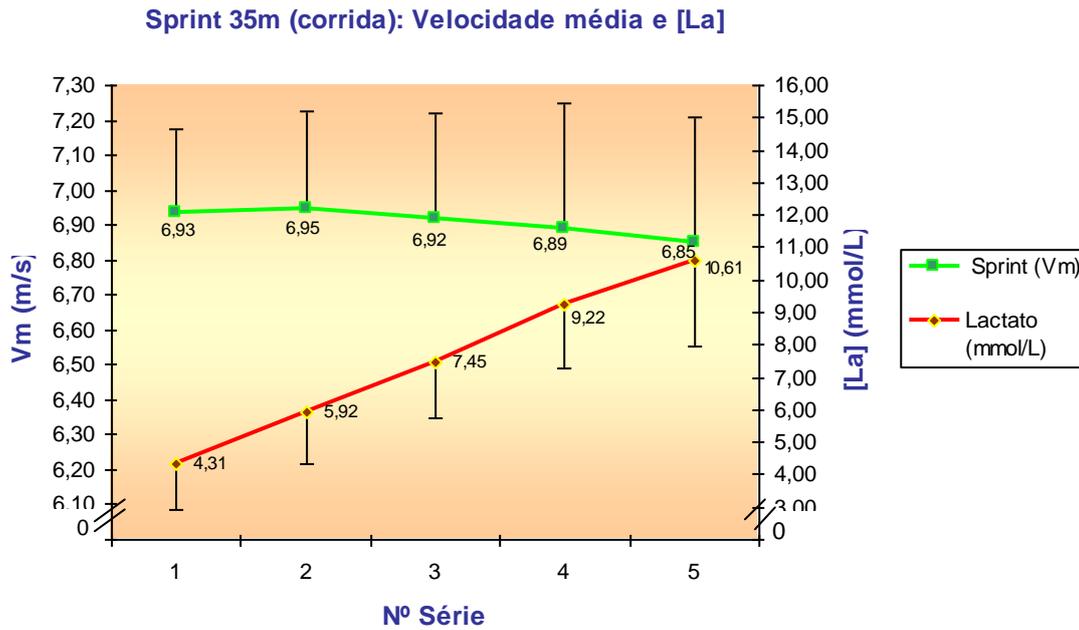
Variáveis Sprint	1ª Série	2ª Série	3ª Série	4ª Série	5ª Série
Vm (m/s)	6,93 $\pm$ 0,24	6,95 $\pm$ 0,28	6,92 $\pm$ 0,30	6,89 $\pm$ 0,36	6,85 $\pm$ 0,36
Tempo (s)	5,05 $\pm$ 0,18	5,05 $\pm$ 0,21	5,07 $\pm$ 0,22	5,09 $\pm$ 0,30	5,13 $\pm$ 0,28
[La] (mmol/L)	4,31 $\pm$ 1,40	5,92 $\pm$ 1,56	7,45 $\pm$ 1,70	9,22 $\pm$ 1,96	10,61 $\pm$ 2,64
n	19				

Através da análise do quadro 7, constatamos que os valores médios da velocidade média aumentam da 1ª para a 2ª série e a partir daí decrescem até à 5ª série. Quanto ao intervalo de tempo médio de cada um das séries este sofre um incremento a partir da 2ª até à 5ª série. Como esta é uma variável inversamente proporcional à velocidade média ( $Vm = \text{distância} / \text{tempo}$ ), à medida que o intervalo de tempo aumenta num dado sprint, a velocidade média desse mesmo sprint decresce.

Assim, constata-se um decréscimo da velocidade média logo após a 2ª série, ou seja, os indivíduos atingiram rapidamente valores máximos de velocidade, o que poderá reflectir possivelmente que o aquecimento utilizado (3 minutos de corrida contínua e 3 minutos de alongamentos dos músculos quadríceps, adutores e isquiotibiais) estaria mais adequado ao exercício máximo de corrida. No entanto, uma maior activação muscular, maior estimulação das unidades motoras durante a fase de

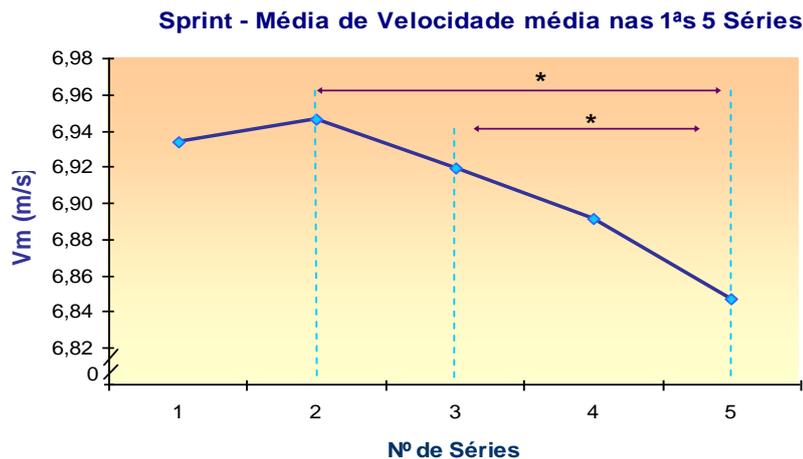
aquecimento, poderia preparar os sujeitos para alcançar os valores máximos logo na primeira série.

No que se refere à concentração de lactato, ao longo das 5 séries, denota-se um aumento progressivo da 1ª série até à 5ª série. Os valores de lactato obtidos em cada série apresentam os valores médios mais elevados dos três protocolos realizados.



**Gráfico 3:** Representação dos valores médios da velocidade média (m/s) nas primeiras cinco séries do teste de sprint de 35m e dos respectivos valores de concentração de lactato (mmol/L).

Através da análise do gráfico 3, pudemos constatar a relação entre a velocidade média atingida em cada uma das primeiras cinco séries e a respectiva concentração de lactato. No teste de sprint de 35m, verificamos uma relação inversa entre lactato e velocidade média. Até à 2ª série, assistimos a uma elevação da velocidade média e concentração de lactato. A partir da 2ª série, a velocidade média diminui e assume essa tendência até à 5ª série, enquanto que a concentração de lactato sofre um incremento gradual atingindo valores médios de 10,61 mmol/L na quinta série. De salientar que os valores máximos de velocidade média foram atingidos na 2ª série, onde logo após a sua realização, a concentração de lactato apresentava valores médios de  $5,92 \pm 1,56$  mmol/L.



\* ( $p < 0,05$ )

**Gráfico 4:** Representação esquemática das diferenças estatisticamente significativas encontradas entre a 2<sup>a</sup> e a 5<sup>a</sup> série e a 3<sup>a</sup> e a 5<sup>a</sup> série.

O desempenho médio dos indivíduos da amostra ao longo das primeiras 5 séries está representado no gráfico 4. Através da sua análise, verificamos que a partir da 2<sup>a</sup> série há um declínio da velocidade média até à 5<sup>a</sup> série, averiguando-se diferenças estatisticamente significativas entre a 2<sup>a</sup> série e a 5<sup>a</sup> série ( $p < 0,05$ ) e a 3<sup>a</sup> e 5<sup>a</sup> série ( $p < 0,05$ ). Assim, constatamos uma redução significativa da velocidade média entre a 2<sup>a</sup> série na qual foi atingido o maior valor médio e a 5<sup>a</sup> série. Também entre 3<sup>a</sup> e 5<sup>a</sup> série se verificam diferenças significativas da velocidade média. Assim, podemos sugerir que a partir da 3<sup>a</sup> série a velocidade média reduziu até a 5<sup>o</sup> série, denunciando o possível momento de aparecimento da fadiga.

Segundo Baker (1996), a quantidade de trabalho realizado nos momentos iniciais de um sprint, pode resultar num elevado ritmo de degradação de fosfocreatina e glicogénio, provocando então alterações nos substratos metabólicos, resultando na formação de produtos secundários. Segundo Wasserman et al. (1986), citado em Baker (1996), estes subprodutos, tais como os iões de hidrogénio, poderão trazer efeitos negativos nos processos bioquímicos associados à contracção muscular, contribuindo assim para o aparecimento da fadiga.

