

**AVALIAÇÃO DOS NÍVEIS DE FORÇA EXPLOSIVA
DOS MEMBROS INFERIORES E DA TÉCNICA DE
CORRIDA À VELOCIDADE DO LIMIAR
ANAERÓBIO E VELOCIDADE MÁXIMA EM
CORREDORES DE MEIO-FUNDO E FUNDO.**

Nuno Monteiro Martins

Porto, 2009

**AVALIAÇÃO DOS NÍVEIS DE FORÇA EXPLOSIVA
DOS MEMBROS INFERIORES E DA TÉCNICA DE
CORRIDA À VELOCIDADE DO LIMIAR
ANAERÓBIO E VELOCIDADE MÁXIMA EM
CORREDORES DE MEIO-FUNDO E FUNDO.**

Monografia realizada no âmbito da disciplina de Seminário do 5º ano da Licenciatura em Desporto e Educação Física, Opção Complementar de Desporto de Rendimento de Atletismo, da Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.

Orientador: Prof. Doutor Paulo Colaço

Nuno Monteiro Martins

Porto, Outubro de 2009

Provas de licenciatura

Martins, N. (2009). *Avaliação dos níveis de força explosiva dos membros inferiores e da técnica de corrida à velocidade do limiar anaeróbio e velocidade máxima em corredores de meio-fundo e fundo*. Porto: N. Martins. Dissertação de Licenciatura apresentada à Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.

PALAVRAS CHAVE: Meio Fundo e Fundo, Pliometria, Técnica, Limiar Anaeróbio

Agradecimentos

- Ao Orientador deste trabalho, o Prof. Doutor Paulo Colaço, pelo seu apoio, pela possibilidade de uma aprendizagem constante ao longo do ano e por me ter dado a oportunidade de realizar este trabalho.
- Ao João Peralta, José Pala, Natália Lage, Pedro Guimarães e Susana Martins pela colaboração, pela disponibilidade demonstrada na realização dos testes e pelo apoio dado na realização deste trabalho.
- À FPA por tornar possível este trabalho;
- A todos os atletas que constituem a amostra deste estudo.
- A todos os colegas que me acompanharam ao longo desta licenciatura, em especial ao Jorge e ao Macieira, amigos que ficam para a vida.
- A todos os meus amigos, em especial ao Pedro e ao Tiago que me acompanham desde sempre em todos os momentos.
- À Ana por teres estado ao meu lado a apoiar-me sempre que necessitei, por tudo aquilo que me deste e me ensinaste e pela paciência nos momentos de menor disponibilidade.
- Ao meu irmão pelo seu apoio incondicional.
- Aos meus Pais por me proporcionarem a todos os níveis as condições para realizar esta licenciatura e por toda a educação que me deram, tudo o que sou e tenho de melhor devo-o a eles.

... A TODOS OBRIGADO!

Índice Geral

	Pág.
Agradecimentos	V
Resumo	XIII
Abstract	XV
Resumé	XVII
Lista de Abreviaturas e Símbolos	XIX
1. Introdução	1
2. Revisão da literatura	7
2.1. Técnica	9
2.2. Pliometria	17
2.3. Limiar Anaeróbio	25
3. Objectivos e Hipóteses	31
3.1. Objectivos	33
3.1.1. Objectivo Geral	33
3.1.2. Objectivos Específicos	33
3.2. Hipóteses	33
4. Material e Métodos	35
4.1. Caracterização da amostra	37
4.2. Procedimentos	37
4.2.1. Procedimentos utilizados na determinação da amplitude de passo, da variação angular e da V4	38
4.2.1.1. Teste de determinação do limiar anaeróbio	38
4.2.1.2. Teste de duas velocidades	39

4.2.1.3. Análise cinemática	39
4.3. Procedimentos utilizados na determinação da força explosiva e contributo da capacidade elástica do músculo	40
4.4. Procedimentos matemáticos e estatísticos	41
5. Resultados	43
5.1. Avaliação da força explosiva e do contributo da capacidade elástica do músculo	45
5.2. Análise cinemática	46
5.2.1. Amplitude da passada	46
5.2.2. Variação angular	48
6. Discussão	53
6.1. Força explosiva e contributo da capacidade elástica do músculo	55
6.2. Análise cinemática	60
7. Conclusões	65
8. Bibliografia	69

Índice de Figuras

	Pág.
Figura 1. Modelo de Hill, representativo do comportamento do músculo, com três elementos (Nagano et al., 2004)	18
Figura 2. Esquema de duas pontes cruzadas após contracção isométrica e excêntrica (Huxley e Simmons, 1971 cit. Por Herzog, 1997).	19

Índice de Quadros

	Pág.
Quadro 1. Recordes nacionais e mundiais no MFF (Adaptado de IAAF [International Amateur Athletic Federation], 2009; FPA [Federação Portuguesa de Atletismo], 2009).	9
Quadro 2. Velocidade média (k/h) para os recordes nacionais e mundiais no MFF.	9
Quadro 3. Parâmetro da corrida em diferentes distâncias de MFF (Ballesteros, 1990).	13
Quadro 4: Síntese de estudos relacionados com os efeitos do treino pliométrico no salto vertical (Adaptado de Markovic, 2007).	23
Quadro 5. Síntese dos resultados obtidos em alguns estudos com corredores de MFF relativos ao treino pliométrico e a sua influência na performance.	25
Quadro 6. Valores de n nos diferentes momentos de avaliação.	37
Quadro 7. Tempos de passagem a cada 200m metros para as velocidades compreendidas entre 3 e 5,4 m/s. (Colaço, 2007).	38
Quadro 8. Valores máximos e respectivas médias e desvio padrão, obtidos na avaliação da força máxima nos teste SJ e CMJ, nos três momentos de avaliação no ergojump.	45
Quadro 9. Valores da correlação (Pearson) entre os saltos realizados nos três momentos de avaliação no ergojump.	46
Quadro 10. Valores da análise cinemática às dimensões amplitude da passada e amplitude de passo em ambos os M.I., no patamar com a velocidade mais próxima da V4 de cada um dos atletas.	48
Quadro 11. Valores da análise cinemática às dimensões amplitude da passada e amplitude de passo em ambos os M.I. à Vmáx no teste de 2 velocidades.	49
Quadro 12. Valores da análise cinemática relativa à variação angular de três instantes da corrida no patamar com a velocidade mais próxima da V4 de cada um dos atletas.	50
Quadro 13: Valores da análise cinemática relativa à variação angular de três instantes da corrida no patamar referente à Vmáx no Teste de 2 Velocidades.	51
Quadro 14. Média em metros dos valores máximos obtidos nos testes de força explosiva.	56

Quadro 15: Valores máximos da diferença entre o SJ e o CMJ entre o 1º momento (ergojump em repouso) e o 5º momento de avaliação (ergojump após teste de duas velocidades).	59
Quadro 16. Valores médios relativos à amplitude de passo a diferentes intensidades.	60
Quadro 17: Valores mínimos e máximos, em metros, da diferença entre a amplitude de passada dos dois M.I. à Vmáx.	61
Quadro 18. Valores da variação angular de um dos atletas nos três instantes considerados e respectivas diferenças entre o M.I. direito e esquerdo.	62
Quadro 19. Valores médios da análise cinemática relativa à variação angular de três instantes da corrida no patamar com a velocidade mais próxima da V4 e à velocidade máxima.	62

Resumo

A performance no Meio Fundo e Fundo está dependente de diversos factores, sendo a Economia de Corrida um dos aspectos que discrimina o desempenho para estas distâncias, já que relaciona a capacidade aeróbia com a de manutenção de uma elevada velocidade de corrida. Tendo em conta que a eficácia com que é aplicada a força no solo se pode relacionar com este indicador e com a capacidade de maximizar a velocidade de corrida, será importante potenciar a capacidade de manifestação de força explosiva e de aproveitar a força potencial elástica acumulada. Uma maximização da velocidade deverá ter reflexos a nível técnico, podendo-se relacionar uma maior capacidade de projecção vertical do centro de massa com o nível de força explosiva de cada atleta.

A amostra do nosso estudo foi constituída por um grupo de 38 atletas de Meio Fundo e Fundo com uma média de idades de $24,38 \pm 5,64$. O principal objectivo do nosso trabalho consistiu em estabelecer a relação dos níveis de força explosiva com alguns parâmetros de técnica de corrida à velocidade do limiar anaeróbio e à velocidade máxima em corredores de MFF. Foi avaliada a força explosiva dos atletas (ergojump) e realizada uma análise cinemática da corrida no teste de determinação do limiar anaeróbio e no teste de velocidade máxima.

Principais resultados: Squat Jump: pré-teste $0,296 \pm 0,05$, após teste de determinação do limiar anaeróbio $0,346 \pm 0,102$, após teste de duas velocidades $0,318 \pm 0,047$; Counter Movement Jump: pré-teste, $0,318 \pm 0,063$ após teste de determinação do limiar anaeróbio $0,356 \pm 0,122$. A correlação entre o SJ e CMJ pré-teste foi de $R=0,520$, $p=0,001$, nos restantes momentos não se verificam correlações significativas. Na análise cinemática da corrida à V4: amplitude de passada $3,31 \pm 0,53$, amplitude de passo entre M.I. direito e esquerdo $1,66 \pm 0,29$, amplitude de passo entre M.I. esquerdo e direito $1,66 \pm 0,25$; na corrida à Vmax: amplitude de passada $5,55 \pm 0,5$, amplitude de passo entre M.I. direito e esquerdo $1,79 \pm 0,26$, amplitude de passo entre M.I. esquerdo e direito $1,77 \pm 0,25$.

As conclusões do nosso estudo foram: i) não foi possível estabelecer uma relação entre a manifestação de força explosiva e os indicadores técnicos avaliados; ii) a activação muscular prévia resultou de um esforço predominantemente aeróbio que o teste de determinação do limiar anaeróbio permitiu a obtenção de valores médios no SJ e no CMJ superiores ao verificado em repouso; iii) a realização de um esforço máximo permitiu obtenção de valores médios no SJ e no CMJ superiores ao verificado em repouso; iv) não se verificaram alterações significativas relativamente aos indicadores técnicos avaliados na corrida à V4 e à Vmax, v) a relação entre o SJ e o CMJ vai-se perdendo ao longo da realização dos testes, evidenciando uma perda significativa dos níveis de força elástica após a realização de um esforço aeróbio e anaeróbio. Estes resultados parecem sugerir que a metodologia de treino dos corredores portugueses, parece dar pouca atenção ao desenvolvimento da componente elástica na corrida, associada a uma possível inexistência de treino pliométrico nestes atletas.

PALAVRAS CHAVE: MEIO FUNDO E FUNDO, PLIOMETRIA, TÉCNICA, LIMIAR ANAERÓBIO

Abstract

Middle and Long distance running performance depends on several factors, with Running Economy as a differentiator of performance capability, as it relates aerobic capacity with the ability of sustaining a high running velocity. As the efficiency with which the force is applied to the ground is related with this indicator and the ability to maximize running velocity, it is important to potentiate the capacity to manifest explosive force and to use accumulated potential elastic energy. Speed maximization should reflect itself on a technical level, as the capacity to a higher center of mass vertical projection. Our work's main purpose was to establish the relationship between explosive strength and some technical parameters at anaerobic threshold running speed and maximum velocity in middle and long distance runners.

Our study's samples was consisted of 38 middle and long distance runners, with an age average of $24,38 \pm 5,64$. Explosive force was assessed through ergojump and cinematic analysis of lactate threshold determination run and maximum velocity test run.

Main results: Squat Jump: pre-test $296 \pm 0,05$, after Anaerobic Threshold determination test: $0,346 \pm 0,102$, after two-speed test $0,318 \pm 0,047$; Counter Movement Jump: pre-test: $0,318 \pm 0,063$, after Anaerobic Threshold determination test: $0,356 \pm 0,122$. Pearson's R for SJ and CMJ pre-test: 0,520, $p=0,001$. There were no other statistically significant correlations. The cinematic analysis of the V4 race: Step length $3,31 \pm 0,53$, right foot to left foot step length $1,66 \pm 0,29$, left foot to right foot step length: $1,66 \pm 0,25$; Vmax Race: Step length $5,55 \pm 0,5$, right foot to left foot step length $1,79 \pm 0,26$, left foot to right foot step length: $1,77 \pm 0,25$.

This work's main conclusions were: i) it wasn't possible to establish a relation between explosive force and the analyzed technical parameters; ii) pre-activation due to a more aerobic effort than the lactate threshold test allowed for a better performance average in the SJ and CMJ than those obtained at rest; iii) the maximal effort allowed for a better performance average in the SJ and CMJ than those obtained at rest; iv) no significant changes were observed in the technical parameters between V4 and Vmax runs; v) the relationship between SJ and CMJ fades along the test protocol, showing a significant loss of elastic strength levels after an aerobic and anaerobic effort. These results suggest that Portuguese training methodology gives little attention to the development of racing's elastic component, associated with little to no use of pliometric training in these athletes.

KEY WORDS: MIDDLE AND LONG DISTANCE RUNNING, PLYOMETRICS, TECHNICAL, ANAEROBIC THRESHOLD.

Resumé

La performance dans les courses de demi-fond et fond est dépendante de plusieurs facteurs, l'économie physique pendant la course est l'un des aspect le plus important pour ces distances, ceci est lié à la capacité aerobique de l'athlète lors du maintien d'une vitesse élevée. En tenant compte de l'efficacité avec laquelle est appliquée la force au sol est en relation avec la capacité à maximiser la vitesse de course, il est important de mesurer la capacité de manifestation de force explosive et de prendre en compte la force potentiel élastique accumulée. La maximisation de la vitesse doit refléter un niveau technique, pouvant mettre en relation une meilleure capacité de projection verticale du centre de masse et du niveau de force explosive de chaque athlète.

Un échantillon de notre étude a été réalisé par un groupe de 38 athlètes de mi fond et de fond avec une moyenne d'âge de $24,38 \pm 5,64$. L'objectif principal de notre travail consistait à établir la relation des niveaux de forces explosives avec quelques paramètres de technique de course à des vitesses de seuil aerobique et à des vitesses maximum en couloirs MFF. La force explosive des athlètes a été validée (ergojump) et une analyse cinématique de course dans le test de détermination du seuil anaerobique et dans le test de vitesse maximale, a été réalisé.

Principaux résultats: Squat jump: pré-test $0,296 \pm 0,05$, depuis le test de détermination du seuil anaerobique $0,346 \pm 0,102$, depuis le test de deux vitesses $0,318 \pm 0,047$; Counter movement Jump (saut de contre mouvement): pré-test $0,318 \pm 0,063$ après le test de détermination du seuil anaérobique $0,356 \pm 0,122$. La corrélation en pré-test entre le SJ et le CMJ a été de $R=0.520$, $p=0,001$, les moments restants n'ont pas présenté de corrélations significatives. Dans l'analyse cinématique de la course à V4: l'amplitude de double pas $3,31 \pm 0,53$, amplitude de pas entre M.I droit et gauche $1,66 \pm 0,29$, amplitude de pas entre MI gauche et droit $1,66 \pm 0,25$; en course à Vmax : amplitude de double pas $5,55 \pm 0,5$, amplitude de pas entre MI droit et gauche $1,79 \pm 0,26$, amplitude de pas entre Mi gauche et droit $1,77 \pm 0,25$. Les conclusions principales de notre étude étaient: i) il n'a pas été possible d'établir une relation entre la manifestation de force explosive et les indicateurs techniques valides; ii) l'activation musculaire a prévue le resultat d'une force aérobique et le test de détermination d'un seuil anaerobique a permis l'obtention de valeurs moyennes du SJ et du CMJ supérieures à la vérification au repos; iii) la réalisation d'un effort maximal a permis l'obtention de valeurs moyennes du Dj et du CMJ supérieures à la vérification au repos; iv) les altérations significatives relatives aux indicateurs techniques valides dans la course V4 à Vmax ne sont pas vérifiées; v) la relation entre le Sj et le CMJ va se perdre au fur et à mesure de la réalisation des tests., mettant en évidence une perte significative des niveaux de force élastique depuis la réalisation d'un effort aerobique et anaerobique. Ces résultats suggèrent que la metodologia d'entraînement des coureurs portugais, donne peu d'attention à l'augmentation de la composante élastique dans la course, associé à une possible inexistence d'entraînement pliométrique chez ses athlètes

MOTS-CLÉS: DEMI-FOND ET FOND, PLIOMÉTRIQUE, TECHNIQUE, SEUIL ANAÉROBIC.

