Ronaldo Rodrigues Borges

COMPARAÇÃO DA ALTURA ÓTIMA DO SALTO PARA TREINAMENTO PLIOMÉTRICO EM DOIS TESTES DISTINTOS

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional – UFMG

2011

Ronaldo Rodrigues Borges

COMPARAÇÃO DA ALTURA ÓTIMA DO SALTO PARA TREINAMENTO PLIOMÉTRICO EM DOIS TESTES DISTINTOS

Monografia apresentada ao curso de graduação da escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial á obtenção do título de Bacharel em Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. Leszek Antoni Szmuchrowski
Co-orientador: Prof. Dr. Bruno Pena Couto

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional – UFMG

2011

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a DEUS pelo dom da vida.

A meus pais VILMONDS e ALZERINA pela intensa batalha de educar e ensinar valores: meus exemplos de vida.

Às minhas irmãs JOYCE e JULIANA pelo constante incentivo. À VOVÓ FILÓ, tios e primos pelo apoio quando mais precisei.

Agradeço à JAQUELINE pelo carinho e pela incansável compreensão.

Agradeço ao CEPODE, ao LAC e a TODOS do Centro de Excelência Esportiva – CENESP/UFMG pela oportunidade e credibilidade.

Aos colegas do "BOPE" e aos AMIGOS que comigo formaram o "QUARTETO FANTÁSTICO": MARCELINO, RENATO e WILLIAM.

Aos professores e "ídolos" que marcaram minha trajetória: SÍLVIA ARAÚJO, PEDRO AMÉRICO, LESZEK SZMUCHROWSKI, MAURO HELENO, ALEXANDRE PAOLUCCI, EMERSON SILAMI E BRUNO PENA.

Agradeço ainda a todos de minha cidade, ABAETÉ, que se mostraram sempre companheiros.

Enfim, foi por toda essa FORÇA durante todo o TEMPO, que pude criar o IMPULSO para seguir em frente.

Venci. Vencemos.

Obrigado!

Ronaldo Rodrigues Borges.

RESUMO

O treinamento pliométrico (TP) é um dos meios mais utilizados no meio esportivo para treinamento da força explosiva, principalmente através de saltos. O TP baseia-se, sobretudo, na otimização do Ciclo Alongamento-Encurtamento (CAE) dos grupos musculares, por meio de uma rápida transição entre as ações concêntricas e excêntricas. Os tipos de exercícios mais utilizados no TP são os saltos em profundidade, ou seja, saltos realizados a partir de um plano superior e, após a queda, realização de um salto vertical máximo. Outra forma de exercício muito utilizado no TP é a transposição de obstáculos, como por exemplo, cones e barreiras similares àquelas utilizadas nas provas de atletismo. Entretanto, a metodologia utilizada para identificação da altura ótima dos saltos precisa ser mais estudada. O objetivo do presente estudo é comparar a altura ótima do salto para treinamento pliométrico obtida através de dois testes distintos: Salto em profundidade (SP) e Salto sobre Barreira (SB), analisando a altura dos obstáculos, o tempo de contato e o desempenho (altura de vôo). Participaram do estudo 20 voluntários, homens, treinados e familiarizados em pliometria, especificamente, com saltos verticais. Foi realizado um *teste t pareado.* Os resultados mostraram que tanto a altura dos obstáculos quanto o tempo de contato não apresentaram diferença significativa *($p = 0.181$ e $p = 0.233$)* para os testes SP e SB. No entanto, o desempenho (altura de vôo) nas duas situações de teste, apresentou diferença significativa *($p = 0.016$),* sendo maior no SB. Essa diferença pode ser atribuída às diferenças na trajetória do Centro de Gravidade dos indivíduos em cada teste, porém mais estudos são necessários para encontrar o porquê do maior desempenho no salto sobre barreira.

Palavras-chave: Altura ótima. Saltos verticais. Treinamento pliométrico.

ABSTRACT

Plyometric training (PT) is one of the most used in sports training for explosive strength, mainly through jumps. The plyometric training is based mainly on optimizing the stretch-shortening cycle of muscle groups through a rapid transition between the concentric and eccentric actions. The types of exercises are most used plyometric training (PT) in depth jumps, i.e. jumps performed from a higher plane and, after the fall, performing a maximum vertical jump. Another form of exercise is widely used in the PT are the jumps over obstacles, such as cones and barriers similar to those used in athletics. However, the methodologies used to identify the optimum height of the jumps have to be studied further. The purpose of this study is to compare the optimum height of the jump plyometric training obtained through two distinct tests: Drop Jump and Jump on Barrier, analyzing the height of the obstacles, the contact time and performance (time flight). The study included 20 volunteers, men, trained and proficient in plyometrics, specifically, with vertical jumps. We conducted a paired t test. The results showed that both the height of obstacles as the contact time did not differ significantly (p = 0,181 ep = 0,233) for testing Drop Jump and Jump on Barrier. However, the performance (flight time) in two test situations, significant difference (p = 0.016), being higher in the Jump on Barrier. This difference can be attributed to differences in the trajectory of center of gravity of the individuals in each test, but more studies are needed to find out why the largest performance leaps over the barrier.