Green (1995), refere neste sentido que o aumento da actividade em todos estes sistemas de energia resulta no aumento da concentração de sub produtos (formados a partir de outras reacções). Estes metabolitos têm sido vastamente apontados como agentes causadores de fadiga. Por exemplo, a elevação da

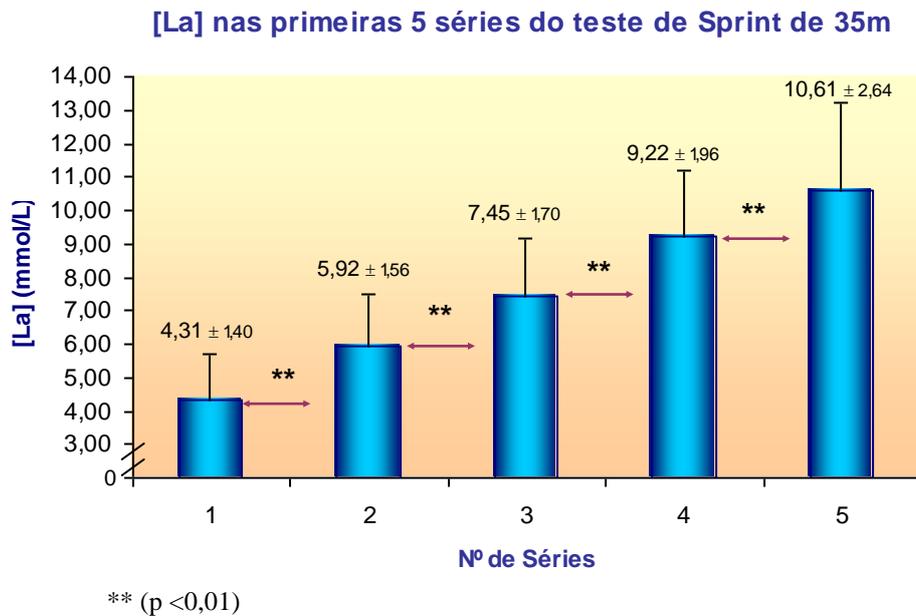
concentração do ião hidrogénio, formado em parte pela glicólise, parece ter um papel importante na fadiga (Green, 1995).

Quanto ao tipo de fadiga associado ao teste de sprint de 35m, tendo em conta que a corrida recruta mais de 2/3 dos grupos musculares, podemos eventualmente apontar para a fadiga geral. Fernández-Castanys & Fernández (2003), refere no mesmo sentido que a fadiga geral afecta o organismo no seu todo, devido à participação dos grandes grupos musculares (mais de 2/3). Segundo Plas (1973), citado em Pereira, (1984), o que diferencia, fundamentalmente, a fadiga local da geral, é o facto de que na primeira é apenas o músculo que entra em falência, enquanto que a segunda repercute-se em todo o organismo, resultado da elevação da percentagem de massa muscular solicitada.

A fadiga geral, segundo Fernández-Castanys & Fernández (2003), caracteriza-se por afectar um conjunto de funções orgânicas, para além das musculares. Entre as causas que podem originar a fadiga geral, Fernández-Castanys & Fernández (2003) destacam a componente muscular (como o resultado da fadiga originada pelos músculos intervenientes no exercício), a componente neurológica (dor, desconforto, aumento da temperatura, desidratação, hipoglicémia, e alterações nos percursores de neurotransmissores), a componente cardiovascular (incapacidade de manter o trabalho e ritmos superiores aos habituais), a componente endocrinológica, termorreguladora (incapacidade de eliminar o excesso de calor produzido durante o exercício) e por fim a participação da amoniogénese.

Os resultados encontrados por Stuart *et al.* (s/d) (citado em Powers & Howley, 1997), num teste de sprints máximos de curta duração para jogadores de futebol (treinados e não treinados) mostraram uma inclinação negativa da velocidade nos dois grupos, havendo assim um declínio de série para série. O grupo de atletas bem condicionados, conseguiu manter valores de tempo mais reduzidos que o grupo não treinado tendo uma inclinação menor da curva de velocidade média (Powers & Howley, 1997). Há assim um consenso entre os resultados encontrados pelo autor e os nossos resultados. No entanto, devemos salientar que foram realizados 10 sprints máximos de 36,6m com um intervalo de 25s entre as séries, havendo um declínio da velocidade média logo após o primeiro sprint. No nosso estudo, foram realizadas cinco séries por todos os sujeitos, com um intervalo de 1 minuto entre as séries, tendo havido um declínio da potência após a 2ª série.

Também Balsom *et al.* (1992), citado em Blonc *et al.* (1998), mostrou haver um decréscimo regular e significativo na realização de sprints repetidos de 40 m, com um intervalo de recuperação de 30 segundos. Apesar do intervalo de tempo ser de 1 minuto neste estudo, os resultados aqui presentes estão de acordo com os encontrados por Balsom *et al.* (1992).



**Gráfico 5:** Valores médios da concentração de Lactato (mmol/L) nas primeiras cinco séries do teste de Sprint de 35m.

Como podemos observar no gráfico 5, a concentração de lactato no sangue sofreu um incremento gradual ao longo das primeiras cinco séries, havendo diferenças altamente significativas entre a 1ª para a 2ª série para  $p < 0,01$ . Verificam-se também diferenças altamente significativas entre a 2ª e a 3ª série, a 3ª e a 4ª série e a 4ª e a 5ª série para  $p < 0,01$ .

Constatamos assim que logo a partir da primeira série, existe uma concentração média de lactato no sangue de  $4,3 \pm 1,40$  mmol/L, bem diferente dos valores encontrados em repouso que (cerca de 1 mmol/L (Powers & Howley, 1997)). Assim podemos sugerir que após um sprint máximo de 35m, num intervalo de tempo médio de  $5,05 \pm 0,18$  segundos há uma contribuição da via glicolítica confirmada pela concentração de lactato no sangue, já que segundo Williams, (1997) uma produção elevada de lactato muscular induz a uma elevação paralela do lactato no

sangue, logo quanto maior o nível de lactato, maior a contribuição da via glicolítica. Segundo Baker (1996), as maiores concentrações de lactato encontradas no teste de corrida podem resultar de um maior envolvimento da massa muscular utilizada quando comparado com o teste em cicloergómetro.

Barbany, (1990), Córdoba *et al.*, (1995), citados em Fernández-Castanys & Fernández, (2003) referem que a produção de lactato é maior num indivíduo com uma maior proporção de fibras rápidas (Tipo II) em conjunto com uma maior velocidade de depleção do glicogénio. Segundo Powers & Howley (1997), o tipo de actividades de muito curta duração requer uma enorme quantidade de energia produzida num curto período de tempo, sendo recrutadas principalmente, as fibras musculares do tipo II. A máxima performance é limitada pela distribuição do tipo de fibras musculares (Tipo I versus Tipo II) e pelo número de fibras musculares recrutadas. Sugerimos assim, que durante os sprints de corrida de 35m, poderá haver provavelmente uma influência dos grupos musculares recrutados, no aparecimento da fadiga. Possivelmente as fibras rápidas são selectivamente recrutadas e poderão ser esgotadas pelos sprints repetidos.

O exercício intenso obriga ao recrutamento das fibras do tipo IIb, resultando num aumento da produção de lactato. Isto significa, segundo Sale (1987), citado em Powers & Howley, (1997), que a quantidade de ATP necessária ao desenvolvimento de tensão torna-se cada vez mais dependente do metabolismo anaeróbio.

### **2.3.1. Relação entre a Velocidade Média do teste de Sprint de 35m e as variáveis antropométricas**

De forma a analisar a influência das características antropométricas, neste caso a massa corporal, volume magro do membro inferior e o somatório das pregas no desempenho dos sujeitos no sprint de corrida, foi aplicado o coeficiente de correlação Produto momento de Pearson. Os resultados obtidos nessa correlação apresentam-se de seguida no quadro 8.

**Quadro 8:** Correlação entre a massa corporal, volume magro do membro inferior e somatório das pregas com a velocidade média atingida em cada uma das primeiras cinco séries do teste de sprint 35m em que sign. - representa o grau de significância da correlação.

<b>Sprint 35m - Velocidade Média (m/s)</b>						
		<b>1ª Série</b>	<b>2ª Série</b>	<b>3ª Série</b>	<b>4ª Série</b>	<b>5ª Série</b>
<b>Massa Corporal (Kg)</b>	<b>Correlação de Pearson</b>	-0,206	-0,317	-0,420	-0,333	-0,316
	<b>Sign.</b>	0,398	0,186	0,073	0,164	0,188
<b>Volume Magro do MI (L)</b>	<b>Correlação de Pearson</b>	0,001	-0,106	-0,136	0,643	-0,017
	<b>Sign.</b>	0,997	0,605	0,580	0,862	0,945
<b>Σ Pregas (mm)</b>	<b>Correlação de Pearson</b>	-0,507*	-0,531*	-0,637**	-0,463*	-0,474*
	<b>Sign.</b>	0,027	0,019	0,003	0,046	0,041
<b>n</b>				19		

\*\* A correlação é altamente significativa para 0,01;

\* A correlação é significativa para 0,05

Constatamos, a partir da análise do quadro 8, que não existe uma correlação entre a massa corporal e a velocidade média do teste de sprint de 35m. Também não se verifica qualquer relação entre o volume magro da perna e a velocidade média atingida em cada série.