Lista de Abreviaturas e Símbolos

MFF	Meio Fundo e Funfo
O2	Oxigénio
V4	Velocidade de corrida correspondente a uma lactatémia de 4 mmol/l
VO2max	Consumo máximo de oxigénio
M.I.	Membros inferiores
Vmax	Velocidade máxima

1.Introdução

1. Introdução

Um aspecto essencial para um atleta de MFF passa pela sua capacidade de manter elevadas taxas energéticas por períodos de tempo mais ou menos longos, não comprometendo a manutenção de um equilíbrio necessário à manutenção do seu esforço. Isto implica que o atleta seja capaz de manter uma elevada velocidade recorrendo a uma fracção do seu $\text{VO}_{2\text{máx}}$ mais baixa possível.

O conceito de economia, definido como o consumo de O_2 para uma determinada velocidade submáxima de corrida apresenta-se então como decisivo (Daniels, 1985). Esta capacidade pode ser influenciada por factores como o sexo, treino, idade e variáveis técnicas como a amplitude de passada e variação angular, tipo de fibras musculares e capacidade de utilização de energia potencial elástica (Bailey e Pate, 1991).

O CAE, implica a potenciação de uma contracção concêntrica quando precedida de uma contracção excêntrica, pela acumulação de energia potencial elástica do musculo (Aura e Komi, 1986). O treino pliométrico é usado como meio de elevar a capacidade de aplicação de força explosiva, pelo recurso a exercícios que o privilegiem, procurando assim elevar o aproveitamento da energia potencial elástica gerada na fase excêntrica do movimento. Luhtanen e Komi (1979) no seu estudo reconhecem o CAE como um dos factores mecânicos que influenciam a velocidade de corrida, já que a aplicação de força no solo é precedida de uma fase de amortecimento que implica uma contracção excêntrica.

O desenvolvimento destes mecanismos poderá ter implicações a nível da capacidade de alcançar velocidades superiores em determinados momentos de uma prova e também a nível da economia de corrida, permitindo pela potenciação do CAE aumentar a eficácia da aplicação de força no solo. Esta necessidade de maximizar velocidade de corrida, poderá levar à procura de uma alteração da técnica destes atletas, adoptando uma corrida mais próxima do que se verifica num velocista e por isso mais centrada no rendimento e menos na economia do gesto (Williams e Cavanagh, 1987).

Uma vez que os aspectos técnicos e os condicionais não se podem dissociar, no nosso trabalho definimos como objectivo principal estudo estabelecer a relação dos níveis de força explosiva com alguns parâmetros de técnica de corrida à velocidade do limiar anaeróbio e velocidade máxima em corredores de MFF.

Consideramos ainda como objectivos secundários: i) Determinar de que forma a realização de esforço predominantemente aeróbio e máximo influencia a manifestação de força explosiva e capacidade de aproveitamento da energia potencial elástica; ii) Verificar a existência de diferenças entre alguns indicadores técnicos à V4 relativamente à corrida realizada à Vmax; iii) Verificar a existência de uma relação entre o SJ e CMJ realizado em repouso, após esforço predominantemente aeróbio e após esforço anaeróbio; v) Verificar se os atletas que apresentam melhor diferença entre o SJ e CMJ, a mantêm após esforço predominantemente aeróbio e após esforço máximo.

De acordo com objectivos definidos, formularam-se as seguintes hipóteses: i) a manifestação de força explosiva relaciona-se com os indicadores técnicos determinados na análise cinemática; ii) uma activação muscular prévia resultado de um esforço predominantemente aeróbio permitirá a manifestação de níveis de força explosiva mais elevados em atletas de MFF; iii) a realização de um esforço máximo deverá ter repercussões negativas na capacidade de manifestação de força explosiva em atletas de MFF; iv) os atletas de MFF não demonstram alterações significativas nos seus indicadores técnicos entre uma corrida à V4 e à Vmax; v) os atletas que apresentam valores mais elevados no SJ, no CMJ e na diferença entre eles em repouso, também o revelam após esforço predominantemente aeróbio e após esforço máximo.

Este trabalho apresenta-se estruturado em 8 capítulos, organizados da seguinte forma:

1. Introdução - No presente capítulo apresentamos o enquadramento teórico e prático que levou à realização deste trabalho assim como os objectivos, hipóteses e de que forma se encontra estruturado este trabalho;

2. Revisão bibliográfica – Neste capítulo apresentamos a base teórica que justifica pertinência deste estudo, por uma análise do conhecimento actual na área da análise da técnica de corrida, do treino pliométrico e da utilização do limiar anaeróbio;
3. Objectivos e Hipóteses – Apresentamos o objectivo geral e objectivos específicos e, tendo-os em conta, formulamos as hipóteses do nosso trabalho;
4. Material e métodos – Neste capítulo são caracterizadas a amostra que constituiu o nosso estudo, descritas as metodologias de cada uma das avaliações realizadas e indicados os procedimentos estáticos e matemáticos utilizados no trabalho;
5. Resultados – Apresentam-se os resultados das avaliações e respectivo tratamento estatístico realizado;
6. Discussão – Tendo em conta o conhecimento teórico actual, são discutidos neste capítulo os principais resultados obtidos;
7. Conclusões – De acordo com a discussão desenvolvida no capítulo anterior, neste são apresentados as principais conclusões que podemos retirar deste estudo;
8. Bibliografia – Neste capítulo apresentam-se as referências bibliográficas correspondentes à pesquisa efectuada para a realização deste trabalho.

2.Revisão Bibliográfica

2. Revisão Bibliográfica

2.1. Técnica

A competição em corridas de Meio-fundo e Fundo (MFF) implica a realização de esforços compreendidos entre 1m41s11 (recorde do mundo nos 800 metros) até mais de 2 horas na maratona. Os recordes de Portugal e os recordes do mundo em algumas das distâncias, podem ser um bom indicador acerca das suas características e consequentemente dos atletas que as realizam (Quadro 1).

Quadro 1. Recordes nacionais e mundiais no MFF (Adaptado de IAAF [International Amateur Athletic Federation], 2009; FPA [Federação Portuguesa de Atletismo], 2009).

		800m	1500m	3000m	5000m	10000m	Meia	Maratona
RM	Masc.	1m41s11	3m26s00	7m20s67	12m37s35	26m17s53	58m33s	2h03m59
	Fem.	1m53s28	3m50s46	8m06s11	14m11s15	29m31s78	1h06m25	2h15m25
RN	Masc.	1m44s91	3m30s07	7m39s69	13m02s86	27m12s47	1h00m56	2h06m36
	Fem.	1m58s94	3m57s51	8m30s22	14m36s45	30m22s88	1h08m55	2h23m29

Legenda: Meia- Meia-maratona; RM- Recorde do Mundo; RN- Recorde Nacional; Masc.- Masculino; Fem.- Feminino.

A distância de cada competição implica diferentes valores médios de velocidade de corrida que se encontram associadas a diferentes expressões de técnica. Será então importante determinar a velocidade média para cada uma das provas, para perceber algumas diferenças entre as exigências que cada uma delas coloca e dar-nos algumas indicações acerca das características dos atletas que as realizam, assim como indicar semelhanças e diferenças entre elas.

Quadro 2. Velocidade média (k/h) para os recordes nacionais e mundiais no MFF.

		800m	1500m	3000m	5000m	10000m	Meia	Maratona
RM	Masc.	28,48	26,21	24,50	23,76	22,82	21,61	20,41
	Fem.	25,42	23,43	22,21	21,14	20,31	19,05	18,69
RN	Masc.	27,45	25,70	23,49	22,99	22,05	20,77	19,99
	Fem.	24,21	22,73	21,15	20,53	19,74	18,36	17,64

Legenda: Meia- Meia-maratona; RM- Recorde do Mundo; RN- Recorde Nacional; Masc.- Masculino; Fem.- Feminino.

Estes valores (Quadro 2) permitem-nos calcular as diferenças existentes entre a velocidade média de diferentes provas, sendo para as melhores marcas mundiais (masculinos) apenas de 3,02% entre os 5000m e os 3000m. Também entre os 10000m e os 5000m a diferença é bastante reduzida (3,98%).

Procurando comparar as velocidades médias entre as restantes distâncias as diferenças são um pouco superiores, verificando-se entre os 800m e os 1500m 7,97%, entre os 1500m e os 3000m 6,51%, entre os 10000m e a Meia-maratona 5,26 e entre a Meia-maratona e a Maratona uma diferença entre a velocidade média de 5,55%.

Estes dados como se pode verificar são superiores nas provas de MF curto e um pouco inferiores entre as provas de 3000 a 10000m. Apesar disto, valores de velocidade média que diferem entre 3% até 8%, representam diferenças significativas entre as características da prova, exigências técnicas que essa velocidade impõe e entre as características dos atletas e do seu treino. Estas diferenças não implicam que um atleta não possa atingir o sucesso em provas distintas, como testemunha o caso do atleta marroquino Said Aouita que atingiu o recorde mundial dos 1500, 2000, 3000 e 5000m, ou Haile Gebrselassie que apresenta algumas das melhores marcas mundiais de sempre em distâncias compreendidas entre 1500m (3m31s76) e a maratona (2h06min20s).

A performance em qualquer uma das competições está relacionada com a interacção entre uma série de factores: técnicos, fisiológicos, psicológicos, antropométricos, e características neuromusculares, que apresentam entre eles uma relação de interdependência (Bompa, 1999; Hochmuth, 1973).

A técnica de corrida pode assumir uma elevada importância, uma vez que representa a forma como a corrida é integrada, sendo que a compreensão do modo como esta se processa, no que se refere à forma de obtenção de uma maior velocidade ou economia, indica-nos algumas das prioridades do treino (Costa, 1996). O termo técnica no âmbito desportivo refere-se à posição relativa e orientação dos segmentos à medida que estes se alteram durante o desempenho de determinada tarefa desportiva, no sentido de a resolver de uma forma eficaz (Lees, 2002). O critério apresentado, a eficácia, deve ser entendido na perspectiva que uma melhoria técnica conduzirá a uma melhoria do desempenho, não esquecendo que outros factores podem influenciar a performance, pelo que uma melhoria nesse ponto, não significa

necessariamente, uma melhoria técnica (Barllet, 1999; Carr, 2004; Hay e Reid, 1982).

A análise da técnica está assim relacionada com a melhoria da performance, devendo ter dois âmbitos de intervenção, o diagnóstico ou detecção de falhas e o processo de correcção ou intervenção para a atingir (Kudson e Morrison, 1997). Com este propósito poderá ter-se como ponto de partida a observação do gesto, que se tido como um todo, pelo elevado número de variáveis que apresenta, se pode revelar uma tarefa praticamente impossível, possibilitando apenas observar partes e características desse movimento (Costa, 1996).

Barllet (1997) refere que, segundo as orientações da British Association of Sport and Exercise Sciences podemos identificar dois níveis de características do movimento desportivo: qualitativas e quantitativas.

Uma análise qualitativa envolve um estudo da técnica, que pode ser realizada a partir de uma imagem ou conjunto de imagens, que permite retirar informações como a amplitude de passada, possibilitando ainda aferir a duração de fases do movimento pela contagem de *frames*. Enquanto que uma análise quantitativa implica a digitalização das imagens recolhidas e identificação dos pontos correspondentes ao eixo de rotação das articulações intervenientes, permitindo obter informações como o centro de massa, velocidade angular, etc (Barllet, 1997).

As características descritas neste trabalho serão, segundo as definições apresentadas, essencialmente qualitativas, que nos levam a uma descrição das diferentes dimensões do gesto. Segundo Costa (1996) estas dimensões geralmente são definidas tendo em conta a sequência temporal, no entanto em movimentos do tipo cíclico, como o é a corrida, torna-se necessário perceber o grau de dependência das características envolvidas, o nível de correlação existente entre eles, procurando verificar-se de que forma uma alteração numa dimensão se relaciona com outra.

Na tentativa de identificar e analisar as características da corrida, devemos ter em conta as suas fases. Ecker (1996) defende que a corrida caracteriza-se por uma combinação de fases de apoio e voo entre dois apoios consecutivos, podendo cada passo ser dividido em três fases distintas:

- 1- Fase de condução, na qual o corpo se encontra inclinado para a frente por extensão da anca, joelho e da articulação do tornozelo do M.I. de condução, actuando atrás do centro de massa.
- 2- Fase de recuperação, que se inicia imediatamente após a perda de contacto com o solo e quando o M.I. de impulsão está atrás da vertical do centro de gravidade¹.
- 3- Fase de desaceleração na qual o pé toca no solo um pouco à frente do centro de massa, causando uma breve acção de travagem. O corpo move-se até que se tenha deslocado para a frente.

Estas fases da corrida serão válidas quer para uma corrida que visa essencialmente o rendimento, como será o caso do que se verifica num velocista, quer para uma corrida cujo objectivo principal passa essencialmente pela economia de corrida², característica de um fundista.

No que se refere ao MFF a economia de corrida surge associada com a relação entre amplitude e frequência de passada, que segundo Kutnetsov (citado por Ballasteros, 1990) pode ser aferida como “indicador de actividade da corrida”, resultando da divisão entre o tempo de voo e o tempo de apoio. Este índice será superior a 1 em provas de MF curto e inferior a 1 em provas de Fundo. Nas provas mais curtas do MF a duração do apoio será de 0,12-0,16 correspondentes a uma fase de voo de 0,14-0,15. Por outro lado nas provas de Fundo a fase de apoio será de 0,18-0,20 e a fase de voo de 0,13-0,15. Assim, podemos afirmar que a fase de voo dura mais em função de uma maior amplitude e que o tempo de apoio é inversamente proporcional a estas alterações no padrão da corrida, sendo que a duração total de passada será aproximadamente 0,30 (Ballesteros, 1990).

¹ Centro de gravidade pode ser entendido como o ponto onde a força gravitacional se concentra. Mudanças na posição corporal determinam a alteração da sua posição (Carr, 2004).

² Economia de corrida refere-se à relação entre a quantidade de oxigénio consumido e a distância percorrida (Turner, Owings e Schwane, 2003).

Quadro 3. Parâmetro da corrida em diferentes distâncias de MFF (Ballesteros, 1990).

Prova	Tempo	Velocidade	Amplitude	Frequência	Nº de passos
800m	1,41/1,44	7,7/7,8m/s	2/2,2m	3,6/3,7	375/400
1500m	3,29/3,32	7/7,2m/s	1,9/2,1m	3,5/3,6	700/800
5000m	12,58/13,13	6,3/6,4m/s	1,8/2m	3,4/3,5	2500/2700
10000m	27,08/27,30	6,1/6,2m/s	1,75/1,9m	3,14	5300/5700
Maratona	2,06/2,8	5,4/5,8m/s	1,6/1,7m	3,14	24800/26300

Os dados referidos no Quadro 3, relativos a atletas de elite, revelam que a relação entre amplitude e frequência será muito importante sob o ponto de vista técnico, estando a sua expressão dependente das características da prova. Em função de uma maior distância de prova percorrida, quer a amplitude, quer a frequência decrescem, embora em proporções diferentes, permitindo que mesmo perante relações entre frequência e amplitude distintas a velocidade pouco se altere. Portanto uma maior distância percorrida implica geralmente uma diminuição da amplitude e/ou da frequência, embora numa fase terminal se possa verificar um incremento em ambos os valores ou apenas num deles, elevando a velocidade terminal (Ballesteros, 1990).

As modificações na estrutura da corrida com implicações na manutenção do ritmo da corrida no MFF dever-se-ão essencialmente à amplitude, já que se verifica que uma redução da velocidade não se deve à frequência, pois verifica-se (Quadro 3) que esta nem sempre diminui. Estes valores levam-nos também a equacionar de que forma o volume, referido como número de passos, influencia a intensidade, que deve ser entendida como a força aplicada no momento de impulsão, tendo esta implicações a nível da amplitude e da frequência. A importância de uma aplicação de força no solo eficaz, reside também no facto de um aumento da amplitude, por si só, não implicar uma maior velocidade, já que se a força é aplicada no solo à frente da posição do centro de massa esta traduz-se num aumento da fase de travagem. Assim, um maior volume levará à necessidade de diminuir o nível da força aplicada, o que implica uma amplitude menor.

Estes aspectos referentes à maximização da velocidade de corrida aproximam-nos daqueles que são os propósitos de um velocista e por outro lado também da necessidade de um fundista manter uma velocidade sub-

máxima durante um período mais ou menos longo (Bushnell e Hunter, 2007). Entre a técnica de um e outro podemos encontrar diferenças significativas, as quais devemos entender no sentido de aferir de que forma elas se podem complementar, tornando o atleta mais eficaz em fases decisivas de uma determinada prova (Cavanagh e Kram, 1989; Kivi, Marai e Gervais, 2002; Mann, Moran e Dougherty, 1986).