Já no que diz respeito ao somatório das pregas, constata-se uma correlação negativa e significativa com a velocidade média alcançada na 1ª, 2ª, 4ª e 5ª série. Na 3ª série há uma correlação altamente significativa entre as variáveis em estudo. Verificamos assim que, quanto maior o somatório das pregas, menor a velocidade média atingida pelos indivíduos, o que revela uma relação inversa entre a velocidade de corrida e o somatório das pregas.

#### **2.4. Teste de Sprint em Cicloergómetro (5s)**

A partir da realização de cinco séries, no mínimo do teste de Sprint em cicloergómetro de 5s, podemos obter as variáveis potência anaeróbia máxima (PP), a velocidade (RPM) e a concentração de lactato em cada uma das cinco séries.

**Quadro 9:** Valores médios e respectivos desvios-padrão (média  $\pm$  desvio padrão) das variáveis do teste de Sprint em Cicloergómetro (5s): Potência máxima alcançada, velocidade (RPM) e concentração de Lactato (mmol/l) em cada série em que PP - Potência Máxima alcançada em cada série (w); v – Velocidade em cada série (RPM); [La] – Concentração de lactato no sangue (mmol/L).

<b>Sprint Cicloerg.</b>	<b>1ª Série</b>	<b>2ª Série</b>	<b>3ª Série</b>	<b>4ª Série</b>	<b>5ª Série</b>
<b>PP (W)</b>	904,21 $\pm$ 151,11	947,37 $\pm$ 212,00	930,21 $\pm$ 204,88	973,63 $\pm$ 183,30	1000,53 $\pm$ 198,17
<b>v (RPM)</b>	112,21 $\pm$ 17,41	117,26 $\pm$ 22,57	115,00 $\pm$ 20,87	120,32 $\pm$ 18,47	123,53 $\pm$ 20,25
<b>[La] (mmol/L)</b>	3,29 $\pm$ 1,12	4,05 $\pm$ 0,92	5,12 $\pm$ 1,24	5,75 $\pm$ 1,21	6,57 $\pm$ 1,67
<b>n</b>	19				

Como podemos verificar através da análise do quadro 10, os valores máximos de potência atingidos, aumentam ao longo das primeiras cinco séries, apesar de um ligeiro decréscimo na 3ª série, tendo a 4ª e 5ª série, valores médios superiores ao valor médio de potência óptima ( $957,02 \pm 172,39$  W) calculado através dos resultados do teste Força-Velocidade e equação da parábola desenvolvida por Winter (1991).

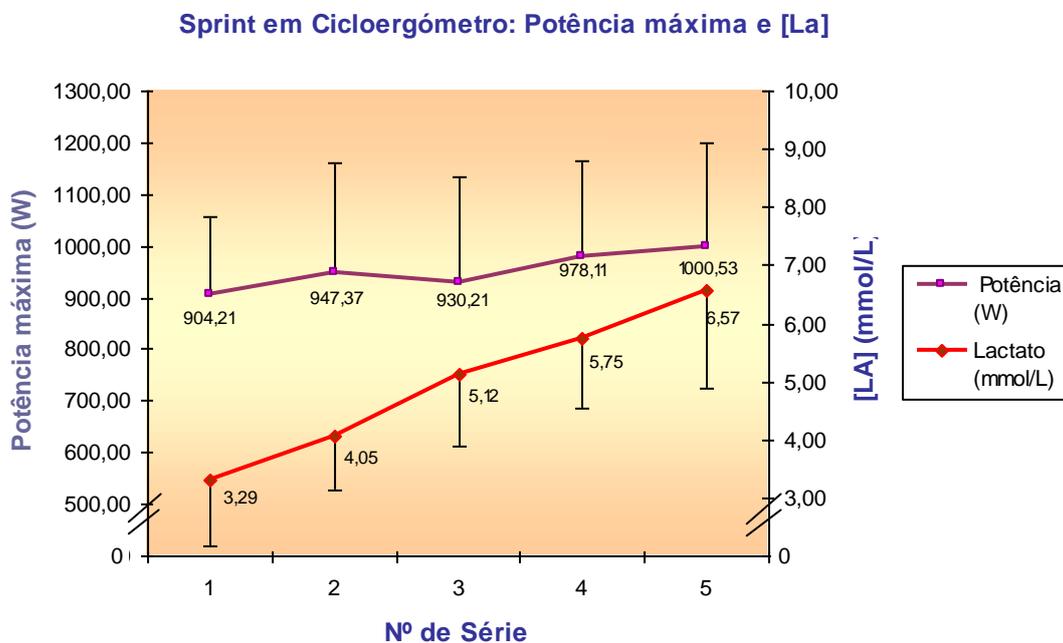
A velocidade (RPM), varia também ao longo das séries, sendo a 2ª série, aquela que se aproxima mais do valor médio encontrado para a velocidade óptima (ORPM) ( $117,59 \pm 11,87$  RPM).

Efectuando uma análise dos valores de velocidade e potência máxima alcançada ao longo das cinco séries, constatamos que o valor da velocidade e potência aumenta ao longo das cinco séries atingindo o seu valor máximo na 5ª série. Assim, tal como no teste Multijump, o aquecimento poderá não ter sido demasiado específico e intenso para a actividade máxima realizada, tendo havido assim um incremento da performance (potência e RPM) até à 5ª série, quando esta deveria ter o seu máximo pico nas primeiras séries. Tendo em conta que o aquecimento utilizado é vastamente utilizado em testes em cicloergómetro, poderemos sugerir que em sprint de curta duração (inferior a 6 segundos), as primeiras séries realizadas pelos

indivíduos, podem não reflectir os valores óptimos de potência máxima. No entanto, esta é apenas uma suposição, a qual deverá ser averiguada.

Assim, analisando este facto do ponto de vista fisiológico, poderá ter havido uma activação muscular insuficiente, causada por uma insuficiente estimulação nervosa das fibras musculares, havendo assim possivelmente uma insuficiente libertação dos neurotransmissores acetilcolina influenciando o potencial de acção e a libertação de cálcio necessária à contracção muscular.

Quanto aos valores médios da concentração de lactato no sangue, verificamos também um incremento gradual ao longo das cinco séries, acompanhando o aumento dos valores de potência máxima atingida no intervalo de 5s.



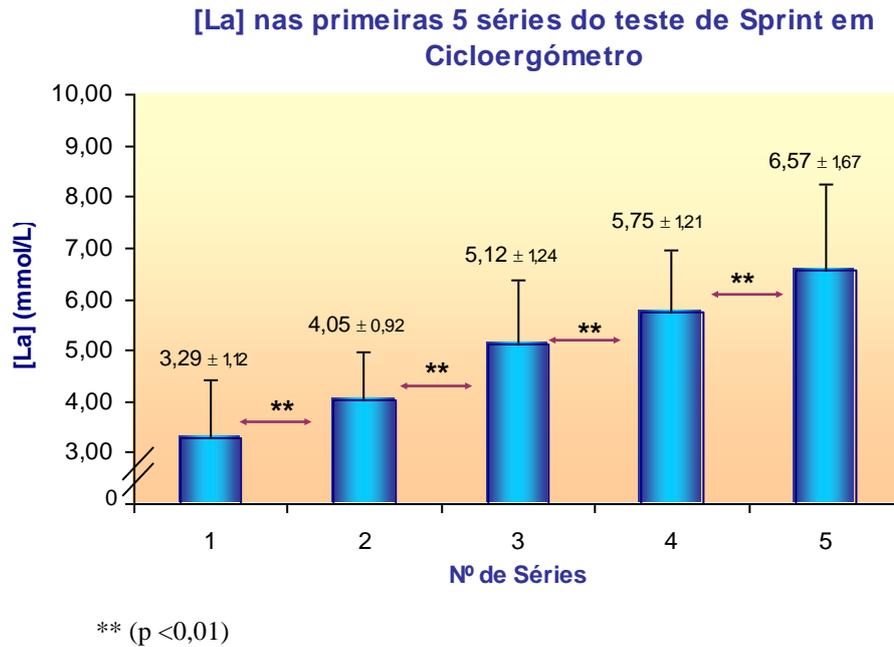
**Gráfico 6:** Representação dos valores médios e desvios-padrão da potência máxima alcançada (W) nas primeiras cinco séries do teste de sprint em cicloergómetro e dos respectivos valores de concentração de lactato (mmol/L).

Analisando o gráfico 6, pudemos constatar um incremento gradual dos valores de potência ao longo das primeiras cinco séries. Esse incremento é acompanhado pela elevação progressiva da concentração de lactato no sangue. Até à quinta série, não existe assim um indicador mecânico do aparecimento da fadiga. Relativamente à concentração de lactato no sangue, esta aumenta ao longo das cinco séries. Deste modo, tal como no teste Multijump, os dados aqui apresentados até à

quinta série realizada revelam não haver uma influência da concentração de lactato na descida da potência máxima alcançada, tal como Barbosa (2001) sugeriu através dos resultados encontrados no teste Força-Velocidade.