Na corrida fluida e económica de um fundista, verifica-se uma reduzida oscilação vertical do centro de gravidade, com um movimento dos M.S. que visa essencialmente o equilíbrio (Williams e Cavanagh, 1987). Devemos ter em conta que os aspectos tácticos da corrida determinam a procura de diferentes velocidades ao longo de uma prova de MFF. Na parte final de uma prova de MFF, poderá surgir a necessidade de maximizar a velocidade, mesmo que isto comprometa a economia de corrida. Se estes atletas forem capazes de alternar a sua técnica transformando-a, em momentos decisivos, mais próxima do que se verifica nos velocistas, este processo poderá tornar-se mais eficaz (Bushnell e Hunter, 2007). Apesar disto, perante a necessidade de aumentar a velocidade da sua corrida, o que se verifica na maioria dos fundistas é que estes reagem aumentando unicamente a amplitude de passo, demonstrando reduzidas alterações técnicas (Cavanagh e Kram, 1981).

As alterações que se pretendem na técnica da corrida visam um posicionamento do corpo que minimize a desaceleração no momento de contacto com o solo, surgindo este aspecto inversamente relacionado com a velocidade angular da flexão da anca (Kivi et al, 2002). A uma velocidade máxima e sub-máxima, o grau de flexão da anca é 10 a 15% superior em velocistas, quando comparado com o que se verifica em fundistas, sendo este um aspecto importante para permitir uma amplitude de passo³ superior (Bushnell e Hunter, 2007; Mann e Hagy, 1980).

³ Amplitude ou comprimento de passo define-se como a distância entre a ponta do pé de um apoio e a do apoio imediatamente a seguir, ou seja, trata-se da distância entre dois apoios sucessivos (Ecker, 1996).

A fase de recuperação do membro inferior (M.I.) envolve a flexão da perna, que quanto maior for, menor será a alavanca⁴, o que permitirá uma velocidade superior no seu reposicionamento (Williams e Cavanagh, 1987).

Na forma como o apoio no solo é realizado também se encontram diferenças entre a corrida que visa o rendimento e a execução de um fundista. À medida que a velocidade da corrida aumenta verifica-se uma redução no período de contacto com o solo (Weyand, Sternlight, Bellizzi, e Wright, 2000). Numa tentativa de atenuar o impacto causado pela fase de contacto com o solo, os fundistas procuram um amortecimento com o calcanhar, que permita ao calçado e à estrutura esquelética absorver grande parte da carga, implicando com isto uma desaceleração maior (Williams e Cavanagh, 1987).

No momento de contacto do pé com o solo, a posição do joelho de um velocista comparativamente com um fundista, encontra-se mais adiantado, resultado de uma menor extensão, o que permite ao velocista uma acção mais potente na aplicação de força no solo e ainda uma recuperação mais rápida do M.I. (Kivi et al., 2002).

Como refere Bushnell e Hunter (2007) em termos gerais, a técnica de um velocista, tendo em vista o rendimento da corrida, apresenta um maior grau de flexão da anca e do joelho na fase de condução do M.I. e um menor tempo de contacto com o solo e uma menor extensão do joelho nesse momento de contacto. Mesmo com uma maior amplitude de passo estes são ainda capazes de posicionar a sua perna próximo da vertical, o que resulta numa aplicação de força no solo mais poderosa, seguida de uma recuperação mais rápida e com posicionamento da coxa mais alto, implicando um maior período de condução do M.S. e consequentemente de preparação para a acção do pé no solo.

As diferenças referidas a nível do período de contacto com o solo, da amplitude de passo e posição dos segmentos corporais, podem ser resultado de factores condicionais, mais do que de aspectos técnicos. O treino de um velocista visa essencialmente o desenvolvimento da força e da velocidade, pelo que a explicação para as diferenças referidas entre estes e os fundistas,

⁴ Alavanca pode ser entendida como uma máquina que transmite energia mecânica; Incorpora um objecto rígido que realiza um movimento de rotação em torno de um eixo (Carr, 2004).

centrar-se-á na capacidade de aplicação de força explosiva (Bushnell e Hunter, 2007).

O desenvolvimento da força reactiva em atletas de MFF poderá ter implicações a nível da capacidade de alcançar velocidades superiores em determinados momentos de uma prova e também a nível da economia de corrida. Esta é tida como um indicador da performance na corrida de resistência (Paavolainen, Hakkinen, Hamalainen, Nummela e Rusko, 1999), sendo a corrida contínua, tradicionalmente, o método mais utilizado para a desenvolver, privilegiando a duração em detrimento da intensidade (Temple, citado por Spurrs, Murphy e Watsford, 2002, p. 1).

No entanto, estão referidas na literatura melhorias da economia de corrida associadas a uma maior intensidade de treino, quer pela realização sessões de treino intervalado intensivo (Daniels, 1998; Sjoden e Svedenhag, 1985), quer pela realização de diversas formas de treino de força (Johnston, Quinn, Kertzer, Vroman, 1997; Paavolainen et al., 1999; Saunders et al., 2007; Spurrs et al., 2003; Turner et al., 2003). Sabendo-se que uma reduzida economia de corrida pode estar associada com uma baixa utilização de energia potencial elástica resultante da acção excêntrica de absorção do impacto no contacto com o solo na corrida, que é determinada pela stiffness muscular (Wilson, wood e Elliot, 1991), o treino pliométrico levará a uma melhoria do nível de tensão muscular, influenciando assim a economia de corrida (Chelby e Denis, 2001; Dalleau, Belli, Bourdin e Lacour, 1998; Spurrs et al., 2003).

Estas adaptações reflectem-se em aspectos da corrida como a amplitude e frequência da passada, resultantes de uma maior projecção horizontal do centro de gravidade por uma aplicação mais eficaz da aplicação de força no solo.

2.2. Pliometria

No treino da corrida devem ser encontradas estratégias que permitam uma melhoria da performance tendo em vista a importância de algumas capacidades funcionais para a eficácia do movimento. A força, mais especificamente a força reactiva parece estar relacionada com a maximização da capacidade de projecção horizontal do centro de massa.

O treino pliométrico baseia-se na componente da força rápida, a força reactiva, que implica a realização de um *Ciclo de Alongamento-Encurtamento* (CAE) (Vrijens, 1991; Weineck, 1994). Este trata-se de um mecanismo fisiológico que tem como função aumentar a eficiência mecânica do gesto, ocorrendo quando uma acção muscular excêntrica é seguida imediatamente por uma acção muscular concêntrica (Wilk et al., 1993).

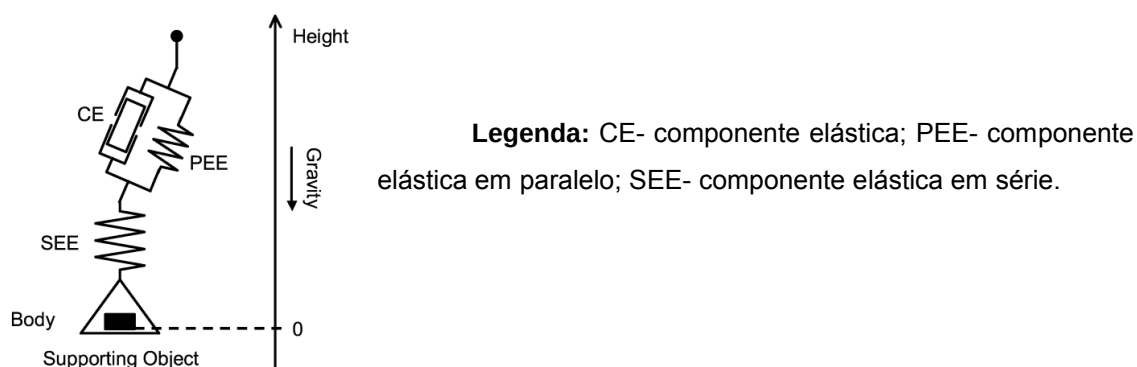
Muitas das actividades que desempenhamos diariamente, como andar ou correr enquadram-se no CAE, sendo que o treino pliométrico envolve a sistematização das suas componentes, de modo a caracterizar o seu efeito pela manipulação das variáveis intervenientes (Komi e Bosco, 1978). Luhtanen e Komi (1979) no seu estudo reconhecem o CAE como um dos factores mecânicos que influenciam a corrida de velocidade. Referem ainda que o tempo de contacto no solo pode ser dividido em duas fases: “tempo de contacto negativo”, durante o qual se verifica uma contracção excêntrica dos músculos extensores dos membros inferiores (M.I.) e “tempo de contacto positivo” no qual se dá uma contracção concêntrica dos músculos flexores dos M.I. Durante uma acção muscular excêntrica é armazenada energia mecânica sob a forma de energia potencial elástica, que quando a transição para a fase concêntrica se dá rapidamente, pode ser utilizada para elevar a sua eficácia mecânica (Enoka, 2002; Farley, 1997).

Diversos estudos realizados comprovam que a acção do CAE permite que a contracção concêntrica produza maiores expressões de força (Bosco,; Desmedt e Godaux, 1977; Enoka, 2002; Hakkinen e Komi, 1983; Komi, 1992; Komi e Bosco, 1978; Komi e Ito, 1981). Os mecanismos envolvidos no CAE relacionam-se com processos de controlo nervoso e com a capacidade elástica

e contráctil do músculo. Isto acontece pelo armazenamento de energia elástica no complexo músculo-tendinoso, que poderá ser reconvertida durante a fase concêntrica e também pelo estiramento das fibras intrafusais, que originam o reflexo miotático, que é um factor de potenciação deste ciclo, pois origina um aumento da actividade nervosa (Komi 1992).

Para uma melhor compreensão dos factores que influenciam a eficácia do músculo, devemos começar por perceber de que forma este se comporta. Hill (1938) propôs um modelo explicativo do comportamento do músculo-esquelético, mais tarde desenvolvido por Nagano, Komura e Fukashiro (2004), do qual constam três elementos funcionais, uma componente contráctil ou elástica (CE), que está rodeada pela componente elástica em série (SEE) e pela componente elástica em paralelo (PEE).

Figura 1. Modelo de Hill, representativo do comportamento do músculo, com três elementos (Nagano et al., 2004).

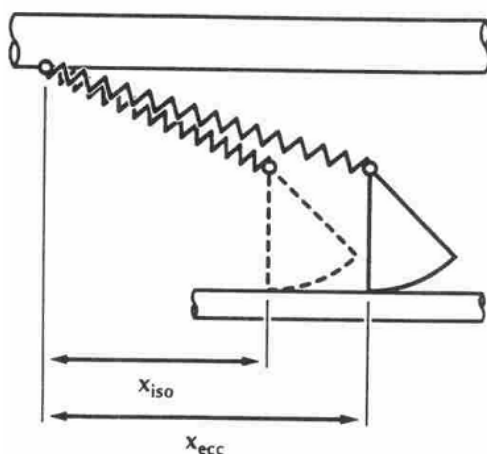


O elemento contráctil ou componente elástica consiste nas estruturas proteicas actina e miosina que representam o modo como a estrutura muscular responde a uma estimulação. Os elementos elásticos em série localizam-se nos tendões e nas pontes cruzadas entre actina e miosina. Cerca de 50% do movimento das pontes transversas, deve-se a estes elementos, que possibilitam armazenamento de energia potencial elástica (Komi e Bosco, 1978; Cometti, 1998).

O alongamento dos componentes elásticos das pontes cruzadas leva a uma maior distância entre a actina e a miosina, o que se reflecte na força aplicada (Huxley e Simons, 1971 cit. por Herzog, 1997). Assim, numa

contração isométrica o músculo aparentemente não sofre modificações no seu comprimento, mas o que de facto acontece é que num primeiro momento a miosina das pontes cruzadas sofre um alongamento, enquanto as cabeças deslizam sobre a actina para posteriormente estabilizarem. Deste modo quando o músculo é activamente alongado, a utilização da energia elástica previamente armazenada nos elementos elásticos em série e a modificação das pontes transversas, provocando uma rotação para trás das cabeças de miosina, garantem uma posição de maior potencial energético implicando uma maior eficácia mecânica à contração concêntrica (Andrade, 2005; Cometti, 1998).

Figura 2. Esquema de duas pontes cruzadas após contração isométrica e excêntrica (Huxley e Simmons, 1971 cit. Por Herzog, 1997).



Legenda: X_{iso} -Distância entre a miosina (em cima) e a actina (em baixo) numa contração isométrica; X_{ecc} -Distância entre a miosina (em cima) e a actina (em baixo) numa contração excêntrica.

Os elementos elásticos em paralelo estão presentes no interior de estruturas passivas como sarcolema, endomísio, périmísio e epimísio e a sua função passa pelo exercer de uma tensão passiva, quando o músculo é alongado no sentido de garantir o seu retorno do comprimento do músculo aos níveis de repouso (Enoka, 2002).

Resumindo, a análise deste modelo indica-nos que a capacidade elástica do músculo apresenta uma inter-dependência entre as diferentes componentes referidas, pois a energia potencial elástica armazenada é transmitida da componente elástica em série e em paralelo até à componente elástica, permitindo a optimização da contração subsequente.

Todos estes aspectos referentes ao comportamento da estrutura muscular, indicam-nos a origem da potenciação que o CAE promove devido à capacidade elástica do músculo. No entanto, devemos ter também em conta factores de ordem neuromuscular, relacionados com este ciclo, que permitem um aumento da actividade nervosa que se reflecte no recrutamento das fibras musculares e consequentemente no estado de tensão muscular que influencia o aproveitamento da energia potencial elástica. Bosco e Komi (1978) quanto à melhoria da eficácia mecânica dos músculos esqueléticos mediante pré-alongamento, sugerem que um melhor desempenho se deve à combinação da utilização de energia elástica armazenada e da potenciação do reflexo miotático.

O reflexo miotático baseia-se na acção das estruturas proprioceptivas de controlo do movimento: os fusos musculares e os Órgãos Tendinosos de Golgi (OTG). Os primeiros localizam-se entre as fibras musculares intrafusais, paralelos a estas, sendo responsáveis pela monitorização do grau de alongamento do músculo em que estão inseridos. Quando alcançado um determinado limiar, provocam uma acção muscular reflexa, concêntrica ou isométrica, como forma de evitar danos recorrentes de um alongamento excessivo e rápido. Os OTG são responsáveis pela identificação de diferenças na tensão e localizam-se no tendão. Estes respondem perante uma tensão criada pelo encurtamento do músculo e também quando este é distendido passivamente, levando assim a desencadear uma inibição reflexa causadora de um relaxamento das estruturas às quais estão ligados e determinam ainda a activação da musculatura antagonista (Bompa, 2004; Cometti, 1998).

Para além da acção do reflexo miotático, teremos também o fenómeno de pré-programação que também tem influência no nível de activação nervosa das fibras musculares. Este deriva da actividade do SNC, que origina uma pré-actividade nervosa antecipatória de determinado movimento, resultando na activação das proteínas contrateis, que leva à contracção muscular. Esta pode ser denominada de pré-tensão muscular, sendo que não existe um critério para a produção de pré-actividade, pois varia no tempo e em função do impacto que o sistema músculo-esquelético espera suportar (Andrade, 2005).

Kulund e Tottosy, 1985 (citado por Andrade, 2005) referem que a pré-tensão muscular otimiza o desempenho do CAE, sendo capaz de nestas condições contrair-se mais rápido. A formação de pontes transversa entre as proteínas contrateis, influencia o nível de tensão muscular ou stiffness que, enquanto resistência oposta pelo complexo músculo-tendinoso à deformação e a um alongamento rápido, terá um papel importante no seu desempenho (Gans, 1982).

Perante um pré-alongamento dos músculos extensores do M.I., correspondente à fase de amortecimento do apoio na corrida, pela acção do reflexo miotático e também pela existência de pré-tensão muscular, o nível de activação nervosa, assim como o aproveitamento da energia potencial elástica é optimizado.

As condições em que o apoio é realizado vão influenciar a eficácia mecânica do CAE e assim elevar a aplicação de força no solo permitindo uma maior projecção horizontal do centro de gravidade sem que isto signifique uma diminuição da economia de corrida. Todos estes aspectos que foram referidos em relação à capacidade elástica do músculo e aos fenómenos que influenciam a stiffness, estão dependentes das características do atleta e das condições de exercitação (Turner et al., 2003).

Um dos aspectos que se relaciona a potenciação da força reactiva é o perfil do atleta no que se refere ao tipo de fibras intervenientes no gesto. As fibras tipo I (lentas) e II (rápidas) diferem na velocidade de contracção, sendo que as do tipo II respondem mais rapidamente à estimulação nervosa. As fibras lentas são capazes de uma utilização mais eficaz da energia potencial elástica em movimentos que apresentem um maior tempo de transição entre as fases do CAE, geralmente associados a uma maior amplitude do gesto, pela maior capacidade de reter a activação das pontes transversas durante um período maior (Van Ingen Schenau, Bobbert e Haan, 1997).

No decorrer de uma prova no MFF, um aumento do período de contacto na fase excêntricas e ainda mais pronunciado na fase concêntricas do ciclo, poderá levar a uma diminuição da transferência de energia entre fases

(Gollhofer, Komi, Miyashita e Aura, 1987). Assim as referências presentes na literatura relativas à amplitude, à velocidade do movimento excêntrico e do período de transição, levam-nos a equacionar o efeito que a fadiga⁵ terá na redução do aproveitamento da energia potencial elástica. A magnitude da potenciação da energia resultante da fase excêntrica do movimento varia de acordo com a fadiga, sendo que num ciclo moderado pode resultar numa leve potenciação deste, enquanto num ciclo exaustivo (em intensidade e volume) essa mesma contribuição pode ser reduzida de forma bastante significativa (Nicol, Komi, Horita, Kyrulainen e Takala, 1996).

A amplitude da fase excêntrica no CAE deve ser tida em conta, como uma das condições de realização relacionada com a eficácia do CAE. Bosco, Tihanyi, Komi, Fekete e Apor (1982) no seu estudo perante cinco saltos verticais, com variações angulares na fase excêntrica, concluiu que será maior a eficiência quanto menor for a flexão do joelho. Os saltos de menor amplitude correspondem a um menor tempo de transição entre fase excêntrica e concêntrica, sugerindo assim que será um maior aproveitamento da energia potencial elástica que leva a esta maior eficácia motora. A importância da velocidade de pré-alongamento e da força alcançada no final da fase excêntrica são também factores a ter em conta, tal como nos indica o trabalho de Bosco e Komi (1981), que comparando os resultados obtidos no squat jump e no counter movement jump, concluíram que uma maior velocidade do movimento excêntrico e da transição deste para o concêntrico foram associados a um aumento da performance.

Como forma de quantificar a influência da energia potencial elástica no desempenho têm sido utilizadas essencialmente duas técnicas de salto: o *Squat Jump* (SJ) e o *Counter Movement Jump* (CMJ) (Neto, Mocroski, Andrade, Maior e Simão, 2005). No SJ o executante parte da posição de meio agachamento, com uma flexão da articulação dos joelhos de 90°, mãos na cintura, pés paralelos e com um movimento somente ascendente. Desta forma o salto é realizado sem o recurso ao CAE. No counter movement jump,

⁵ Fadiga pode ser descrita como a perda da capacidade de gerar força ou incapacidade de se manter o exercício num nível adequado (Strojnik e Komi, 1998).

permite-se a realização da fase excêntrica, procurando o executante realizar uma transição o mais rápida possível para a fase concêntrica (Goubel, 1997; Komi e Bosco, 1978). Assim, sendo que entre estes saltos a diferença reside no recurso ou não ao CAE, a sua comparação permitirá aferir acerca das melhorias no que se refere à força reactiva, podendo relacionar-se com eventuais alterações no desempenho da corrida.

Quadro 4: Síntese de estudos relacionados com os efeitos do treino pliométrico no salto vertical (Adaptado de Markovic, 2007).

Estudo	Amostra						Treino				Resultados	
	Idade (média)	Atletas	Pliometria		Controlo		Duração (semanas)	Sessões (nº)	Tipo de exercício	Apoios no solo	Salto Vertical	
			M	F	M	F					(cm)	(%)
SQUAT JUMP												
Wilson et al. (1993)	23	NA	13	0	14	0	10	20	DJ	720	0,48±0,39	6,7±5,4
Holcomb et al. (1996)	20	NA	10	0	9	0	8	24	DJ	1728	0,95±0,48	7,3±3,5
Holcomb et al. (1996)	20	NA	10	0	9	0	8	24	DJ	1728	0,38±0,46	3,3±4,0
Holcomb et al. (1996)	20	NA	10	0	9	0	8	24	CMJ	1728	0,74±0,48	6,4±4,0
Gehri et al. (1998)	20	NA	5	6	5	5	12	24	DJ	704	0,54±0,44	10,8±8,7
Gehri et al. (1993)	20	NA	4	3	5	5	12	24	CMJ	704	0,23±0,49	5,1±10,7
Young et al. (1999)	26	NA	5	0	9	0	6	18	DJ	468	- 0,22±0,56	-1,7±4,4
Young et al. (1999)	26	NA	11	0	9	0	6	18	DJ	468	-0,43±,45	-3,7±3,9
Diallo et al. (2001)	13	A	10	0	10	0	10	30	Comb.	7500	1,14±0,48	14,3±4,9
Turner et al. (2003)	29	NA	4	6	4	4	6	18	Comb.	1599	0,00±0,47	0,0±6,3
Tricoli et al. (2005)	20	NA	8	0	7	0	6	12	DJ	2028	0,46±0,52	3,6±4,1
Herrero et al. (2006)	11	NA	9	0	10	0	10	20	Comb.	1580	- 0,31±0,46	-3,8±5,7
Katsomanidis (2006)	11	NA	15	0	15	0	10	20	Comb.	1520	2,77±0,51	39,3±5,2
Markovic et al. (2006)	20	NA	30	0	33	0	4	16	Comb.	1580	1,03±0,27	7,1±1,8
Média Geral	21	NA	10	1	11	1	8	22	-	1718	0,44±0,15	4,7±1,5
COUNTER MOVEMENT JUMP												
Brown et al. (1986)	15	A	13	0	13	0	12	34	DJ	1020	0,73±0,41	5,0±2,7
Wilson et al. (1993)	23	NA	13	0	14	0	10	20	DJ	720	0,54±0,39	7,8±5,5
Holcomb et al. (1996)	20	NA	10	0	9	0	8	24	DJ	1728	1,19±0,50	9,4±3,6
Holcomb et al. (1996)	20	NA	10	0	9	0	8	24	DJ	1728	0,80±0,48	6,7±3,9

Holcomb et al. (1996)	20	NA	10	0	9	0	8	24	CMJ	1728	0,87±0,48	6,9±3,6
Wilson et al. (1996)	22	NA	14	0	13	0	8	16	DJ	900	1,18±0,42	12,2±4,0
Gehri et al. (1998)	20	NA	5	6	5	5	12	24	DJ	704	0,51±0,44	10,8±9,2
Gehri et al. (1998)	20	NA	4	3	5	5	12	24	CMJ	704	0,46±0,50	9,0±9,6
Diallo et al. (2001)	13	A	10	0	10	0	10	30	Comb.	7500	1,99±0,55	20,0±4,5
Matavulj et al. (2001)	15	A	11	0	11	0	6	18	DJ	540	1,73±0,50	15,6±3,9
Matavulj et al. (2001)	15	A	11	0	11	0	6	18	DJ	540	1,54±0,49	13,8±3,8
Spurrs et al. (2003)	25	A	8	0	9	0	6	15	Comb.	2064	1,41±0,54	18,2±6,3
Turner et al. (2003)	29	NA	4	6	4	4	6	18	Comb.	1599	0,38±0,48	4,8±5,9
Canavan e Vescovi (2004)	20	NA	0	10	0	10	6	18	Comb.	-	0,35±0,45	2,9±3,8
Lehance et al. (2005)	23	NA	10	0	10	0	6	12	DJ	640	1,86±0,54	17,8±4,3
Tricali et al. (2005)	20	NA	8	0	7	0	6	12	DJ	2028	0,68±0,53	4,5±3,4
Herrero et al. (2006)	21	NA	10	0	10	0	4	16	Comb.	1520	- 0,03±0,45	-0,3±5,1
Kato et al. (2005)	21	NA	0	18	0	18	24	60	CMJ	720	0,50±0,34	5,6±3,7
Markovic et al. (2007)	20	NA	30	0	33	0	10	30	Comb.	1800	0,92±0,27	6,4±1,8
Média geral	20	NA	10	2	10	2	9	23	-	1566	0,88±0,12	8,7±0,8

Legenda: M- Masculino; F- Feminino; A- Atletas; NA- Não atletas; DJ- Drop jump; CMJ- Counter Movement Jump; Comb.- Combinação de diferentes tipos de salto.

No Quadro 4, em relação ao SJ as melhorias referidas decorrentes do treino pliométrico foram de 4,7%, enquanto que para o CMJ as diferenças registadas foram de 8,7% (95% IC 7,0 até 10,4), o que sugere que o treino pliométrico melhora de uma forma mais efectiva a performance em saltos verticais que envolvem o CAE (Markovic, 2007).

Os dados dos diversos estudos apresentados sugerem não só que a melhoria da capacidade de salto vertical está relacionada directamente com a performance em modalidades como o Salto em altura, o Basquetebol e o Voleibol, assim como em modalidades em que a sua relação não é tão evidente, como é o caso da corrida de resistência, na qual a aplicação de força no solo implica o desenvolvimento de força rápida e justifica a importância de potenciar o aproveitamento da capacidade elástica do músculo (Spurrs et al., 2003).

Podem ser referidos alguns estudos no âmbito da corrida de MFF que nos indicam uma relação entre o treino pliométrico e uma melhoria em relação à performance e/ou em relação à economia de corrida (Quadro 5).

Quadro 5. Síntese dos resultados obtidos em alguns estudos com corredores de MFF relativos ao treino pliométrico e a sua influência na performance.

Estudo	Amostra						Treino			Resultados
	Idade (média)	Atletas	Pliometria		Controlo		Duração (semanas)	Sessões (nº)	Tipo de exercício	
			M	F	M	F				
Paavolainen et al. (1999)	23	Elite	12	0	10	0	9	18	Pliométrico e resistência	Melhoria da EC e da capacidade de aplicação de força no solo (força explosiva); Não se verificaram alterações no VO ₂ máx.
Turner et al. (2003)	29	TR	6	4	4	4	6	18	Pliométrico	Melhoria na Economia de corrida; Não se verificaram melhorias no CMJ;
Spurrs et al. (2003)	25	TR	8	0	9	0	6	15	Treino habitual e pliométrico	Melhoria da EC e da stiffness muscular; Não se registaram alterações no VO ₂ máx.
Saunders et al. (2006)	23	Elite	7	0	8	0	9	27	Treino habitual e pliométrico	Melhoria da EC e da capacidade de aplicação de força no solo (força explosiva); Não se registaram alterações no VO ₂ máx.

Legenda: M- Masculino; F- Feminino; TR- Treinados regularmente

As características do CAE e a influência que algumas das condições de realização ou características que o gesto apresenta, permitem-nos indicar alguns dos aspectos a ter em conta na análise da técnica do atleta e aferir acerca da utilização da energia potencial elástica por parte do deste. Devemos ainda retirar algumas indicações acerca dos pontos nos quais o treinador deve centrar a sua acção, tendo em vista uma melhoria do desempenho, seja pela relação entre esta capacidade e EC, seja pela necessidade de maximização da velocidade de corrida momentos decisivos de uma prova, ambos relacionados com uma eficaz aplicação de força no solo.

2.3. Limiar Anaeróbio

Na tentativa de quantificar a intensidade de corrida podemos recorrer a diferentes indicadores, tais como o consumo de O_2 , frequência cardíaca, relação entre lactatemia e VO_{2max} e concentrações de lactato sanguíneo (Colaço, 2007; Santos, 1995).

Em relação ao consumo de O_2 , uma vez que a sua taxa de absorção não é constante durante o exercício, especialmente acima do limiar anaeróbio, não será uma forma precisa de determinar a intensidade do esforço (Svedahl e MacIntosh, 2003). O mesmo se pode dizer em relação ao limiar ventilatório, que tratando-se da intensidade de exercício em que o aumento da ventilação não é proporcional ao aumento da velocidade de corrida num teste incremental, apresenta um elevado grau de subjectividade derivada da interpretação dos dados devido à dificuldade que representa definir o ponto de ruptura (Powers, Dodd e Garner, 1984; Yeh, Gardner, Adams, Yanowitz e Crapo, 1983).

O VO_{2max} pode ser considerado um indicador insuficiente, especialmente no que se refere a esforços superiores a 10 minutos (Heck et al., 1985), consubstanciado no facto de uma melhoria dos níveis aeróbios dos atletas, nem sempre ser acompanhada por um incremento nos valores de VO_{2max} (Acevedo e Goldfarb, 1989; Hardman e Williams, 1983). Alguns estudos revelam inclusivamente a existência de atletas com níveis de rendimento muito distintos e com valores de VO_{2max} muito semelhantes (Conley e Krahenbuhl, 1980; Hagberg e Coyle, 1983; Saltin, Larsen e Terrados, 1991).

O recurso à monitorização da frequência cardíaca, como forma de quantificar a intensidade de exercício, não será também a mais adequada, uma vez que para além de ser influenciável por alguns factores externos como a temperatura, hidratação, factores emocionais, etc. e da sua variabilidade diária e inter-individual (MacIntosh, Esau & Svendahl, 2002), é frequente verificarem-se aumentos significativos da intensidade de exercício sem que este resulte num aumento correspondente do número de batimentos cardíacos por minuto (Jones, 1998).

As limitações atribuídas aos indicadores referidos, levam-nos a equacionar a importância da relação entre a lactatémia e a intensidade e duração de exercício, especialmente através do conceito de limiar anaeróbio. Este adquiriu uma relevância maior com a constatação da existência de uma elevada correlação com a prestação competitiva em esforços de longa duração (Costill, Thomason e Roberts, 1973; Farrel, Wilmore, Coyle, Billing e Costill, 1979; Hagberg & Coyle, 1983), revelando assim que os atletas que competem a uma maior fracção do seu VO_2max , eram os que obtinham melhores prestações em esforços de longa duração (Costil et al., 1973; Sjodin & Svedenhag, 1985). Assim, a capacidade de manutenção de uma elevada intensidade, sem que isto corresponda a um aumento substancial da lactatémia, fornece-nos uma estimativa da fracção do VO_2max que pode ser mantido durante esforços prolongados (Basset e Howley, 2000; Coyle, Coggan, Hopper e Walters, 1988).

O termo limiar anaeróbio é geralmente utilizado para descrever o instrumento utilizado no controlo e avaliação da intensidade de corrida, sendo que a taxa de lactatémia revela a contribuição glicolítica no esforço dispendido pela musculatura activa (Mader, 1991). Este é um indicador bastante sensível, como se pode verificar em estudos longitudinais pela evolução que o limiar anaeróbio sofre com o treino (Bergman et al., 1999; Bragada, 2003; Jones, 1998; Santos, 1995), revelando-se um indicador particularmente sensível aos efeitos provocados pelas cargas de treino (Sjodin et al., 1982; Jones, 1998; Bragada, 2003). Tendo isto em conta, e reconhecendo que este é um indicador do nível aeróbio, será expectável que atletas com diferentes características e que orientam o seu processo de treino para diferentes distâncias competitivas, deverão apresentar diferenças entre o seu limiar anaeróbio.

Devemos ter em conta que existem diferentes conceitos de limiar anaeróbio. O limiar anaeróbio apresentado por Mader et al. (1976), refere-se à intensidade correspondente a uma concentração sanguínea de lactato de 4 mmol/l. Heck et al. (1985) referiram a existência de um limiar aeróbio-anaeróbio, designado geralmente por limiar das 4 mmol/l, que se trata do ponto de equilíbrio entre a produção e remoção de lactato, isto é, um estado máximo

de equilíbrio ou *Maxlass*⁶ que ocorria na maioria dos casos próximo das 4 mmol/l. Apesar de o *Maxlass* poder ocorrer a diferentes lactatémias, o valor de 4 mmol/l proposto por Mader et al. (1976), surge como referência, também porque, segundo Jacobs e Kaiser (1982), a esta concentração os valores de lactato sanguíneo e muscular parecem apresentar uma maior relação. Assim, apesar de se perder desta forma a possibilidade de determinar diferenças fisiológicas individuais em alguns dos casos, este torna-se assim um indicador objectivo, que pode ser utilizado em situação de treino (Colaço, 2007). Este método tem sido utilizado em vários estudos envolvendo atletas de elevado nível de rendimento desportivo (Bragada, 2003; Colaço, 2007; Heck et al., 1985; Pedro, 2006; Santos, 1995).