Sargeant *et al.* (1981), citado em Smilios (1998), encontrou um declínio da potência máxima a um ritmo de 2% por segundo, num teste em cicloergómetro, pedalando 20 segundos a 110 RPM. Também McCartney *et al.* (1983), referiu uma diminuição da potência de 53,7% do valor inicial com um ritmo de declínio de  $17,8 \pm 2,4$  W por segundo, pedalando a 110 RPM durante 30 segundos. Estes estudos revelam alguns efeitos negativos da fadiga na potência analisada em várias performances, contudo apresentam um intervalo de tempo superior a cinco segundos e velocidades constantes no cicloergómetro.

Hautier *et al.* (1998) investigou as alterações mecânicas induzidas pela fadiga muscular causada por sprints repetidos em cicloergómetro com a carga óptima de cada sujeito. Nove sujeitos realizaram 15 sprints de 5s cada, com intervalo de 25s entre estes. A potência máxima diminuiu cerca de 17,9% havendo um decréscimo da contracção muscular mas, sem qualquer alteração na força máxima. Os resultados deste estudo mostram que a realização de sprints repetidos fazem diminuir a contracção muscular, conduzindo à queda da potência máxima, mas sem qualquer perda da força. O autor sugere assim que, as fibras rápidas são selectivamente recrutadas e esgotadas pelos sprints repetidos. Estabelece-se assim uma relação de força-velocidade estritamente ligada à composição das fibras musculares. O protocolo realizado pelo autor, assemelha-se ao executado no estudo presente, contudo Hautier *et al.* (1998), realizou um número superior de sprints. Também o intervalo de tempo dado entre os sprints foi menor do que o utilizado neste teste que, teve a duração de 1 minuto. A maior duração do nosso intervalo de tempo fica a dever-se ao facto de se efectuar uma recolha de lactato sanguíneo entre cada uma das séries.



**Gráfico 7:** Valores médios da concentração de Lactato (mmol/L) nas primeiras cinco séries do teste de Sprint em Cicloergómetro.

Pela análise do gráfico 7, observamos um aumento progressivo da concentração de lactato no sangue ao longo das primeiras cinco séries do teste de sprint em cicloergómetro de 5 segundos. Podemos também constatar a existência de diferenças altamente significativas entre a 1ª e a 2ª série, a 2ª e a 3ª série, a 3ª e a 4ª série bem como entre a 4ª e a 5ª série para  $p < 0,01$ . Assim, tal como nos protocolos anteriores, também no sprint em cicloergómetro após 5 segundos de exercício máximo, verifica-se já uma concentração de lactato no sangue bastante mais elevada do que em repouso. Desta forma, podemos sugerir que a via glicolítica está presente desde a 1ª série realizada aumentando progressivamente o seu contributo, reflectindo-se nos valores encontrados de lactato no sangue.

Mercier *et al.* (1991), analisou a concentração de lactato venoso, no teste Força-Velocidade, verificando se este era predominantemente aláctico ou se havia influência do metabolismo láctico. Foram retiradas amostras de sangue a nove sujeitos, em repouso, após cada sprint e cinco minutos após recuperação. Os resultados mostraram que a concentração de lactato aumentou substancialmente durante o teste, desde a primeira carga aplicada até ao “plateau” que ocorreu após a

potência máxima. Os resultados sugerem assim, que o metabolismo láctico pode ser activado antes dos dez segundos de exercício máximo indo ao encontro dos resultados encontrados neste estudo que sugerem que após cinco segundos de exercício máximo existe já indícios da participação da via láctica.

Os resultados apresentados por Mercier *et al.* (1991) e por este estudo avançam na direcção de uma rápida activação da glicólise anaeróbia. Esta activação é também evidenciada por Mercier *et al.* (1991), pelos resultados encontrados após cinco minutos de recuperação, já que contempla o tempo necessário para a difusão do lactato das células musculares para o sangue e também o tempo necessário para a circulação do lactato dos músculos envolvidos no exercício para as veias do braço no qual é recolhido o sangue (Mercier *et al.*, 1991). Neste estudo como os objectivos não se cingiam somente à verificação da participação da via glicolítica, não nos foi possível recolher amostras de sangue após 5 minutos devido ao intervalo de tempo entre as séries ter a duração de 1 minuto.

Também Barbosa (2001) num estudo acerca da influência da concentração de lactato na potência anaeróbia verificou a presença da via glicolítica, durante a realização de sprints máximos, no teste Força-Velocidade, com duração inferior a 10 segundos vindo ao encontro dos resultados obtidos neste estudo.

#### **2.4.1. Relação entre o teste de Sprint em Cicloergómetro e as variáveis antropométricas**

Ao analisarmos os coeficientes de correlação Produto Momento de Pearson existentes entre a massa corporal, o volume magro do membro inferior, o somatório das pregas dos sujeitos e o seu desempenho no teste de sprint em cicloergómetro ao longo das cinco primeiras séries, obtemos os resultados descritos no quadro 10.

**Quadro 10:** Correlação entre a massa corporal, somatórios das pregas e a potência máxima atingida em cada uma das primeiras cinco séries do teste de sprint em cicloergómetro em que Sign. – representa o grau de significância da correlação; n – representa a número de indivíduos da amostra.

<b>Sprint em Cicloergómetro - Potência Máxima (W)</b>						
		<b>1ª Série</b>	<b>2ª Série</b>	<b>3ª Série</b>	<b>4ª Série</b>	<b>5ª Série</b>
<b>Massa Corporal (Kg)</b>	<b>Correlação de Pearson</b>	0,677**	0,562*	0,663**	0,669**	0,595**
	<b>Sign.</b>	0,001	0,012	0,002	0,002	0,007
<b>Volume Magro do MI (L)</b>	<b>Correlação de Pearson</b>	0,702**	0,574**	0,648**	0,666**	0,611**
	<b>Sign.</b>	0,001	0,010	0,003	0,002	0,005
<b>Σ Pregas (mm)</b>	<b>Correlação de Pearson</b>	0,316	0,223	0,374	0,328	0,200
	<b>Sign.</b>	0,188	0,359	0,114	0,171	0,412
	<b>n</b>	19				

\*\* A correlação é altamente significativa para 0,01;

\* A correlação é significativa para 0,05

Como podemos constatar, a massa corporal e o volume magro do membro inferior influenciam de forma positiva e significativa o valor da potência máxima atingida nas primeiras cinco séries. Deste modo, os indivíduos com maior massa corporal poderão ter maior quantidade de massa muscular e assim maior valor de potência máxima.

Ao efectuarmos a análise do sprint em cicloergómetro, devemos ter em conta que o indivíduo não transporta o seu peso, logo a influência da massa corporal está aqui presente na força que o indivíduo tem de realizar para pedalar contra uma carga óptima para atingir a potência máxima, adequada ao seu peso e calculada através do teste Força-Velocidade.

No que diz respeito ao somatório das pregas, não se verifica uma influência desta variável na potência máxima alcançada em cada uma das séries.

## 2.5. Comparação dos protocolos (Multijump, Sprint 35m e Sprint em cicloergómetro)

### 2.5.1. Intervalo de tempo nos três protocolos

De seguida apresentamos no quadro 11, os valores respectivos ao intervalo de tempo efectuado em cada um dos protocolos.

**Quadro 11:** Valores médios e respectivos desvios-padrão (média  $\pm$  desvio padrão) da variável tempo (s) no teste de Multijump e de Sprint de 35m e o valor constante do tempo no sprint em cicloergómetro.

<b>Intervalo de tempo (s)</b>			
	<b>Multijump</b>	<b>Sprint 35m</b>	<b>Sprint Cicloerg.</b>
	<b>M <math>\pm</math> SD</b>	<b>M <math>\pm</math> SD</b>	
<b>1ª Série</b>	5,41 $\pm$ 0,61	5,05 $\pm$ 0,18	5,00
<b>2ª Série</b>	5,34 $\pm$ 0,51	5,05 $\pm$ 0,21	5,00
<b>3ª Série</b>	5,26 $\pm$ 0,47	5,07 $\pm$ 0,22	5,00
<b>4ª Série</b>	5,29 $\pm$ 0,49	5,09 $\pm$ 0,30	5,00
<b>5ª Série</b>	5,27 $\pm$ 0,53	5,13 $\pm$ 0,28	5,00

Após a análise do quadro 11, verificamos que o intervalo de tempo realizado no teste Multijump (onde foram executados cinco saltos consecutivos) apresenta valores médios muito próximos entre as séries efectuados, situando-se no intervalo de 5 segundos. De salientar que devido a limitações metodológicas, se tentou ajustar o teste (realizando cinco saltos consecutivos) ao intervalo de tempo inferior a 6 segundos, o que foi alcançado em todas as séries do teste.