A quando da determinação do limiar anaeróbio devemos estar cientes da forma como se processa o equilíbrio ou não entre a produção e a remoção de lactato. Assim, por um lado, a remoção ou oxidação do lactato dá-se predominantemente pelo músculo activo mas também em fibras ou músculos adjacentes, no sangue e em alguns órgãos como o coração, rins e fígado (Brooks, 2000). Devemos considerar como factores influenciadores a massa muscular activa durante o exercício (Bergman et al., 1999), a tipologia ou composição das fibras musculares (Ivy et al., 1980) e também a intensidade de activação muscular (Stainsby e Brooks, 1990).

Apesar de os dados obtidos pela realização de testes incrementais para a determinação do limiar anaeróbio serem tidos como importantes preditores da performance em corrida de longa duração (Bragada, 2003), devemos ter em atenção que este limiar relativo às 4 mmol/l é influenciado por factores como a idade, anos de treino (Santos e Ascensão, 1999), volume de treino e tipo de treino realizado (Dennis e Noakes, 1992). Podem ainda ser referidas as diferenças inter-individuais e volume sanguíneo global, que será influenciado por estados de desidratação, que podem levar a um aumento ou diminuição da

⁶ *Maxlass* é obtido através da intensidade mais elevada em que num patamar de carga constante de 30 minutos, a variação da lactatémia é inferior a 1 mmol/l nos últimos 20 minutos (Heck et al., 1985). Os incrementos na intensidade entre patamares não estão inteiramente definidos, no entanto, para que o resultado seja preciso é necessário que este seja reduzido (geralmente entre 4 a 5%) (Svedahl e MacIntosh, 2003).

concentração de lactato no sangue, como factores influenciadores (Svedahl MacIntosh, 2003).

Mesmo tendo tudo isto em conta, é importante referir a existência de uma elevada correlação entre o limiar das 4 mmol/l e o *Maxlass*, permitindo determinar uma intensidade de esforço que implica a transição entre uma intensidade predominantemente aeróbia e outra superior, por isso com um contributo anaeróbio mais significativo (Beneke, 2003).

A realização do *Maxlass* apresenta o inconveniente de ser bastante morosa, já que implica a realização de vários testes em dias consecutivos, ao contrário do teste de determinação do limiar anaeróbio (Mader et al, 1976) que é realizado num único momento.

A determinação do limiar anaeróbio, procurando aferir a intensidade correspondente a 4 mmol/l de lactatémia, deverá permitir comparar atletas, mesmo apresentando entre eles diferenças nos factores limitativos apresentados anteriormente. O lactato sanguíneo surge como um indicador da contribuição glicolítica para o suporte energético da musculatura activa (Mader, 1991), permitindo assim determinar o nível aeróbio de um atleta e consequentemente da determinar a contribuição maioritária das fibras tipo I.

O limiar anaeróbio é um indicador particularmente sensível aos efeitos do treino, como nos indicam os diversos estudos (Davis et al., 1979; Santos, 1995; Jones, 1998; Bragada, 2003), permitindo desta forma não só estabelecer discriminar o rendimento entre atletas, como também verificar e controlar um atleta de forma longitudinal.

3.Objectivos e Hipóteses

3. Objectivos e Hipóteses

3.1. Objectivos

3.1.1. Objectivo geral

O objectivo geral deste estudo consiste em estabelecer a relação dos níveis de força explosiva com alguns parâmetros de técnica de corrida à velocidade do limiar anaeróbio e velocidade máxima em corredores de MFF.

3.1.2. Objectivos Específicos

- Determinar de que forma a realização de esforço predominantemente aeróbio e máximo influencia a manifestação de força explosiva e capacidade de aproveitamento da energia potencial elástica;
- Verificar a existência de diferenças entre alguns indicadores técnicos à V4 relativamente à corrida realizada à Vmax;
- Verificar a existência de uma relação entre o SJ e CMJ realizado em repouso, após esforço predominantemente aeróbio e após esforço anaeróbio;
- Verificar se os atletas que apresentam melhor diferença entre o SJ e CMJ, a mantêm após esforço predominantemente aeróbio e após esforço máximo.

3.2. Hipóteses

De acordo com objectivos definidos e tendo em conta o referido no capítulo da Revisão da Literatura, formularam-se as seguintes hipóteses:

- 1) A manifestação de força explosiva relaciona-se com os indicadores técnicos determinados na análise cinemática;
- 2) Uma activação muscular prévia resultado de um esforço predominantemente aeróbio permitirá a manifestação de níveis de força explosiva mais elevados em atletas de MFF;

- 3) A realização de um esforço máximo deverá ter repercussões negativas na capacidade de manifestação de força explosiva em atletas de MFF;
- 4) Os atletas de MFF não demonstram alterações significativas nos seus indicadores técnicos entre uma corrida à V4 e à Vmax;
- 5) Os atletas que apresentam valores mais elevados no SJ, no CMJ e na diferença entre eles em repouso, também o revelam após esforço predominantemente aeróbio e após esforço máximo;

4.Material e Métodos

4. Material e Métodos

4.1. Caracterização da amostra

Este estudo foi realizado com uma amostra de 38 atletas de MFF, com uma média de idade de $24,38 \pm 5,64$. Destes 20 (52,6%) são do sexo feminino 18 (55,2%) são do sexo masculino. Os sujeitos que constituem a nossa amostra são os melhores atletas de MFF nacionais e foram avaliados no âmbito de um projecto de avaliação e controlo do treino conduzido pela Faculdade de Desporto da Universidade do Porto e pela Federação Portuguesa de Atletismo.

Não nos foi possível realizar todos os testes a todos os sujeitos da nossa amostra pelo que o n , de cada um dos momentos de avaliação não é constante (Quadro 6).

Quadro 6. Valores de n nos diferentes momentos de avaliação.

Teste	Ergojump Pré-teste	Análise cinemática Teste Lan	Ergojump Após Teste Lan	Análise cinemática Teste duas velocidades	Ergojump Após Teste duas velocidades
N	35	29	35	23	26

Legenda: Teste Lan- Teste de determinação do limiar anaeróbio.

4.2. Procedimentos

Os testes realizados e os respectivos dados apresentados no capítulo seguinte resultam de cinco momentos de avaliação, sendo estes:

- 1) Testes no *Ergojump*;
- 2) Teste de determinação do limiar anaeróbio (Mader et al., 1976);
- 3) Repetição dos testes no *Ergojump*;
- 4) Teste de duas velocidades (Mader et al. 1980);
- 5) Terceira realização dos testes no *Ergojump*.

Desta forma pretende-se verificar a existência de uma relação entre força explosiva e capacidade elástica do músculo, com alguns indicadores da técnica (amplitude de passo e variação angular), em diferentes situações: em repouso, após teste de determinação do limiar anaeróbio e após um esforço máximo.

4.2.1 Procedimentos utilizados na determinação da amplitude de passo, da variação angular e da V4.

4.2.1.1 Teste de determinação do limiar anaeróbio

Este teste foi realizado numa pista sintética de 400m, tendo os atletas realizado 4 patamares de corrida, com incrementos na sua velocidade de 0,4m/s, estando esta compreendida entre 3,0m/s e 5,8m/s. A selecção dos patamares teve em conta o nível desportivo dos atletas e foram mantidos por um período de tempo superior a 5 minutos, de modo a garantir a existência de uma concentração de lactato sanguíneo que reflecta um estado de equilíbrio com as concentrações musculares (Beneke, 2003).

Antes ainda deste teste os atletas tiveram um período de aquecimento de 6 a 8 minutos de corrida a uma velocidade inferior a 3,0 m/s, de modo a evitar que se verificasse um aumento das concentrações sanguíneas de lactato.

Procuramos determinar a V4 de cada atleta pela monitorização da lactatémia em cada um dos patamares. Para a determinação das concentrações sanguíneas de lactato utilizámos um *Lactate Pro*.

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

Os testes foram realizados tendo em conta que não se verificavam condições como a presença de vento e temperaturas muito elevadas de modo

a evitar estados de desidratação que pudessem interferir nos valores de diluição do lactato na corrente sanguínea (Svedhal & MacIntosh, 2003). Outro aspecto tido em conta, foi instruir os atletas a não realizarem treinos intensos ou de elevado volume no dia anterior.

Durante a realização do teste foram dados sinais auditivos coincidentes com os tempos de passagem em cada 200m (Quadro 7), de modo a assegurar uma velocidade de corrida uniforme.

Quadro 7: Tempos de passagem a cada 200m metros para as velocidades compreendidas entre 3 e 5,4 m/s. (Colaço, 2007).

V (m/s)	V (min/Km)	200 m	400 m	600 m	800 m	1000 m	1200 m	1400 m	1600 m	1800 m	2000 m
3	5,33,33	1,06,66	2,13,33	3,20,00	4,26,67	5,33,33	6,40,00				
3,4	4,54,12	0,58,82	1,57,65	2,56,47	3,55,29	4,54,12	5,52,94				
3,8	4,23,16	0,52,63	1,45,26	2,37,89	3,30,53	4,23,16	5,15,79	6,08,42	7,01,05		
4,2	3,58,10	0,47,62	1,35,24	2,22,86	3,10,48	3,58,10	4,45,71	5,33,33	6,20,95	7,08,57	7,56,19
4,6	3,37,39	0,43,48	1,26,96	2,10,43	2,53,91	3,37,39	4,20,87	5,04,35	5,47,83	6,31,30	7,14,78
5	3,20,00	0,40,00	1,20,00	2,00,00	2,40,00	3,20,00	4,00,00	4,40,00	5,20,00	6,00,00	6,40,00
5,4	3,05,19	0,37,03	1,14,07	1,51,11	2,28,15	3,05,19	3,42,22	4,19,26	4,56,30	5,33,33	6,10,37

4.2.1.2 Teste de duas velocidades (Mader et al., 1980)

Este teste foi realizado numa pista de 400m sintética, utilizando duas repetições de uma distância escolhida de acordo com a competição. Assim, os atletas de 800m realizaram 2x600m; os atletas de 1500m, 2x1200m; os corredores de 5000m e de meia-maratona realizaram 2x2000m.

Independentemente da distância, a primeira repetição foi efectuada a uma intensidade submaximal (cerca de 80%), de modo a se obterem concentrações de lactato próximas de 6 mmol/l e a segunda a uma intensidade máxima (>95%), sendo o tempo de recuperação entre as duas repetições de 25 minutos, permitindo desta forma uma recuperação completa.

4.2.1.3 Análise Cinemática

A análise cinemática foi realizada recorrendo ao programa *DartFish ProSuite 5.0*, com calibração de um metro de comprimento, que permitiu a obtenção da amplitude de passada, amplitude de passo (M.I. esquerdo para o

M.I. direito e M.I. direito para M.I. esquerdo) e a variação angular entre joelho e o tronco no instante em que o joelho se encontra numa posição mais elevada, entre o M.I. em extensão na fase de impulsão e o tronco e ainda entre o M.I. de apoio na fase de desaceleração e o tronco, todas elas para ambos os M.I.

Este software tem sido utilizado em vários estudos com o intuito de realizar uma análise cinemática, em diferentes âmbitos de investigação: determinação da amplitude e frequência da passada em maratonistas (Petersen, Hansen, Aagaard e Madsen, 2007), indicadores da técnica de corrida de velocistas de desporto adaptado (Andrews, Goosey-Tolfrey e Bressan, 2009), postura corporal na posição sentado (Womersley e May, 2006), técnica de execução de alunos na aula de Educação Física (Harris, 2009) e indicadores técnicos de nadadores americanos (Schubert, 2005).

A recolha de imagens para a avaliação destes indicadores decorreu no teste de 4 determinação do limiar anaeróbio, na 2ª ou 3ª volta de cada patamar, quando se verificava que a velocidade era a correcta e uniforme e no teste de duas velocidades, na segunda volta, quando a velocidade era máxima.

4.3 Procedimentos utilizados na determinação da força explosiva e contributo da capacidade elástica do músculo

Foi realizado um teste de impulsão vertical o SJ no qual pretendemos avaliar a força explosiva dos M.I. (componente contráctil) e o CMJ onde procuramos aferir a capacidade de utilização da energia potencial elástica somada à capacidade contráctil do músculo de uma forma explosiva.

Recorreu-se ao *Ergojump (Digitime 1000, Digtest Finland)*, instrumento que permite medir o tempo de voo durante um salto. Também designado por tapete de *Bosco* este consiste num cronómetro digital electrónico ($\pm 0,001$ segundo), ligado por um cabo a uma plataforma sensível.

O SJ, descrito por Komi e Bosco (1978), implica a realização de um salto de impulsão vertical máxima, partindo de uma posição estática em que o tronco

se apresenta direito, com as mãos na anca e com os M.I. flectidos formando um ângulo entre a coxa e a perna de 90°.

O CMJ, refere-se à realização de um salto vertical máximo, com recurso a um contramovimento, apelando à capacidade elástica do músculo. Neste partindo da posição bípede, com o tronco direito, mãos na anca e com os M.I. em extensão, o executante realiza flexão dos joelhos até sensivelmente 90° (entre coxa e perna) seguida imediatamente de um salto vertical máximo (Komi e Bosco, 1978).

4.4 Procedimentos matemáticos e estatísticos

Para tratamento dos dados foi utilizado um programa de estatística *SPSS 17.0 for Windows* e o programa *Microsoft Office Excel 2007 for Windows*. Na análise dos dados utilizou-se como estatísticas descritivas a média e o desvio-padrão. Para averiguar a eventual existência de relação entre os testes realizados, utilizamos o coeficiente de correlação de *Pearson*. O nível de significância mínimo para rejeição da hipótese nula em todos os testes estatísticos foi fixado em 0.05.

Recorremos ainda à interpolação linear para determinação da concentração de lactato correspondente a diferentes velocidades de corrida, com base nos dados recolhidos na determinação da lactatémia no decorrer do teste de determinação do limiar anaeróbio.

5.Resultados

5. Resultados

5.1. Avaliação da força explosiva e contributo da capacidade elástica do músculo

Foi realizada uma avaliação à força explosiva dos atletas tendo sido considerado para análise o melhor desempenho de três tentativas realizadas em cada um dos momentos de avaliação para o SQ e o CMJ: 1º momento em repouso, o 3º momento após a realização do Teste de 4 patamares e o 5º momento após o Teste de Duas Velocidades (Quadro 8).

Quadro 8. Valores máximos e respectivas médias e desvio padrão, obtidos na avaliação da força máxima nos teste SJ e CMJ, nos três momentos de avaliação no ergojump.

Atletas	SJ			CMJ		
	Pré-teste	Pós-teste aeróbio	Pós-teste anaeróbio	Pré-teste	Pós-teste aeróbio	Pós-teste anaeróbio
1	0,278	0,291	0,29	0,252	0,272	0,286
2	0,284	0,329	0,298	0,437	0,261	0,308
3	0,265	0,323	0,294	0,316	0,354	0,33
4	0,261	0,329	0,311	0,292	0,325	0,326
5	0,291	0,347	0,348	0,405	0,518	0,407
6	0,221	0,355	0,364	0,215	0,282	0,24
8	0,267	0,237	0,288	0,27	0,267	0,28
9	0,294	0,316	0,316	0,338	0,321	0,271
10	0,361	0,401	0,332	0,398	0,411	0,396
11	0,438	0,298	0,294	0,282	0,271	0,257
12	0,209	0,25	0,33	0,252	0,316	0,319
13	0,33	0,302	0,275	0,296	0,291	0,271
15	0,323	0,397	0,37	0,323	0,417	0,379
16	0,265	0,323	0,294	0,316	0,354	0,33
17	0,44	0,428	0,382	0,407	0,387	0,389
18	0,325	0,561	0,417	0,365	0,425	0,421
19	0,334	0,79	0,379	0,397	0,372	0,284
20	0,319	0,298	0,309	0,443	0,305	0,321
21	0,272	0,254	0,261	0,226	0,274	0,411
22	0,199	0,259	0,324	0,227	0,256	0,67
23	0,282	0,299		0,282	0,363	
24	0,262	0,389		0,367	0,421	
25	0,255	0,335		0,265	0,33	
26	0,33	0,375		0,367	0,382	
27	0,286	0,242		0,254	0,94	
28	0,361	0,368		0,347	0,391	
29	0,199	0,242	0,242	0,22	0,221	0,411

30	0,393	0,382		0,35	0,382	0
31	0,25	0,323	0,391	0,313	0,332	0,334
32	0,27	0,272	0,285	0,273	0,264	0,277
33	0,25	0,386	0,337	0,297	0,296	0,424
35	0,36	0,37		0,346	0,358	
36	0,33	0,375		0,367	0,382	
37	0,324	0,252	0,22	0,262	0,253	0,294
38	0,249	0,418		0,359	0,467	
Média	0,296	0,346	0,318	0,318	0,356	0,332
Dp	±0,05	±0,102	±0,047	±0,063	±0,122	±0,11

Os valores da correlação entre os saltos em cada um dos momentos de avaliação no ergojump, podem fornecer informações importantes acerca de quanto se relacionam os resultados obtidos em cada um dos testes e entre cada um dos saltos realizados (Quadro 9).

Quadro 9. Valores da correlação (Pearson) entre os saltos realizados nos três momentos de avaliação no ergojump.

			Pré-teste		Pós-teste aeróbio		Pós-teste anaeróbio	
			SJ	CMJ	SJ	CMJ	SJ	CMJ
Pré-teste	SQ	R (Pearson)	1	,520**	,339*	0,14	0,174	-0,378
		P		0,001	0,046	0,424	0,404	-0,115
		N	35	35	35	35	25	26
	CMJ	R (Pearson)	,520**	1	,544**	0,191	,424*	-0,115
		P	0,001		0,001	0,272	0,035	0,574
		N	35	35	35	35	25	26
Pós-teste aeróbio	SQ	R (Pearson)	,339*	,544**	1	0,139	,664**	-0,06
		P	0,046	0,001		0,425	0,000	0,769
		N	35	35	35	35	25	26
	CMJ	R (Pearson)	0,14	0,191	0,139	1	,653**	0,005
		p	0,424	0,272	0,425		0,000	0,980
		N	35	35	35	35	25	26
Pós-teste anaeróbio	SQ	R (Pearson)	0,174	,424*	,664**	,653**	1	0,175
		p	0,404	0,035	0,000	0,000		0,402
		N	25	25	25	25	25	25
	CMJ	R (Pearson)	-0,378	-0,115	-0,06	0,005	0,175	1
		p	0,057	0,574	0,769	0,980	0,402	
		N	26	26	26	26	25	26

Legenda: **- nível de significância de 0,01; *- nível de significância de 0,05; R- correlação.

5.2. Análise Cinemática

A análise cinemática da corrida foi realizada durante os dois testes de corrida em situação no terreno. No teste de 4 patamares seleccionamos apenas os dados referentes ao patamar mais próximo da V4 do atleta, enquanto que no segundo teste, o de Duas Velocidades, foram tidos em conta apenas os valores da corrida à $V_{máx}$. A amplitude de passo e a variação angular foram os aspectos visados nesta análise.

5.2.1. Amplitude da Passada

Em relação à amplitude da passada, refere-se à distância entre dois passos consecutivos e resulta da soma da amplitude de passo entre um apoio com o M.I. direito e o apoio seguinte com o M.I. esquerdo e entre este último apoio e o seguinte com o M.I. direito. Os valores da amplitude de passada, assim como as diferenças existentes entre a amplitude de passo de cada um dos M.I., nos dois testes de corrida realizados (Quadro 10 e 11) podem ser indicadores da eficácia da corrida do atleta.

Quadro 10. Valores da análise cinemática às dimensões amplitude da passada e amplitude de passo em ambos os M.I., no patamar com a velocidade mais próxima da V4 de cada um dos atletas.

Atletas	V4 (Teste determinação do limiar anaeróbio)			
	Amplitude de passada	Amplitude de passo (Dir./Esq.)	Amplitude de passo (Esq./Dir.)	Diferença (Dir./Esq.-Esq./Dir.)
1	3	1,48	1,52	-0,04
2	3,31	1,66	1,68	-0,02
3	3,69	1,83	1,86	-0,03
4	3,46	1,78	1,68	0,1
5	2,82	1,22	1,61	-0,39
6	3,09	1,56	1,53	0,03
7	5,43	2,77	2,66	0,11
9	3,59	1,73	1,86	-0,13
10	3,99	2,09	1,9	0,19
11	2,66	1,33	1,33	0
12	2,94	1,49	1,45	0,04
14	3,28	1,62	1,66	-0,04
17	3,63	1,8	1,83	-0,03
18	3,64	1,84	1,8	0,04
19	3,02	1,47	1,55	-0,08
20	2,77	1,39	1,38	0,01
21	2,8	1,42	1,38	0,04
22	2,82	1,44	1,38	0,06
23	3,62	1,83	1,79	0,04
25	3,44	1,85	1,78	0,07
26	3,52	1,75	1,77	-0,02
27	3,17	1,6	1,57	0,03
28	3,61	1,8	1,81	-0,01
29	3,29	1,68	1,61	0,07
31	2,88	1,44	1,44	0
32	3,01	1,49	1,52	-0,03
34	3,04	1,53	1,51	0,02
35	3,26	1,65	1,61	0,04
37	3,08	1,53	1,55	-0,02
Média	3,31	1,66	1,66	0,002
Dp	±0,53	±0,29	±0,25	±0,1

Quadro 11. Valores da análise cinemática às dimensões amplitude da passada e amplitude de passo em ambos os M.I. à V_{máx} no teste de 2 velocidades.

Atletas	V _{máx} (Teste 2 Velocidades)			
	Amplitude de passada	Amplitude de passo (Dir./Esq.)	Amplitude de passo (Esq./Dir.)	Diferença (Dir./Esq.- Esq./Dir.)
7	4,24	2,12	2,09	0,03
8	3,16	1,58	1,58	0
9	3,75	1,91	1,84	0,07
10	4,26	2,26	2,08	0,18
11	3	1,55	1,45	0,1
12	3,1	1,56	1,57	-0,01
13	3,63	1,79	1,84	-0,05
14	4,08	1,98	2,1	-0,12
15		2	1,98	0,02
16	4,33	2,23	2,1	0,13
17	4,02	2,02	2	0,02
18	4,02	2,02	2	0,02
19	3,17	1,55	1,62	-0,07
20	2,87	1,46	1,41	0,05
21	2,95	1,48	1,47	0,01
22	2,91	1,46	1,45	0,01
31	4	2,04	1,95	0,09
32	3,7	1,82	1,84	-0,02
33	4	1,98	2,02	-0,04
34	3,1	1,55	1,55	0
35	3,47	1,74	1,73	0,01
36	2,88	1,47	1,41	0,06
37	3,35	1,63	1,72	-0,09
38	3,56	1,79	1,77	0,02
Média	5,55	1,79	1,77	0,02
Dp	±0,5	±0,26	±0,25	±0,07

5.2.2. Variação Angular

Tendo em conta a análise da variação angular em instantes decisivos da corrida, procuramos recolher algumas informações que nos indiquem aspectos técnicos importantes para a corrida (Quadro 12 e 13). Os três instantes tidos

em conta correspondem a instantes que marcam as três fases da corrida referidas por Ecker (1996):

- 1) Fase de condução, ou de impulsão, na qual verificamos o ângulo existente entre o joelho do M.I. livre e o tronco, no instante em que o joelho atinge uma posição mais elevada;
- 2) Fase de recuperação, ou de voo, na qual foi tido em conta no instante final do apoio, antes de este perder o contacto com o solo, o ângulo entre o M.I. e o tronco;
- 3) Fase de desaceleração ou de recepção, na qual verificamos o ângulo existente entre o joelho e o tronco, no instante de maior flexão da articulação do joelho a quando do apoio no solo.

Quadro 12. Valores da análise cinemática relativa à variação angular de três instantes da corrida no patamar referente à $V_{máx}$ no Teste de 2 Velocidades.

Atletas	°Joelho M.I. Livre e tronco		°Extensão do M.I. de impulsão		°Joelho M.I. de apoio e tronco	
	Dir.	Esq.	Dir.	Esq.	Dir.	Esq.
8	138	136,2	138	136,2	167,7	165,5
9	121,7	127	158,9	150,6	151,1	159,3
10	114,4	113,9	132,6	148,9	143,6	150,5
11	125,6	131,6	146,6	149,4	140,7	147,5
12	122,5	109,7	159,8	155,4	142	153,6
13	113,8	113,8	148,8	149,3	147,3	156,1
14	117,6	115,9	143,3	141,5	159	153,5
15	120,9	122,3	146,6	151,2	148,6	159,8
16	113,6	114,4	148,7	149,3	138,2	145
17	102,5	105,7	162,3	159,2	149,2	134,9
18	111,8	102,1	157,6	155,5	142,2	129,7
19	130,5	117,1	153,7	147,9	149,4	149,7
20	111,2	109,1	159,9	160	138,4	136,7
21	129,5	115	159,7	143,7	146,7	155,5
22	133,9	125,2	144,2	144,8	139,2	146,2
31	127,8	112,6	160,5	149,4	149,3	159,7
32	122,6	118,8	164,1	150,1	152,8	139,1
33	120,4	119,1	152,1	147,9	156,4	153,2
34	129	124,5	148	151,1	154,2	155,7
35	122,9	118,4	161,5	155,1	147,7	146,1
36	127,1	123,3	152,4	150	149,2	161,4
37	123,4	106,6	155,6	151,4	149,3	155,8
38	118,2	119,6	149,7	154,5	144,1	144,1
Média	121,6	117,7	152,1	149,8	148,1	150,4
Dp	±8,05	±8,16	±8,2	±5,47	±6,87	±8,96

Quadro 13. Valores da análise cinemática relativa à variação angular de três instantes da corrida no patamar com a velocidade mais próxima da V4 de cada um dos atletas.

Atletas	°Joelho M.I. Livre e tronco		°Extensão do M.I. de impulsão		°Joelho M.I. de apoio e tronco	
	Dir.	Esq.	Dir.	Esq.	Dir.	Esq.
1	130,4	130,7	154,2	149	155	148,9
2	131,8	109,3	151,8	173,1	144,8	148,7
3	116,7	117,9	154,3	154,4	150,7	143,7
4	136,7	124,6	158,9	151,9	141,9	153,7
5	126,2	138,3	165,3	167,3	155,4	130,4
6	132,7	124,8	149,3	150,4	153,2	149,3
7	122,7	112,6	155,8		137,6	132,8
9	121,8	141,6	151,6	160,6	155	140
10	122,8	120,4	153,5	152	145,8	152,9
11	132,6	122,3	158,9	152,6	149,1	142
12	122,7	121,6	157,9	159	146,6	145,4
14	122,5	133,9	144,1	154,9	161,2	144
17	116,6	113,5	151,2	146,2	152,9	156,6
18	116,8	106,8	154,3	153,6	146,8	146,1
19	133,7	130,2	149,7	146,6	149,8	154,5
20	119,2	113,4	163,4	162,1	139,2	143,4
21	130,3	129	149,3	151	151,5	153,9
22	122,9	127,5	148,6	149	147	145,7
23	121,1	121,6	151,5	160,9	138,4	137,2
25	132,3	125,8	159,6	161,6	143,6	144,8
26	120,3	126	149,8	157,4	135,3	139,4
27	130,9	131,5	157,1	160	149,4	156
28	121,1	128,5	143,8	152,3	149,9	145,2
29	123	116,8	155,8	150,7	149,7	154,2
31	125,4	124,8	156,2	160,4	154,9	141,3
32	127,6	134,7	150,3	147,5	147,6	148,2
34	129,5	124,1	150,4	155,8	163,5	165,9
35	123,6	116,3	159	156,7	144	151,6
37	117	108	158,9	159,6	139	148,3
Média	125,2	123,3	153,9	155,6	148,2	147
Dp	±5,82	±8,89	±5,15	±6,4	±6,84	±7,52

6.Discussão

6. Discussão

No nosso estudo os testes de corrida foram realizados em situação no terreno, procurando assim aproximarmo-nos tanto quanto possível das condições de treino e de competição. Desta forma pretendemos obter informação acerca da capacidade funcional dos sujeitos pelo registo e análise de parâmetros fisiológicos e funcionais durante o esforço no terreno desportivo (Kirk e Miller, 1986).

As principais limitações encontradas deveram-se à dificuldade de uniformização das condições de aplicação, pela impossibilidade de manipular variáveis como o ambiente, temperatura, humidade e vento. Estes testes são no entanto mais específicos, pois a actividade decorre no seu próprio meio, mantendo desta forma as características e intensidades próprias, permitindo-nos assim, atribuir uma maior validade aos resultados (Kirk e Miller, 1986; Wainer e Braun, 1998).

6.1. Força explosiva e contributo da capacidade elástica do músculo

Os testes de determinação da força explosiva, realizados no *ergojump* decorreram em três momentos distintos: em repouso ou pré-teste, pós-teste de determinação do limiar anaeróbio e pós-teste de duas velocidades, procurando assim perceber de que forma a realização de exercício predominantemente aeróbio e, por outro lado, a realização de um teste a uma intensidade máxima, se relacionam com a manifestação de força explosiva.

Considerando as médias dos valores máximos obtidos no SJ e no CMJ, nos três momentos de avaliação da força explosiva (Quadro 14), podemos verificar que os resultados das avaliações realizadas após esforço, quer predominantemente aeróbio (teste de determinação do limiar anaeróbio), quer anaeróbio (teste de duas velocidades), são superiores ao que se verifica em repouso. Isto parece indicar que os atletas que constituem a nossa amostra necessitam de algum tipo de activação muscular prévia para maximizarem o seu desempenho. Uma vez que a existência de um estímulo prévio, ou uma potenciação pós-activação, pode provocar um aumento do número de

Unidades Motoras⁷ (UM) recrutadas e uma maior sincronização no seu recrutamento (Kilduff, Bevan, Kingsley, Owen, Bennett et al., 2007), poderá residir nestes aspectos a justificação para os resultados obtidos.

Quadro 14. Média em metros dos valores máximos obtidos nos testes de força explosiva.

Teste	Pré-teste	Pós-teste aeróbio	Pós-teste anaeróbio
SJ	0,296	0,346	0,318
CMJ	0,317	0,356	0,332
Diferença	-0,021	-0,01	-0,014

Ainda em relação aos dados indicados anteriormente (Quadro 14), estes revelam que os resultados após esforço anaeróbio são inferiores ao que se verifica nos saltos realizados após o teste de determinação do limiar anaeróbio. Este resultado seria expectável, tendo em conta a influência da fadiga na capacidade de realização de movimentos explosivos (Nicol et al., 1996). Podemos ainda indicar o facto de as intensidades do primeiro teste de corrida serem muito próximas do limiar anaeróbio de cada um, o que tratando-se de atletas de MFF, se trata de uma intensidade que faz parte das rotinas diárias de treino destes atletas, logo de grande conforto para eles.

Procurando estabelecer uma comparação entre as correlações encontradas entre os SJ realizados nas três avaliações, apenas encontramos resultados significativos entre o SJ pré-teste e o SJ após teste de determinação do limiar anaeróbio ($R=0,34$). A correlação encontrada, apesar de significativa, fica um pouco aquém das nossas expectativas, levando-nos a equacionar que a potenciação que uma activação prévia pode provocar, não se relaciona totalmente com os indicadores revelados em repouso, apresentando uma resposta individualizada (Till e Cooke, 2009).

Estes dados levam-nos mais uma vez a indicar as diferenças existentes entre a forma como cada um dos atletas responde quer a nível da componente contráctil quer da componente elástica do músculo, em repouso, após activação prévia das fibras tipo I e após activação das fibras tipo II, já que a ausência de correlações significativas, na comparação entre saltos, é comum ao SJ e ao CMJ.

⁷ Unidade Motora: trata-se de uma unidade funcional de controlo neural da actividade muscular e constitui-se, de uma forma esquemática, de um motoneurónio, e das fibras por este enervadas.

Este poderá ser um indicador bastante importante para determinar aspectos que devem ser melhorados no processo de treino, assim como a capacidade de aplicação de força explosiva e de utilização de energia potencial elástica pelo músculo, compreendendo quanto estes aspectos são importantes, pela sua relação com a economia de corrida e capacidade de maximização da velocidade (Paavolainen et al., 1999; Turner et al., 2003; Spurrs et al., 2003; Saunders et al., 2006; Bushnell e Hunter, 2007). O facto de os resultados se alterarem de tal forma, que implica uma perda de correlação entre eles, revela o quanto é importante que o atleta seja preparado para revelar esta capacidade após esforço, sendo capaz de a utilizar em momentos decisivos de uma competição.

As diferenças encontradas entre os SJ e o CMJ poderão ser um bom indicador da capacidade de utilização de energia potencial elástica (Komi e Bosco, 1978; Goubel, 1997).

O resultado da diferença entre os dois saltos em repouso (Quadro 11), revela que em média o CMJ é 2,1cm mais elevado do que o SJ. Tendo em conta os dados de Komi (1984), que para um grupo de corredores de distâncias compreendidas entre 800m e 1800m, indica que a diferença média entre os dois salto é de 5cm, os nossos valores revelam uma capacidade de utilização da capacidade elástica, que fica aquém do que seria desejável.