Relativamente ao teste de sprint de 35 metros (corrida), o intervalo de tempo situou-se também dentro do valor médio de cinco segundos. Tal como no teste Multijump, também neste protocolo tivemos limitações metodológicas quanto à standardização do tempo já que as células fotoeléctricas utilizadas não estão equipadas para medir a distância percorrida pelos sujeitos. Assim, tentou-se ao

máximo encontrar a distância na qual os sujeitos realizassem um intervalo de tempo aproximado aos cinco segundos.

No que diz respeito ao protocolo do sprint em cicloergómetro, apenas se apresentam o valor de tempo que foi estandardizado em cinco segundos, igual em todas as séries.

Podemos assim dizer que, os valores da variável tempo nos três protocolos se situam entre os 4 e 6 segundos.

### 2.5.2. Relação entre a altura do teste Multijump, velocidade média do teste Sprint 35m e potência do teste de Sprint em Cicloergómetro

De forma a poder estabelecer relações entre os protocolos executados, apresentam-se de seguida as correlações entre a altura de salto no teste Multijump, a velocidade média no teste de sprint de 35m e a potência máxima alcançada no teste de sprint em cicloergómetro. A variável altura do teste Multijump foi seleccionada para estabelecer as correlações que a seguir se apresentam, já que o valor da potência calculado no teste Multijump é bastante influenciado pelo valor da massa corporal do sujeito. Assim considera-se como indicador da performance a altura de salto. No teste de sprint 35m, foi utilizado o indicador velocidade média que representa a performance do teste e por fim no teste de sprint em cicloergómetro foi considerada a potência máxima atingida.

**Quadro 12:** Correlação momento de Pearson existente entre a altura de salto no teste Multijump, velocidade média no teste Sprint 35m e potência máxima no Sprint em Cicloergómetro na primeira série de cada um dos testes.

1ª Série			
Correlação de Pearson	Multijump	Sprint 35m	Sprint Cicloerg.
	Multijump	0,531*	
	Sprint 35m		0,229
	Sprint Cicloerg.	0,112	

\* A correlação é significativa para 0,05

**Quadro 13:** Correlação momento de Pearson existente entre a altura de salto no teste Multijump, velocidade média no teste Sprint 35m e potência máxima no Sprint em Cicloergómetro na segunda série de cada um dos testes.

<b>2ª Série</b>			
<b>Correlação de Pearson</b>	<b>Multijump</b>	<b>Sprint 35m</b>	<b>Sprint Cicloerg.</b>
<b>Multijump</b>		0,481*	
<b>Sprint 35m</b>			0,146
<b>Sprint Cicloerg.</b>	0,238		

\* A correlação é significativa para 0,05

Após a análise dos quadros 12 e 13, constatamos que existe uma correlação significativa entre a altura de salto atingida no teste Multijump e a velocidade média no sprint 35m, na 1ª e 2ª séries, não se verificando esta relação nas restantes séries. Esta relação entre a altura de salto do teste Multijump e a velocidade média no sprint 35m, poderá justificar-se eventualmente pelo facto de nos dois protocolos, os sujeitos terem de transportar o seu peso e pela força explosiva que exigem. Também Correia (2001), ao investigar as relações entre testes de avaliação da potência anaeróbia máxima em terreno e laboratório, encontrou correlações positivas e significativas entre a altura de salto do teste de impulsão vertical e a velocidade no sprint de 30m. De referir que a amostra era constituída por 20 sujeitos pós-pubertários masculinos e 21 femininos, não praticantes de actividade física. Apesar dos estudos contemplarem amostras diferentes, estes seguem a mesma direcção salientando a importância do valor da altura de salto como tradutor da performance do sujeito.

A potência máxima alcançada no sprint em cicloergómetro não se correlaciona significativamente com a potência alcançada no teste Multijump ao longo das cinco séries. Também a velocidade média registada em cada uma das séries do sprint 35m (corrida) não se correlaciona com a potência máxima alcançada no teste de sprint em cicloergómetro.

Segundo Beckenholt & Mayhew (1983) citado em Baker (1996), a potência anaeróbia tem sido classificada como sendo composta por dois componentes, um associado à velocidade e outro à massa corporal. Embora a massa corporal deva ser

considerada em todos os testes (com menos influência nos testes em cicloergómetro), nos testes de sprint (corrida), a componente velocidade exerce uma maior influência.

Os resultados encontrados por Baker (1996) num estudo onde investigou a relação entre os valores obtidos durante uma corrida no tapete rolante (não motorizado) e o cicloergómetro, durante 30 segundos em dez sujeitos, estudantes de Educação Física, mostram que embora a massa corporal seja um importante componente na avaliação da performance anaeróbia e segundo Manning et al. (1988), citado em Baker (1996), a especificidade do treino e a distribuição das fibras no músculo poderão dar um forte contributo na produção de força em actividades que requerem um esforço máximo em curtos períodos de tempo.

Desta forma, Baker (1996) refere ainda que apesar de existirem elevadas correlações entre as frequências cardíacas entre os testes em tapete rolante e cicloergómetro, estabelecendo-se uma relação entre as intensidades de trabalho dos dois testes, existem diferenças entre estes relacionadas com a carga de trabalho colocada a cada grupo muscular e ao total de massa muscular envolvida durante a realização de cada um dos testes.

Existem em cada um dos protocolos variáveis que os caracterizam especificamente e determinam o sucesso na sua performance.

Cada um destes protocolos tem como função avaliar a performance anaeróbia. Estes testes integram formas de exercício de curta duração inerentes à maior parte das modalidades desportivas. Há assim, que seleccionar os protocolos que mais se identificam com a modalidade para realizar uma avaliação da performance do indivíduo a mais aproximada da realidade com que se depara na modalidade que treina.

Ao compararmos três protocolos como a Impulsão vertical, o Sprint de corrida e o sprint em cicloergómetro, podemos retirar algumas elações acerca da sua utilização conjunta ou em parte, como por exemplo na realização de uma bateria de testes a uma equipa de uma dada modalidade. Tendo em conta os indicadores da performance anaeróbia como o valor da potência no cicloergómetro, velocidade média no sprint de corrida ou altura de salto no Ergojump e a concentração de lactato em cada uma das séries dos protocolos poderemos organizar e ordenar a ordem de realização dos testes, ou as séries a partir dos quais se começa a avaliar a performance anaeróbia. Pelos dados aqui apresentados, podemos sugerir que o teste de sprint de corrida poderia ser um dos últimos testes a realizar, já que pela análise

realizada às cinco séries efectuadas, a partir da 3<sup>a</sup> série iniciou-se o declínio da velocidade média, reflectindo provavelmente o aparecimento da fadiga geral. O teste de sprint em cicloergómetro de 5s, pelos resultados alcançados no presente estudo poderia eventualmente ser avaliado após algumas séries iniciais de preparação, já que os valores de potência máxima mais elevados foram atingidos após algumas quatro séries. O teste Multijump, poderia também possivelmente ser executado após algumas séries de exercitação, já que pelos resultados aqui apresentados, os valores de altura de salto e potência foram mais elevados após quatro séries máximas com uma duração de tempo inferior a 6 segundos.

Desta forma, relevamos aqui a necessidade de realizar testes cada vês mais específicos da actividade realizada. Um futebolista ao realizar um teste de avaliação da potência anaeróbia máxima em cicloergómetro, não estará no seu meio de performance natural, que se caracteriza pelo sprint e eventualmente a impulsão vertical. Devem-se ter em conta as características próprias de cada modalidade, seleccionando e ajustando os protocolos de avaliação da performance anaeróbia às suas exigências, procurando assim encontrar os resultados mais fiéis à realidade da actividade desportiva. Neste sentido, Beckenholdt *et al.* (1983), citado em Baker (1996), sugere que, quando avaliamos a performance anaeróbia, os procedimentos utilizados devem envolver testes projectados para se assemelharem o mais possível da habilidade que se está a avaliar.

### **2.5.3. Concentração de lactato nos três protocolos**

No quadro 14, podem ser observados os valores médios, mínimos e máximos da concentração de lactato no sangue, obtidos logo após as séries realizadas no teste Multijump, no teste de Sprint 35m (corrida) e no teste de Sprint de Cicloergómetro de 5s.

**Quadro 14:** Valores médios e respectivos desvios-padrão (média  $\pm$  desvio padrão), amplitude (valores máximos e mínimos) da concentração de lactato no sangue no teste de Multijump, de Sprint de 35m e Sprint em Cicloergómetro (5s).