Atendendo à diferença verificada entre o SJ e o CMJ em cada um dos momentos de avaliação (Quadro 14), verificamos que esta é mais elevada nos testes realizados em repouso, levando-nos assim a equacionar a existência da perda de capacidade de utilização da energia potencial elástica após esforço. Uma vez que a diferença é menor após o teste de determinação do limiar anaeróbio e não após o teste de duas velocidades, quando a fadiga será naturalmente maior, esta não poderá ser o único aspecto interveniente nestas variações.

A justificação para este facto estará relacionada com a forma como se processa a activação das fibras musculares, obedecendo ao princípio do tamanho de Henneman, segundo o qual, quanto menor for o motoneurónio, mais facilmente será recrutado ou menor será a sua taxa de excitabilidade. O

recrutamento das UM dá-se de forma aditiva e não é sequencial, o que significa que no nosso estudo as fibras rápidas ou tipo II só terão sido recrutadas de forma significativa no teste máximo, pelo que só nesse momento podemos considerar a potenciação pós-activação dessas fibras, como factor influenciador da capacidade de aproveitamento de energia potencial elástica. (Brooks et al., 2000). Para além disto, a potenciação das fibras rápidas é mais elevada do que o que se verifica nas fibras lentas, podendo também este aspecto justificar as variações observadas (Hamada, Sale, MacDougall, Tarnopolsky, 2000).

A análise da correlação existente entre estes dois saltos, revela um $R=0,52$ quando realizados em repouso. Este valor, apesar de significativo, é um indicador de que as características dos dois gestos e esforço solicitado apresentam algumas diferenças, essencialmente devido à realização do CAE, cuja potenciação parece diferente em cada atleta, não se relacionando totalmente com a execução de forma explosiva de um gesto unicamente concêntrico.

Isto significa que um atleta que apresente uma vantagem a nível da componente contráctil do movimento não a revela necessariamente a nível da componente elástica.

Komi (1979) refere que o desempenho no SJ, está dependente da proporção do tipo fibras de cada atleta, atribuindo aos que apresentam uma maior percentagem de fibras rápidas uma maior capacidade de salto.

Os valores de correlação entre os dois tipos de saltos avaliados, o SJ e o CMJ, em cada um dos três momentos de avaliação, leva-nos a equacionar a forma como cada um dos atletas reage perante o esforço dispendido. Os resultados evidenciados pela análise do teste no *ergojump* realizado pré-teste e nos dois momentos seguintes, após teste de determinação do limiar anaeróbio e após teste de duas velocidades, não apresentam qualquer correlação significativa. Isto leva-nos a concluir que a variabilidade inter-individual é ainda mais significativa quando nos referimos à forma como cada atleta é capaz de aplicar força explosiva perante diferentes estímulos de activação prévia.

No processo de treino em MFF devemos ter em conta as características do atleta e de que forma poderá o seu desempenho ser melhorado. Os resultados que encontramos em alguns dos atletas demonstram uma perda na capacidade de utilização de energia potencial elástica do músculo com a fadiga (Quadro 15).

Quadro 15: Valores máximos da diferença entre o SJ e o CMJ entre o 1º momento (ergojump em repouso) e o 5º momento de avaliação (ergojump após teste de duas velocidades).

Atleta	Pré-teste			Pós-teste anaeróbio			Dif1-Dif5
	SJ	CMJ	Dif1	SJ	CMJ	Dif5	
2	0,284	0,437	-0,153	0,298	0,308	-0,01	-0,143
6	0,221	0,215	0,006	0,364	0,24	0,124	-0,118
19	0,334	0,397	-0,063	0,379	0,284	0,095	-0,158

Legenda: Dif1: SJ-CMJ do primeiro momento (pré-teste); Dif5: SJ-CMJ do 5º momento (pós-teste anaeróbio).

Os momentos decisivos de uma prova de MFF determinam que, por vezes, no final desta o atleta tenha a necessidade de elevar a velocidade de corrida, daí a importância uma maior capacidade de produção de força explosiva e de aproveitamento do CAE, justificando assim a existência de preocupações a nível do treino pliométrico mesmo no que se refere a distâncias que implicam uma intensidade predominantemente aeróbia (Bushnell e Hunter, 2007).

Quantificando a utilização da energia potencial elástica como a diferença entre o SJ, no qual o CAE não intervém, e o CMJ (Komi e Bosco, 1978; Goubel, 1997), as discrepâncias encontradas nos atletas indicados no Quadro 14, revelam uma elevada perda desta capacidade após teste máximo, já que o desempenho no CMJ em relação ao SJ, atingiu o valor máximo de 0,158m de perda em relação à mesma diferença obtida nos testes em repouso. Será expectável uma melhoria da economia de corrida e consequentemente do desempenho, resultante de uma aplicação de força no solo mais eficaz, assim que esta perda seja minimizada por uma intervenção no treino destes atletas (Paavolainen et al., 1999; Turner et al., 2003; Spurrs et al., 2003; Saunders et al., 2006).

6.2. Análise cinemática

A velocidade de corrida resulta da relação entre a frequência e amplitude de passo (Ballesteros, 1990). A análise cinemática realizada nos dois testes de corrida realizados em situação no terreno, permite-nos verificar isso mesmo, uma vez que a média das amplitudes de passada dos atletas é mais elevada à velocidade máxima, quando comparada com o que se verifica à V4.

Uma maior amplitude de passada poderia estar relacionada com a capacidade de desenvolvimento de força explosiva e de utilização da energia potencial elástica, pois levaria a uma aplicação de força no solo mais eficaz e consequentemente a uma maior projecção vertical do centro de massa, (Weyland et al., 2000). No nosso estudo não se verifica qualquer correlação significativa entre os indicadores observados na análise cinemática e os resultados obtidos no ergojump.

A amplitude de passo, foi também um indicador tido em conta, como forma de aferir a existência ou não de diferenças na capacidade de projecção vertical entre os M.I., o poderia significar a existência de desequilíbrios de força. A diferença verificada entre os valores médios da amplitude de passo de cada um dos membros à V4 é bastante reduzida quando comparada com o verificado à velocidade máxima. No teste de duas velocidades, à velocidade máxima, as diferenças evidenciadas são mais elevadas, o que nos indica a existências de variações importantes entre a capacidade de projecção vertical de um dos M.I. em relação ao outro (Quadro 16).

Quadro 16. Valores médios relativos à amplitude de passo a diferentes intensidades.

Distância (m)	Amp. Passada	Amplitude de passo (dir./esq.)	Amplitude de passo (esq./dir.)	Diferença (dir/esq-esq/dir)
V4	3,306	1,656	1,658	0,002
Vmáx.	3,54	1,773	1,791	0,018
Diferença (V4-Vmáx)	-0,234	-0,117	-0,133	-0,016

Mesmo em relação a uma intensidade mais baixa, com diferenças menores, este aspecto deve ser tido em conta, uma vez que mesmo diferenças reduzidas quando confrontadas com volumes de treino elevados como se verifica no MFF, podem significar um aumento na incidência de lesões caso não se encontre algum tipo de abordagem que as possa minimizar (Chandler e Kibler, 2003).

A intervenção do treinador deve ter em conta, também neste aspecto as características do seu atleta, pois na nossa amostra é possível identificar indivíduos que à velocidade máxima apresentam elevadas discrepâncias entre a amplitude de passo de um M.I. comparativamente com o outro e ainda sujeitos que, mesmo neste tipo de testes de intensidade máxima, revelam um equilíbrio quase total entre as duas dimensões (Quadro 17).

Quadro 17. Valores mínimos e máximos, em metros, da diferença entre a amplitude de passada dos dois M.I. à Vmáx.

Atleta	9	13	15	17	20	21
Dir/esq- Esq/dir	0,18	-0,12	0,13	0,002	0,001	0,001

Os casos evidenciados no Quadro 16, revelam discrepâncias entre os valores da amplitude de passo de três dos atletas da nossa amostra, que correspondem a diferenças compreendidas entre 3,5% e 9,42% entre a amplitude de passo de cada um dos M.I.. Estas diferenças encontradas em relação à amplitude de passo, apesar de não termos encontrado nenhuma correlação significativa, terão alguma relação com os valores da análise cinemática.

Assim, se nos focarmos no caso do sujeito que apresenta uma maior diferença entre a amplitude de passo de cada um dos M.I., verificamos que a diferença entre a variação angular em cada um dos instantes considerados entre os M.I. é também bastante elevada (Quadro 18).

Quadro 18. Valores da variação angular de um dos atletas nos três instantes considerados e respectivas diferenças entre o M.I. direito e esquerdo.

Atleta	°Joelho M.I. Livre e tronco		°Extensão do M.I. de impulsão		°Joelho M.I. de apoio e tronco	
	Dir.	Esq.	Dir.	Esq.	Dir.	Esq.
9	121,8	141,6	151,6	160,6	155	140
Diferença	-19,8		-9		15	
Média (amostra)	1,86		3,72		1,2	

Estes valores revelam a importância do controlo destas variáveis como forma de orientar a intervenção do treinador no sentido de elaborar um planeamento que contemple a prevenção lesões e maximização do desempenho, consubstanciada em dados concretos do seu atleta.

Em relação à variação angular entre o joelho do M.I. livre e o tronco, já que as diferenças médias verificadas entre a corrida à V4 e à Vmax são de apenas 3,6° (2,88%) para o M.I. direito e de 5,6° (4,55%) para o M.I. esquerdo (Quadro 19). Tendo em conta que uma maior elevação da coxa está relacionada com uma maior velocidade angular antes e durante o apoio no solo (Mann e Herman, 1985) a diferença de intensidade da corrida nos dois testes justificaria uma variação angular mais significativa.

Quadro 19. Valores médios da análise cinemática relativa à variação angular de três instantes da corrida no patamar com a velocidade mais próxima da V4 e à velocidade máxima.

Velocidade	°Joelho M.I. Livre e tronco		°Extensão do M.I. de impulsão		°Joelho M.I. de apoio e tronco	
	Dir.	Esq.	Dir.	Esq.	Dir.	Esq.
V4	125,2	123,3	153,9	155,6	148,2	147
Vmax	121,6	117,7	152,1	149,8	148,1	150,4
Diferença	3,6	5,6	1,8	5,8	0,1	-3,4

Em provas curtas onde a velocidade é mais elevada, o tempo de apoio deverá ser menor comparativamente com provas onde a velocidade média é inferior (Ballesteros, 1990; Weyland et al., 2000). Tendo isto em conta, no que se refere à variação angular média dos atletas entre o joelho da perna de apoio e o tronco, no instante em que o pé toca no solo e se inicia a fase de

desaceleração, deveria apresentar um valor superior na corrida à V4 quando comparada com a variação à velocidade máxima (Kivi et al., 2001). Mesmo estando os nossos dados em concordância com o referido, de facto a variação média apresentada é bastante reduzida, 0,1° (0,06%) para o M.I. direito e 3,4° (2,26%). Estes valores estão de acordo com o indicado por Cavanagh e Kram (1981) que referem que a maioria dos fundistas, perante a necessidade de maximizar a sua velocidade de corrida, reage apenas aumentando a amplitude de passo, demonstrando reduzidas alterações técnicas.

A tradicional metodologia de treino no MFF português, referida por Paiva (1995), centra-se essencialmente na componente volume, tendo como meio preferencial a corrida contínua. Dos meios utilizados, o único que podemos referir como sendo um trabalho de força explosiva e de potenciação da capacidade elástica do músculo com alguma especificidade, trata-se do trabalho de força, nos exercícios de multisaltos, realizados uma ou duas vezes por semana. Apenas 47,1% dos 17 treinadores inquiridos no estudo referido realizavam trabalho de força, dos quais 4 afirmaram realizar multisaltos, 2 indicaram os saltos à corda como exercício utilizado e apenas um referiu recorrer a saltos sobre barreiras.

De facto não parece ser atribuída a devida importância a estes meios já que para além de, como foi referido, serem poucos os treinadores que os utilizam, não se encontram referências ao volume destes, como acontece por exemplo com a corrida contínua ou com os diferentes tipos de treino intervalo.

No MFF actual tendo em conta, as implicações que o treino pliométrico pode ter a nível da economia de corrida (Paavolainen et al., 1999; Saunders et al., 2006; Spurrs et al., 2003; Turner et al.), as elevadas velocidades médias a que decorre cada uma das provas (Ballesteros, 1990) e as surpreendentes velocidades a que são disputadas algumas competições na sua parte final, este tipo de abordagem não deve ser negligenciada, devendo o treino permitir ao atleta potenciar ao máximo a sua capacidade de aplicação de força explosiva e de utilização de energia potencial elástica. Estas manifestações de força devem ser tanto quanto possível relacionadas com a capacidade aeróbia do

atleta, aumentando a eficácia das fibras tipo I (Horowitz, Sidossis e Coyle, 1994).

Este tipo de estudos poderá, em nosso entender, ser um contributo importante, para o reforço da utilização deste tipo de meios no MFF português.

7.Conclusões

7. Conclusões

Tendo em conta as hipóteses definidas anteriormente e os dados apresentados podemos concluir que:

- 1) Neste estudo não foi possível estabelecer uma relação entre a manifestação de força explosiva e os indicadores técnicos avaliados;
- 2) A activação muscular prévia resultado de um esforço predominantemente aeróbio no teste de determinação do limiar anaeróbio permitiu a obtenção de valores médios no SJ e no CMJ superiores ao verificado em repouso;
- 3) A realização de um esforço máximo permitiu obtenção de valores médios no SJ e no CMJ superiores ao verificado em repouso;
- 4) Não se verificaram alterações significativas relativamente aos indicadores técnicos avaliados na corrida à V4 e à Vmax;
- 5) A relação entre o SJ e o CMJ vai-se perdendo ao longo da realização dos testes, evidenciando uma perda significativa dos níveis de força elástica após a realização de um esforço aeróbio e anaeróbio. Estes resultados parecem sugerir que a metodologia de treino dos corredores portugueses, parece dar pouca atenção ao desenvolvimento da componente elástica na corrida, associada a uma possível inexistência de treino pliométrico nestes atletas.

8.Bibliografia

8. Bibliografia

Acevedo, E. e Goldfarb, A., (1989). Increased training intensity effects on plasma lactate, ventilator threshold and endurance. *Medicine and Science in Sports Exercise*, 21 (5), 563-568.

Andrade, A. (2005). Análise comparativa de dois programas de treino pliométrico (CAE longo concêntrico versus CAE longo excêntrico)- estudo realizado em jovens voleibolistas das Academias Masculina e Feminina do Esmoriz Ginásio Clube. Porto : Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física da Universidade do Porto.

Andrews, B.; Goosey-Tolfrey, V. e Bressan, E (2009). The Classification of sprinters with intellectual impairments: a preliminary analysis. *South African Journal for Research in Sport*, 31(2), 1-14.

Astrand, P.; Hultman, E.; Juhlin-Dannfelt e Reynolds, G. (1986). Disposal of lactate during and after strenuous exercise in humans. *Journal of Applied Physiology*, 61 (1), 338-343.

Aura, O e Komi, P.V. (1986). The mechanical efficiency of locomotion in men and women with special emphasis on stretchshortening cycle exercises. *European Journal of Applied Physiology*, 55, 37–43.

Bailey, S. e Pate, P. (1991). Feasibility of improving running economy. *Sports Medicine*. 12, 228–236.

Ballesteros J. M. (1990). Carreras y marcha. In Bravo, J.; Pascua, M.; Gil, F.; Ballesteros J.M.; Campra E., *Atletismo I* (pp.80-176). Comité Olímpico Espanhol.

Bartlett, R. (1997). *Introduction to sports biomechanics*. London: E & FN Spon.

Barllett, R. (1999). Sports Biomechanics: Reducing Injury and Improving Performance. London: E & FN Spon.

Basset, D. e Howley, E. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine and Science in Sports Exercise*, 32, 70-84.

Beneke, R. (2003). Methodological aspects of maximal lactate steady-state: implications for performance testing. *European Journal of Applied Physiology*, 89, 95-99.

Bergman, B.; Wolfel, E.; Butterfield, G.; Lopaschuk, G.; Casazza, G.; Horning, M. e Brooks G. (1999). Active muscle and whole body lactate kinetics after endurance training in men. *Journal of Applied Physiology*, 87 (5), 1684-1696.

Bompa, T. O. (2004). Treinamento de potência para o esporte: pliometria para o desenvolvimento máximo da potência. São Paulo: Phorte Editora.