<b>Concentração de Lactato (mmol/L)</b>						
	<b>Multijump</b>		<b>Sprint 35m</b>		<b>Sprint em Cicloergómetro</b>	
	<b>M <math>\pm</math> SD</b>	<b>[Min - Máx.]</b>	<b>M <math>\pm</math> SD</b>	<b>[Min - Máx.]</b>	<b>M <math>\pm</math> SD</b>	<b>[Min - Máx.]</b>
<b>1ª Série</b>	3,20 $\pm$ 0,71	2,13 - 5,08	4,31 $\pm$ 1,40	1,42 - 7,16	3,29 $\pm$ 1,12	2,02 - 5,95
<b>2ª Série</b>	3,53 $\pm$ 0,92	2,27 - 6,03	5,92 $\pm$ 1,56	2,85 - 9,5	4,05 $\pm$ 0,92	2,93 - 5,86
<b>3ª Série</b>	3,94 $\pm$ 1,14	2,25 - 6,92	7,45 $\pm$ 1,70	4,85 - 11,2	5,12 $\pm$ 1,24	3,23 - 7,88
<b>4ª Série</b>	4,17 $\pm$ 1,32	2,33 - 7,89	9,22 $\pm$ 1,96	6,54 - 14,7	5,75 $\pm$ 1,21	3,72 - 8,01
<b>5ª Série</b>	4,41 $\pm$ 1,47	2,59 - 8,40	10,61 $\pm$ 2,64	6,38 - 16,5	6,57 $\pm$ 1,67	3,6 - 8,68

O quadro 14 mostra-nos os valores médios da concentração de lactato no sangue em cada uma das primeiras cinco séries nos três protocolos realizados.

Os valores médios mais elevados para cada uma das séries são registados no teste de sprint de 35m, seguidos do teste de sprint em cicloergómetro. O teste Multijump apresenta os valores médios mais baixos, em todas as séries comparativamente com os restantes protocolos. Estes valores sugerem assim a existência de diferentes concentrações de lactato no sangue que poderão reflectir a participação da via glicolítica de forma mais geral ou local nos três protocolos. De forma a averiguar se podemos aferir acerca destas diferenças, apresentam-se de seguida dos resultados do teste t de Student para cada uma das séries dos três protocolos.

**Quadro 15:** Resultados do teste t de Student relativos à concentração de lactato no sangue nos três protocolos (Multijump, Sprint 35m e Sprint em Cicloergómetro), na 1ª série.

<b>Concentração de Lactato (mmol/L) - 1ª Série</b>			
	<b>Multijump</b>	<b>Sprint 35m</b>	<b>Sprint Cicloerg.</b>
<b>Multijump</b>		0,001**	
<b>Sprint 35m</b>			0,008*
<b>Sprint Cicloerg.</b>	0,665		

\*\* (P <0,01); \* (P <0,05)

Como podemos verificar pela análise do quadro 15, existem diferenças altamente significativas ( $p < 0,01$ ) na 1ª série, na concentração de lactato entre o teste Multijump e o teste de Sprint de 35m. Relativamente ao teste de Sprint 35m e sprint em Cicloergómetro existem diferenças estatisticamente significativas ( $p < 0,05$ ). O teste Multijump e Sprint em cicloergómetro não apresentam diferenças estatisticamente significativas quanto à concentração de lactato na 1ª série.

**Quadro 16:** Resultados do teste t de Student relativos à concentração de lactato no sangue nos três protocolos (Multijump, Sprint 35m e Sprint em Cicloergómetro), na 2ª série.

<b>Concentração de Lactato (mmol/L) - 2ª Série</b>			
	<b>Multijump</b>	<b>Sprint 35m</b>	<b>Sprint Cicloerg.</b>
<b>Multijump</b>		0,000**	
<b>Sprint 35m</b>			0,000**
<b>Sprint Cicloerg.</b>	0,010*		

\*\* (P < 0,01); \* (P < 0,05)

Na 2ª série dos três protocolos, verificam-se já diferenças estatisticamente significativas entre os três protocolos, quanto à concentração de lactato. Estas diferenças são altamente significativas entre o teste Multijump e Sprint de 35m e, o teste de Sprint em cicloergómetro e Sprint 35m.

**Quadro 17:** Resultados do teste t de Student relativos à concentração de lactato no sangue nos três protocolos (Multijump, Sprint 35m e Sprint em Cicloergómetro), na 3ª série.

<b>Concentração de Lactato (mmol/L) - 3ª Série</b>			
	<b>Multijump</b>	<b>Sprint 35m</b>	<b>Sprint Cicloerg.</b>
<b>Multijump</b>		0,000**	
<b>Sprint 35m</b>			0,000**
<b>Sprint Cicloerg.</b>	0,000**		

\*\* (P < 0,01)

Na 3ª série dos três protocolos, verificam-se diferenças altamente significativas entre os três protocolos, quanto à concentração de lactato o que nos indica a possível divergência de valores da concentração de lactato à medida que são realizadas as séries.

**Quadro 18:** Resultados do teste t de Student relativos à concentração de lactato no sangue nos três protocolos (Multijump, Sprint 35m e Sprint em Cicloergómetro), na 4ª série.

<b>Concentração de Lactato (mmol/L) - 4ª Série</b>			
	<b>Multijump</b>	<b>Sprint 35m</b>	<b>Sprint Cicloerg.</b>
<b>Multijump</b>		0,000**	
<b>Sprint 35m</b>			0,000**
<b>Sprint Cicloerg.</b>	0,000**		

\*\* (P <0,01)

Tal como na 3ª série, também na 4ª série dos três protocolos se verificam diferenças altamente significativas entre os três protocolos, quanto à concentração de lactato.

**Quadro 19:** Resultados do teste t de Student relativos à concentração de lactato no sangue nos três protocolos (Multijump, Sprint 35m e Sprint em Cicloergómetro), na 5ª série.

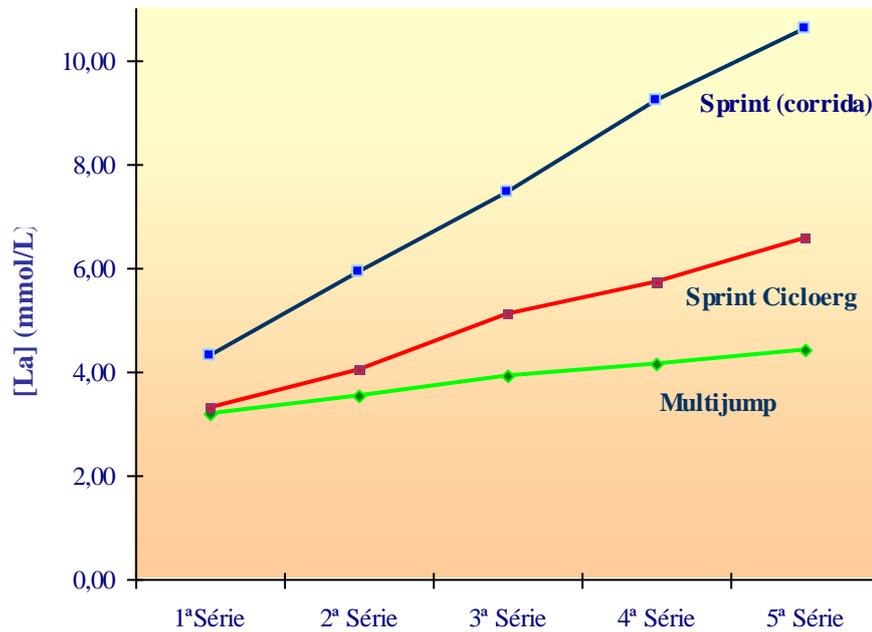
<b>Concentração de Lactato (mmol/L) - 5ª Série</b>			
	<b>Multijump</b>	<b>Sprint 35m</b>	<b>Sprint Cicloerg.</b>
<b>Multijump</b>		0,000**	
<b>Sprint 35m</b>			0,000**
<b>Sprint Cicloerg.</b>	0,000**		

\*\* (P <0,01)

Por fim na 5ª série dos três protocolos verificam-se também diferenças altamente significativas entre os três protocolos, quanto à concentração de lactato.

Estas diferenças ao longo das séries são facilmente constatáveis no gráfico 8.

**Evolução média da Concentração de Lactato de cada protocolo ao longo das 1<sup>a</sup>s 5 séries**



**Gráfico 8:** Evolução média da concentração de Lactato ([La]) no sangue em cada um dos protocolos realizados ( Sprint 35m, Sprint em cicloergómetro e Multijump) nas primeiras cinco séries.

Pela análise do gráfico 8, verificamos facilmente que diferença entre as concentrações de lactato dos protocolos realizados. Estas diferenças acentuam-se ao longo das cinco séries realizadas em todos os protocolos, como já foi analisado anteriormente.

Relativamente à contribuição do metabolismo anaeróbio láctico, constatamos uma participação desta via, pelos valores encontrados, após a realização da primeira série em cada um dos protocolos, observa-se valores superiores da concentração de lactato no sangue, aqueles encontrados por norma em repouso que, segundo Powers & Howley (1997), rondam 1 mmol/L. Assim, os valores aqui constatados de  $3,20 \pm 0,71$  mmol/L no teste Multijump,  $4,31 \pm 1,40$  mmol/L no teste de Sprint de corrida de 35m e de  $3,29 \pm 1,12$  mmol/L no teste de Sprint em Cicloergómetro, não devem ser negligenciados tendo em conta que foram realizados num intervalo de tempo inferior a 6 segundos.

Boobis (1982), citado em Bangsbo (1998) analisou a produção de energia anaeróbia, num exercício máximo em cicloergómetro, durante 6 e 30 segundos. Os resultados, encontrados através da biopsia muscular, mostram uma produção de 63 e 189 mmol\*Kg<sup>-1</sup> para 6 e 30 segundos respectivamente. A glicólise teve uma participação estimada em 53% e 64 % para 6 e 30 segundos, respectivamente.

Balsom *et al.* (1992), citado em Chamari *et al.* (2001), refere que o metabolismo anaeróbio aláctico poderia contribuir para a produção de energia desde o primeiro segundo de exercício. Esta hipótese é suportada pelo facto da glicólise e glicogenólise serem imediatamente activadas pelo Ca<sup>2+</sup> libertado na contracção muscular (Chasiotis *et al.*, 1982) (citado em Chamari *et al.*, 2001). Segundo Stainby (1986), citado em Chamari *et al.*, (2001), a activação da enzima fosforilase ocorre imediatamente após o início do exercício, desde que é activada pelo aumento do Ca<sup>2+</sup> intracitoplasmático causado pelo influxo da actividade nervosa.

Gaitanos *et al.* (1993), citado em Chamari *et al.* (2001), mostrou que 50% da energia produzida durante seis segundos de sprint intenso era proveniente do metabolismo aláctico e os restantes 50% fornecidos pela via glicolítica.

Baker *et al.* (1996) investigou a relação entre os valores obtidos durante uma corrida no tapete rolante (não motorizado) e o cicloergómetro, durante 30 segundos em dez estudantes de Educação Física, comparando os seus resultados através das concentrações de ácido láctico no sangue três minutos após o termino do exercício e outros três minutos após. Os resultados do estudo indicaram fortes correlações nos valores obtidos de produção de lactato e de potência gerada. Os valores de lactato obtidos no sprint em tapete rolante foram superiores aos valores alcançados no cicloergómetro. Também no estudo presente, se alcançaram resultados mais elevados da concentração de lactato no sprint de corrida, contudo há que salientar que Baker *et al.* (1996), utilizou o tapete rolante não motorizado e realizou um teste com uma duração superior. No entanto as características do exercício são similares.

Também os resultados encontrados por Chamari *et al.* (2001), em testes de impulsão vertical revelam que a concentração de lactato no sangue aumenta significativamente após exercícios muito intenso, sendo este resultado explicado pela activação do metabolismo anaeróbio láctico que participa na produção de energia e /ou na ressíntese da fosfocreatina para ser utilizada durante o exercício de curta duração.

Blonc *et al.* (1998) realizou um estudo acerca dos efeitos do tempo de recuperação no teste força-velocidade. Os resultados encontrados por Blonc *et al.* (1998), apontam no sentido de que a concentração de lactato não é um agente limitador da performance, como consideravam estudos anteriores que propuseram uma relação entre a concentração de lactato e fadiga. Também Balsom *et al.* (1992), citado Blonc *et al.* (1998), referiu que a concentração de lactato não parece afectar sprints de curta duração até um certo ponto. Blonc *et al.* (1998), considerou assim que o decréscimo da performance anaeróbia se deve ao pouco tempo de recuperação, (inferior a 1 minuto), sendo este insuficiente para a reposição das reservas de fosfocreatina.

Barbosa (2001), indo ao encontro dos resultados encontrados por Blonc *et al.* (1998), concluiu não haver qualquer influência dos valores da concentração de lactato na potência máxima alcançada, durante o teste Força-Velocidade.

Apesar das evidências apontarem para que a concentração de lactato não tenha influência na performance anaeróbia, esta representa um indicador importante de investigação da via glicolítica. Num estudo realizado por Medbø & Tabata (1993), citado em Bangsbo (1998), os resultados indicam que a produção de lactato pode representar uma parte substancial da energia anaeróbica produzida.

A performance anaeróbia envolve curtos períodos de exercício intenso, como por exemplo os sprints e os saltos, assentando predominantemente nos sistemas de energia imediata (sistema dos fosfagénios) e de curta duração (via glicolítica) (Baker, 1996). Torna-se assim fundamental conhecer os valores de concentração de lactato nos vários protocolos realizados para avaliação da performance anaeróbia. Os dados apresentados neste estudo, revelam haver uma diferente participação da via anaeróbia láctica ao longo de 5 séries de exercício máximo de curta duração em cada um dos protocolos. Estes dados podem e devem ser considerados, quando se realiza uma bateria de testes em atletas na qual realizamos um conjunto de testes que pode envolver o sprint /corrida, a impulsão vertical e mesmo o sprint em cicloergómetro. Poderemos então, ordenar a realização dos testes pelos valores de acumulação de lactato, tendo em consideração que no sprint de corrida poderão eventualmente ser encontrados os maiores valores de lactato. Segundo Baker (1996), as maiores concentrações de lactato encontradas no teste de corrida podem resultar de um maior envolvimento da massa muscular utilizada quando comparado com o teste em cicloergómetro.



## **CAPITULO VI**

### **CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

Apresentamos de seguida as principais conclusões deste estudo, tendo em conta os resultados obtidos bem como a discussão realizada no capítulo anterior. Serão também apresentadas algumas recomendações e sugestões para dar continuidade à investigação na área em estudo.

#### **1. CONCLUSÕES**

Atendendo ao resultados obtidos, podemos concluir que:

- A concentração de lactato no sangue verificada após a realização da primeira série dos testes Multijump, Sprint de 35m (corrida) e Sprint em Cicloergómetro (5s), realizado num intervalo de tempo inferior a 6 segundos, vem confirmar que mesmo em exercício máximo com poucos segundos de duração existe uma participação da via glicolítica.

- Até cinco séries de realização do teste Multijump, não se verificou um declínio da potência muscular, não se tendo alcançado o estado de fadiga. As cinco séries realizadas por todos os indivíduos da amostra, provavelmente, poderão ter sido insuficientes para revelar um possível estado de fadiga local, dadas as características do protocolo. Estes resultados levam a sugerir a necessidade da realização de um aquecimento mais específico do teste que se realiza. As concentrações de lactato encontradas aumentaram significativamente ao longo das cinco séries, não se estabelecendo qualquer relação entre a sua acumulação e a quebra dos valores de potência anaeróbia.

- Após a execução de cinco séries do teste de Sprint 35m (corrida), verificou-se um declínio dos valores de velocidade média a partir da 3ª série realizada. Quanto

ao tipo de fadiga associado ao teste, tendo em conta que a corrida recruta mais de 2/3 dos grupos musculares, podemos eventualmente apontar para a fadiga geral. Poderá estabelecer-se uma relação entre as fibras rápidas do tipo IIB e a realização dos sprint repetidos, que poderão possivelmente ter influenciado o declínio da velocidade média. As concentrações de lactato em cada uma das cinco séries apresentam os valores médios mais elevados dos três protocolos realizados. As maiores concentrações de lactato encontradas no teste de sprint de 35m (corrida) podem resultar de um maior envolvimento da massa muscular na realização do teste.

- No teste de Sprint em Cicloergómetro (5s), não encontramos um declínio da potência máxima até à quinta série, não se revelando assim o estado de fadiga. O facto de se terem atingido os valores mais elevados de potência máxima na quinta série realizada, leva-nos a sugerir que o aquecimento para sprints de curta duração (inferior a 6 segundos) apesar de específico deverá ser mais intenso. Quanto aos valores médios da concentração de lactato no sangue, verificamos também um incremento gradual ao longo das cinco séries, acompanhando o aumento dos valores de potência máxima atingida.

- Foi encontrada uma correlação significativa entre a altura de salto atingida no teste Multijump e a velocidade média no sprint 35m, na 1ª e 2ª séries. Esta relação entre a altura de salto do teste Multijump e a velocidade média no sprint 35m, poderá justificar-se eventualmente pelo facto de nos dois protocolos, os sujeitos terem de transportar o seu peso e pela força explosiva que exigem. A potência máxima alcançada no sprint em cicloergómetro não se correlaciona significativamente com a altura de salto alcançada no teste Multijump ao longo das cinco séries. Também a velocidade média do sprint 35m (corrida) não se correlaciona com a potência máxima alcançada no teste de sprint em cicloergómetro. Existem em cada um dos protocolos variáveis que os caracterizam especificamente e determinam o sucesso na sua performance. Devem-se ter em conta as características próprias de cada modalidade, seleccionando e ajustando os protocolos de avaliação da performance anaeróbia, procurando encontrar os resultados mais fiéis à realidade da actividade desportiva.