Bosco, C.; Komi, P.V. & Ito, A. (1981). Prestretch potentiation of human skeletal muscle during ballistic movement. *Acta Physiologica Scandinavica*, 111, 135-140.

Bosco, C.; Tihanyi, J., Komi, P. V.; Fekete, G. & Apor P. (1982). Store and recoil of elastic energy in slow and fast types of human skeletal muscles. *Acta Physiologica Scandinavica*, 116, 343-349.

Bushnell, T. & Hunter, I. (2007). Differences in technique between sprinters and distance runners at equal and maximal speeds. *Sports Biomechanics*, 6(3), 261-268.

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

Brooks, G.A.; Fahey, T.D.; White, T.P.; Baldwin, K.M. (2000). Exercise physiology : human bioenergetics and its applications (3ªed.) - Boston : McGraw-Hill: Mayfield Publishing Company.

Carr, G. (2004). Sport mechanics for coaches (2ª Ed.). Champaign: Human Kinetics.

Cavanagh, P. R. e Kram , R. (1989). Stride length in distance running: velocity, body dimensions, and added mass effects. Medicine and Science in Sports Exercise, 21, 467-479.

Chandler, T. e Kibler, W. (1993). Sports injuries : basic principles of prevention and care. Oxford : In Renström, P. (Ed.), Muscle Training in injury prevention. Blackwell Scientific Publications.

Chelly, S.M. & Denis, D. (2001). Leg power and hopping stiffness: relationship with sprint running performance. Medicine Science Sports Exercise, 33:326-333.

Colaço, P. (2007). Avaliação da prestação aeróbia e anaeróbia em corredores de meio-fundo e fundo. Dissertação apresentada às provas de doutoramento. Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.

Cometti, G. (1998). La Pliometria. Barcelona: Iniciativas deportivas.

Conley, D. e Krahenbuhl, G. (1980). Running economy and distance running performance of highly trained athletes. Medicine and Science in Sports Exercise, 12, 357-360.

Conley, D.; Krahenbuhl, G.; Burkett, L. & Millar, A. (1984). Following Steve Scott: Physiological changes accompanying training. The Physician and Sportsmedicine, 12:103-106

Costa, A. (1996). Caracterização da corrida de 400 metros planos: Identificação de algumas variáveis condicionantes do rendimento. Porto: A. Costa. Dissertação de Doutoramento apresentada à Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física da Universidade do Porto.

Costill, D.; Thomason, H. e Roberts, E. (1973). Fractional utilization of the aerobic capacity during distance running. *Medicine and Science in Sports Exercise*, 5, 248-252.

Coyle, E.; Coggan, A.; Hopper, M. e Walters, T. (1988). Determinants of endurance in well-trained cyclists. *Journal of Applied Physiology*, 64, 2622-2630.

Dalleau, G.; Belli, A.; Bourdin, M. & Lacour, J.R. (1998). The spring-mass model and the energy cost of treadmill running. *European Journal of Physiology*, 77, 257-263.

Daniels, J. (1985). A physiologist's view of running economy. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 17(3), 309-316.

Daniels, J. (1998). Daniels running formula. Champaign: Human Kinetics.

Davis, J.; Frank, M.; Whipp, B. e Wasserman, K. (1979). Anaerobic threshold and maximal aerobic power for three modes of exercise. *Journal of Applied Physiology*, 46 (6), 1039-1046.

Dennis, S. e Noakes, T. (1992). Physiological and metabolic responses to increasing work rates: relevance for exercise prescription. *Journal of Sports Science*, 16, S77-S84.

Desmedt J. E. & Godaux E. (1977). Ballistic contractions in man: characteristic recruitment pattern of single motor units of the tibialis anterior muscle. *Journal of Physiology*, 264: 673-693.

- Ecker, T. (1996). Basic track and field biomechanics. Mountain View: Tafnews.
- Enoka, R.M. (2002). Neuromechanical Basics of Kinesiology. Human Kinetics Books, 5th ed. Illinois: Champaign.
- Farley, C.T. (1997). Role of the stretch-shortening cycle in jumping. *Journal of Applied Biomechanics*, 13 (4), 436-439.
- Farrel, P.; Wilmore, J.; Coyle, E.; Billing, J. e Costill, D. (1979). Plasma lactate accumulation and distance running performance. *Medicine and Science in Sports*, 11 (4), 338-344.
- Federação Portuguesa de Atletismo. Consult. 25 Julho 2009, disponível em http://www.fpatletismo.pt/xhtml/canais.asp?id_menu=9&id_canal=132.
- Gans, C. (1982). Fiber architecture and muscle function. *Exercise Sport Sciences Review*, 10, 160-207.
- Gollhofer, A.; Komi, P. V.; Miyashita, M. & Aura, O. (1987). Fatigue during stretch-shortening cycle exercises: changes in mechanical performance of human skeletal muscle. *International Journal of Sports Medicine*, 8, 71-78.
- Goubel F. (1997). Series elastic behavior during the stretch-shortening cycle. *Journal of Applied Biomechanics*, 3, 439-443.
- Hagberg, J. e Coyle, E. (1983). Physiological determinants of endurance performance as studied in competitive racewalkers. *Medicine and Science in Sports Exercise*, 15, 287-289.
- Hakkinen, K. & Komi, P.V. (1983). Alterations of mechanical characteristics of human skeletal muscle during strength training. *European Journal of Applied Physiology*, 50 (2), 161-172.

Hamada, T.; Sale, D.; MacDougall, J. e Tarnopolsky, M. (2000). Postactivation potentiation, Fiber Type, and Twitch Contraction Time in Human Knee Extensors Muscles. *Journal of Applied Physiology*, 88, 2131-2137.

Hardman, A. e Williams, C. (1983). Exercise metabolism in runners. *British Journal of Sports Medicine*, 17 (2), 96-101.

Harris, F. (2009). Visual technology in Physical Education: Using Dartfish video analysis to enhance learning- an overview of the Dartfish project in New Brunswick. *Physical and Health Education Journal, Winter-Hiver*, 24-25.

Hay, J.G. & Reid, G. (1982). *Anatomy, Mechanics and Human Motion*. Englewood Cliffs: New Prentice Hall.

Herzog, W. (1997). What is the series component in skeletal muscle?. *Journal of Applied Biomechanics*, 13, 416-483.

Heck H., Mader A., Hess G., Mucke S., Muller R. e Hollmann W. (1985). Justification of the 4-mmol/l Lactate Threshold. *Int. J. Sports Med.*, 6:117-130.

Herzog, W. (2000). *Skeletal muscle mechanics: from mechanisms to function*. Chichester: Wiley.

Hill, A. V. (1938). The heat of shortening and dynamic constraints of muscle. *Proceedings of the Royal Society of London*, B126, 136-195.

Hochmuth, G. (1973). *Biomechanica de los movimientos deportivo*. Madrid: Instituto Nacional de Educacion Fisica- Doncel.

Horowitz, J.; Sidossis, L. e Coyle, F. (1994). High efficiency of type I fibers improves performance. *International Journal of Sports Medicine*, 15 (3), 152-157.

International Amateur Athletic Federation. Consult. 25 Julho 2009, disponível em <http://www.iaaf.org/statistics/recbycat/index.html>.

Ivy, J.; Withers, R.; Van Handel, P.; Helger, D. e Costil, D. (1980). Muscle respiratory capacity and fiber type as determinants of the lactate threshold. *Journal of Applied Physiology*, 48 (3), 523-527.

Johnston, R. E.; Quinn, T. J.; Kertzer R. & Vroman, N. B. (1997). Strength training in female distance runners: impact on running economy. *Journal of strength and conditioning research*, 11, 224-229.

Jacobs, I. e Kaiser, P. (1982). Lactate in blood, mixed skeletal muscle and FT or ST fibres during cycle exercise in man. *Acta Physiologica Scandinavica*, 114, 461-466.

Jones, A. (1998). A five year physiological case study of an Olympic runner. *British Journal of Sports Medicine*, 32, 39-43.

Kilduff, L. P.; Owen, N.; Bevan, H.; Bennett, M.; Kingsley, M. e Cunningham, D. (2008). Influence of recovery time on post-activation potentiation in professional rugby players. *Journal of Sports Science*, 26(8), 795 – 802.

Kirk, J. e Miller, M. (1986). Reliability and validity in qualitative research. Newbury Park: Sage.

Kivi, D. M. R., Marai, B., & Gervais, P. (2002). A kinematic analysis of high-speed treadmill sprinting over a range of velocities. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34, 662-666.

Knudson, D.V. e Morrison, C.S. (1997). Qualitative Analysis of Human Movement. Champaign: Human Kinetics.

Komi, P.V. (1979). Neuromuscular performance: factors influencing force and speed production. *Scandinavian Journal of Sports Sciences*, 1 (1), 2-15.

Komi, P.V. (1984). Biomechanics and neuromuscular performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 16 (1), 26-28.

Komi P. V. (2003). *Strength and power in sport*. London : Blackwell Scientific Publications.

Komi, P. V. e Bosco, C. (1978). Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 10 (4), 261-265.

Lees, A. (2002). Technique analysis in sports: a critical review. *Journal of Sports Sciences*, 20, 813-828.

Luhtanen, P. & Komi, P. (1979). Mechanical power and segmental contribution to force impulses in long jump take-off. *Journal of Applied Physiology*, 41 (4), 267-274.

MacIntosh, B.; Esau, S. e Svendahl, K. (2002). The lactate minimum test for cycling: Estimation of the maximal lactate steady state. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 27, 232-249.

Mader, A. (1991). Evaluation of the endurance performance of marathon runners and theoretical analysis of the test results. *Journal of Sports Medicine And Physiology Fitness*, 31 (1), 1-19.

Mader, A.; Liesen, H.; Heck, H.; Phillipi, H.; Rost, R.; Schurch, P. e Hollmann, W. (1976). Zur beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit im Labor. *Sportarzt. Sportmed.*, 24 (4), 80 (5), 26 (5).

Magnusson, S. P.; Simonsen E. B. e Kjaer, M. (1996). Biomechanical responses to repeated stretches in human human hamstring muscle in vivo. *American Journal of Sports Medicine*, 24 (5), 622-628.

Mann, R. V. e Herman J. (1985). Kinematic analysis of Olympic sprint performance: men' s 200 metres. *International Journal of Sports Biomechanics*, 5, 151– 162.

Mann, R. A., & Hagy, J. (1980). Biomechanics of walking, running and sprinting. *American Journal of Sports Medicine*, 8, 245-350.

Mann, R. A., Moran, G. T. & Dougherty, S. E. (1986). Comparative electromyography of the lower extremity in jogging, running, and sprinting. *American Journal of Sports Medicine*, 14, 501-510.

Manso, J. (1999). Alto rendimento : la adaptacion y la excelencia deportiva. Madrid: Gymnos.

Markovic G. (2007). Does plyometric training improve vertical jump height? A meta-analytical review. *British Journal of Sports Medicine*, 41 (6), 349-355.

Meinel, K. (1984). Motricidade I: Teoria da motricidade esportiva sob o aspecto pedagógico. Rio de Janeiro: Ao livro Técnico.

Nagano, A.; Komura, T. & Fukashiro, S. (2004). Effects of length ratio between the contractile element and the series elastic element on an explosive muscular performance. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 14, 197-203.

Nicol, C.; Komi, P. V.; Horita, T.; Kyrulainen, H. & Takala, T. E. (1996). Reduced stretch-reflex sensitivity after exhausting stretch-shortening cycle exercise. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* , 72, 401-409.

Neto, C. L. G.; Mocroski, C. L.; Andrade, P. J. A.; Maior, A. S. & Simão, R. (2005) A atuação do ciclo alongamento-encurtamento durante ações musculares pliométricas. *Journal of exercise and sport Sciences*, 1 (1), 12-24.

Paavolainen, L.; Hakkinen, K.; Hamalainen, I.; Nummela, A. & Rusko, H. (1999). Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. *Journal of Applied Physiology*, 86, 1527-1533.

Paiva, M. (1995). Escola portuguesa de meio fundo e fundo, mito ou realidade? Dissertação de provas de aptidão pedagógica e capacidade científica apresentada à Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física da Universidade do Porto.

Pedro, F. (2006). Avaliação aeróbia de corredores de meio-fundo. Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.

Petersen, K.; Hansen, C. e Aagaard, P. (2007). Muscle mechanical characteristics in fatigue and recovery from a marathon race in highly trained runners. *European Journal of Applied Physiology*, 101, 385–396.

Powers, S.K.; Dodd, S. e Garner, R. (1984). Precision of ventilatory and gas exchange alterations as a predictor of the anaerobic threshold. *European Journal of Applied Physiology*, 52, 173-177.

Saltin, B.; Larsen, N. e Terrados N. (1991). Aerobic exercise capacity at sea level and at altitude in Kenian boys, junior and senior runners compared with Scandinavian runners. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 5: 222-230.

Santos, P. (1995). Controlo do treino em corredores de meio fundo e fundo - avaliação da capacidade aeróbia com base no limiar láctico das 4 mmol/l determinado em testes de terreno. Dissertação apresentada às provas de

doutoramento. Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física do Porto.

Santos, P. e Ascensão, A. (1999). Maximal lactate-steady-state in young male runners. Actas da conferência Internacional intitulada “Youth Sports in the 21st century”, Michigan.

Saunders P.U.; Telford R. D.; Pyne D. B.; Peltola E. M.; Cunningham R. B.; Gore C. J. et al. (2006). Short-term plyometric training improves running economy in highly trained middle and long distance runners. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(4), 947–954

Schubert, M. (2005). Swimming Technique: The “How to” for better swimming. *Swimming World*, April, 24-25.

Sjodin, B. & Svedenhag, J. (1985). Applied physiology of marathon running. *Sports Medicine*, 2, 83-89.

Spurrs, R.W.; Murphy A.J. & Watsford M.L. (2003). The effect of plyometric training on distance running performance. *European Journal of Applied Physiology*, 89, 1-7.

Stainsby, W.N. e Brooks, G.A. (1990). Control of lactic acid metabolism in contracting muscles and during exercise. *Exercise Sports Science Review*, 18, 29-33.

Strojnik V. & Komi P. V. (1998). Neuromuscular fatigue after maximal stretchshortening cycle exercise. *Journal of Applied Physiology*, 84, 344-350.

Svedahl, K. e MacIntosh, B. (2003). Anaerobic threshold: the concept and the methods of measurement. *Canadian Journal of Applied Sport Physiology*, 28 (2), 299-323.

- Temple, C. (1990) Marathon, cross country and road running. Londres: S. Paul.
- Till, K. e Cooke, C. (2009). The Effects of Postactivation Potentiation on Sprint and Jump Performance of Male Academy Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(7), 1960-1967.
- Turner A. M., Owings M. & Schwane J. A.(2003). Improvement in Running Economy After 6 Weeks of Plyometric Training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(1), 60–67.
- Van Ingen Schenau, G. J.; Bobbert, M. F. & Haan, A. (1997). Does elastic energy enhance work and efficiency in the stretch-shortening cycle? *Journal of Applied Biomechanics*, 13, 389-415.
- Vrijens, J. (1991). L'Entrainement raisonné du sportif. Bruxelles : De Boeck Université- Médecine du mouvement.
- Wainer, H. (1988). Test validity. Hillsdale: Lawrence Erlbaum publishers.
- Weineck, E. J. (1994). Futbol total: el entrenamiento físico del futbolista. Barcelona: Paidotribo.
- Weyland, P.G., Sternlight, D. B., Bellizzi, M. J., & Wright, S. (2000). Faster top running speeds are achieved with greater ground forces not more rapid leg movements. *Journal of Applied Physiology*, 89, 1991-1999.
- Wilk K.E.; Voight, M.L.; Keirns, M.A.; Gambetta, V.; Andrews, J.R. & Dillman (1993). Stretch-shortening drills for the upper extremities: theory and clinical application. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 17, 225-239.
- Williams, K. R., & Cavanagh, P.R. (1987). Relationship between distance running mechanics, running economy, and performance. *Journal of Applied Physiology*, 63, 1236-1245.

Wilson, G. J.; Wood, G.A. & Elliot B. C. (1991) Optimal stiffness of series elastic component in a stretch-shorten cycle activity. *Journal of Applied Physiology*, 70, 825-833.

Womersley, L. e May, S. (2006). *Sitting posture of subjects with postural backache. Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 29(3), 213-218.

Yeh, M.; Gardner, R.; Adams, T.; Yanowitz, F. e Crapo, R. (1983). "Anaerobic Threshold": Problems of determination and validation. *Journal of Applied Physiology*, 55, 1178-1186.