- Os dados apresentados neste estudo, revelam haver uma diferente participação da via anaeróbia láctica ao longo de 5 séries de exercício máximo de curta duração em cada um dos protocolos. Estes dados podem e devem ser considerados, quando se realiza uma bateria de testes em atletas na qual realizamos um conjunto de testes que pode envolver o sprint /corrida, a impulsão vertical e mesmo o sprint em cicloergómetro. Poderemos então, ordenar a realização dos testes pelos valores de acumulação de lactato, tendo em consideração que no sprint de corrida poderão eventualmente ser encontrados os maiores valores de lactato.

## **2. SUGESTÕES E RECOMENDAÇÕES**

Face aos resultados obtidos, este trabalho trouxe um conjunto de novas informações que devem ser colocadas em estudo, podendo este estudo ser um precursor de trabalhos realizados neste âmbito.

Assim, deixam-se as seguintes recomendações:

- Realizar o mesmo estudo integrando um teste de avaliação da via anaeróbia de forma a ter um indicador da participação desta via ( $VO_2$  máx.) nos três protocolos realizados.

- Incluir entre outros instrumentos de avaliação, a electromiografia, de forma a avaliar a acção directa da fadiga na contracção muscular.

- Realizar um maior número de séries para todos os indivíduos da amostra, de forma a analisar o momento da fadiga nos protocolos Multijump e Sprint em Cicloergómetro.

- Averiguar a influência de aquecimentos específicos com várias intensidades e durações no momento de obtenção dos valores mais elevados de potência.

- Efectuar o presente estudo para uma população de atletas de modalidades que se adaptam aos protocolos realizados e que exigem a solicitação predominante do metabolismo anaeróbio.



## CAPITULO VII

### BIBLIOGRAFIA

Adams, G. M. (1998). *Exercise Physiology Laboratory manual* (3ª Ed.). McGraw-Hill.

Armstrong, N. & Welsman J. (2000). *Young People and Physical Activity*, pp.32-45. Oxford: Oxford University Press.

Armstrong, N. & Welsman J. (1998). Assessing Postexercise Lactates in Children and Adolescents. IN Van Praagh, E. (ed.), *Paediatric Anaerobic Performance*, pp.137-149. USA: Human Kinetics.

Asmussen, E. (1979). Muscle Fatigue. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 11 (4), pp. 313-321.

Baker, J. S., Ramsbottom, R. & Hazeldine R. (1996). Anaerobic Protocols, Lactate production and Power Outputs. *Journal of Human Movement*, 30 (2) pp. 89-102.

Bangsbo, J. (1998). Quantification of anaerobic energy production during intense exercise. *Medicine & Sciences in Sports & Exercise*, 30 (1), pp.47-52.

Barbosa (2001), Influência da Concentração de Lactato na Potência Anaeróbia, Monografia de Licenciatura. Coimbra: FCDEF-UC.

Blonc, S., Casas, H., Duche, P., Beaune, B. & Bedu, M. (1998). Effect of Recovery Duration on the Force-Velocity Relationship, *International Journal of Sports Medicine*, 19, pp.272-276.

Chamari, K., Ahmaidi, S., Blum, J., Hue O., Temfemo, A., Hertogh, C., Mercier, B., Préfaut, C. & Mercier, J. (2001). Venous blood lactate increase after vertical jumping

in volleyball athletes. *European Journal of Applied Physiology*, 85 (1/2), pp. 191-194.

Correia, R. F. (2001), *Avaliação da Potência anaeróbia Máxima, Testes laboratoriais vs. Testes de Terreno*. Monografia de Licenciatura. Coimbra: FCDEF-UC.

Fernández-Castanys, B. & Fernández, M. (2003). *La preparación biológica en la formación integral del deportista*. (1ª Ed.). Barcelona: Editorial Paidotribo

Gastin, P. B. (2001). Energy System Interaction and Relative Contribution During Maximal Exercise. *Sports Medicine*, 31 (10), pp. 725-741.

Green, H. J. (1995). Metabolic Determinants of Activity Induced Muscular Fatigue. IN Hargreaves, M. (Ed.), *Exercise Metabolism*, pp. 211-232. USA: Human Kinetics.

Guyton, A. & Hall, J. (1997). *Tratado de Fisiologia Médica* (9ª Ed.), Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan.

Guyton, A. & Hall, J. (1998). *Fisiologia Humana e Mecanismos das Doenças* (6ª Ed.). Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan.

Hautier, C. A., Belli, A. & Lacour, J-R. (1998). A Method for Assessing Muscle Fatigue during Sprint Exercise in Humans using a friction-loaded cycle ergometer. *European Journal of Applied Physiology*, 12, pp.231-235.

Karatzafiri, C., Giakas, G. & Ball, D. (1999). Fatigue Profile: A Numerical Method to Examine Fatigue in Cycle Ergometry. *European Journal of Applied Physiology*. 80, pp. 508-510.

McArdle, W., Katch, F. & Katch, V. (1998). *Fisiologia do exercício, Energia, Nutrição e Desempenho Humano*. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan.

McCartney, N., Heigenhauser, G. & Jones, N. (1983). Effects of pH on maximal Power output and fatigue during short term dynamic exercise. *Journal of Applied Physiology*, 55, pp. 225-229.

MacLaren, D. (1982). Fatigue in Repeated Jumping. *Volleyball Technical Journal*, 7 (1), pp. 37-42.

Pereira, J. G. (1984). *A Fadiga Muscular em Treino Desportivo*. Projecto Curricular – FMH.

Powers, S. & Howley, E. (1997). *Exercise Physiology, Theory and Application to Fitness and Performance*. (3<sup>a</sup> Ed.), Madison: Brown & Benchmark Publishers.

Robergs, R. & Roberts, S. (1997). *Exercise Physiology – Exercise, Performance and Clinical Application*. Mosby.

Santos, A.M., Welsman, J.R., De Ste Croix, M. & Armstrong, N. (2002). Age- and Sex-Related Differences in Optimal Peak Power. *Pediatric Exercise Science*, 14, pp. 202-212.

Sargeant, A. J. (1994). Human Power Output and Muscle Fatigue. *International Journal of Sports Medicine*, 15 (3), pp. 116-121.

Seeley, R., Stephens, T. & Tate, P. (1997). *Anatomia & Fisiologia* (1<sup>a</sup> Ed.). Lisboa: Lusodidacta.

Smilios, I. (1998). Effects of varying levels of muscular fatigue on vertical jump performance. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 12 (3), pp. 204-208.

Sobral, F. & Silva, M. (1997). *Cineantropometria – Curso Básico*. Textos de Apoio – FCDEF-UC.

Spriet, L. (1995). Anaerobic Metabolism during High-Intensity Exercise. IN Hargreaves, M. (Ed.), *Exercise Metabolism*, pp. 1-40. USA: Human Kinetics.

Williams, C. A. (1997). Children's and Adolescents Anaerobic Performance During Cycle Ergometry. *Sports Medicine*, 24 (4), pp. 227-240.

**ANEXO**

**Termo de Consentimento**

## Termo de Consentimento

Eu, \_\_\_\_\_, aceito participar na realização do trabalho de seminário da discente, Sara Faustino, da Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra, estando as discentes sob orientação do Mestre Amândio Manuel Cupido dos Santos e a coordenação do Professor Doutor Carlos Alberto Fontes Ribeiro.

Neste trabalho, propomo-nos a avaliar alguns parâmetros fisiológicos, nomeadamente a potência anaeróbia máxima, a capacidade anaeróbia, o índice de fadiga e a lactatémia. Para tal, será necessário realizar alguns testes, tais como: 5 séries do Teste de Sprint em Cicloergómetro (5 seg), Teste Força-Velocidade (cerca de 7/8 seg em cicloergómetro), Testes de Impulsão Vertical (execução de 5 saltos máximos no Ergojump), Sprint de 35m em velocidade. Serão de igual modo, realizadas medições antropométricas (Massa Corporal, Estatura, Altura Sentado, Pregas de Gordura Subcutâneas e Circunferências) e a recolha de lactato sanguíneo em alguns testes referidos anteriormente, por meio de uma picadela no dedo.

A realização dos testes decorrerá no Laboratório de Biocinética da Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra, em data a determinar conjuntamente com os alunos e seminaristas.

Percebo a natureza do meu envolvimento nas sessões e serei livre de desistir em qualquer momento.

Coimbra, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2004

---

(Assinatura do Aluno)