Keywords: Optimum height. Vertical jumps. Plyometric training.

LISTA DE ILUSTAÇÕES

Figura 1 - Modelo de HILL 17

Figura 2 - Representação esquemática do reflexo miotático 19

Figura 3 - Curva de carga-deformação (alongamento) para o tendão humano 25

Figura 4 - Salto agachado; Salto com contramovimento e Salto em profundidade ..26

Figura5 - Plataforma de força PLA3-1D-7KN/JBA Zb, (Staniak®, Polônia) 33

Figura 6 - Caixotes para Salto em Profundidade 33

Figura 7 – Barreiras de PVC para Salto sobre Barreira 34

Figura 8 - Representação esquemática do delineamento experimental 35

Figura 9 - Salto em Profundidade – SP (*Drop Jump*) 38

Figura 10 – Salto sobre Barreira – SB 40

Figura 11 - Representação esquemática dos procedimentos experimentais 40

Figura 12 - Alturas ótimas de obstáculos nas duas situações de teste analisadas ..42

Figura 13 - Tempo de contato nas alturas ótimas das duas condições estudadas ..43

Figura 14 - Desempenho nas alturas ótimas nas duas condições estudadas 44

Figura 15 - Comparação do CG nas duas situações de teste 46

LISTA DE ABREVIAÇÕES

ACSM: *American College of Sports Medicine*

CAE: Ciclo Alongamento-encurtamento

CC: Componente Contrátil

Centro de Gravidade (CG)

CEP: Componentes Elásticos em Paralelo

CES: Componentes Elásticos em Série

cm: centímetros

EPM: Erro Padrão de Medida

LAC: Laboratório de Avaliação da Carga

m: metros

ms: milissegundos

OTG: Ógãos Tendinosos de Golgi

PAR-Q: *Physical Activity Readiness Questionnaire*

PRACTE: Planejamento Registro e Análise da Carga de Treinamento

SA: Salto Agachado

SB: Salto com Barreira

SCM: Salto com Contramovimento

SP: Salto em Profundidade

TCLE: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TP: Treinamento Pliométrico

UFMG: Universidade Federal de Minas Gerais

UMT: Unidade Miotendínea

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 09

2. OBJETIVO GERAL 12

2.1. Objetivos Específicos 12

3. JUSTIFICATIVA 13

4. REVISÃO DE LITERATURA 14

4.1. Treinamento Pliométrico 14

4.1.1. Conceituação e Origem 14

4.1.2. Aplicação no Esporte 15

4.1.3. Aspectos Neuromusculares do Treinamento Pliométrico 17

4.1.4. Realização de Testes para Treinamento pliométrico 20

4.2. Ciclo Alongamento-Encurtamento (CAE): Aspectos Fisiológicos 21

4.2.1. Armazenamento e Utilização de Energia Elástica 21

4.2.2. Reflexo Miotático 22

4.2.3. Amplitude de Movimento 23

4.2.4. Rigidez da Unidade Miotendínea 24

4.2.5. Tipos de Ciclo Alongamento-Encurtamento – CAE 26

4.3. Treinamento Pliométrico para Membros 26

4.4. Carga de treinamento 27

5. MÉTODO 31

5.1. Caracterização da Amostra.....31

5.2. Local de Realização 31

5.3. Cuidados Éticos 32

5.4. Instrumentos 32

5.5. Delineamento Experimental 34

5.6. Procedimentos 35

5.7. Análise Estatística 41

6. RESULTADOS 42

6.1. Alturas Ótimas de Obstáculos 42

6.2. Tempo de Contato nas Alturas Ótimas 43

6.3. Desempenho nas Alturas Ótimas 44

7. DISCUSSÃO 45

8. CONCLUSÃO 48

REFERÊNCIAS 49

1. INTRODUÇÃO

O treinamento pliométrico (TP) é um dos meios mais populares de treinamento, utilizado, essencialmente, para o desenvolvimento da força explosiva, como também da velocidade de corrida. O TP baseia-se, sobretudo, na otimização do ciclo alongamento-encurtamento (CAE) dos grupos musculares, por meio de uma rápida transição entre as ações concêntricas e excêntricas (NSCA, 1993; WHATEN, 1993; CHU, 1999; CHU, 2001; SCHIMDTBLEICHER, 2005; BISHOP *et al*.,2009).

Wilt em 1975 foi o primeiro autor a definir exercícios pliométricos, como sendo, aqueles utilizados para produzir uma sobrecarga muscular do tipo isométrica, capaz de provocar o reflexo miotático na musculatura envolvida. Segundo Wilt, todos os exercícios semelhantes aos saltos em profundidade ou que produzissem efeitos semelhantes a nível muscular, poderiam ser descritos como exercícios pliométricos (SANTOS, 2009). No começo dos anos 70, Verkhoshansky introduziu exercícios de saltos em profundidade com o objetivo de estimular as propriedades neuromusculares, e também os denominou de exercícios “pliométricos” (BOSCO, 2007. p.150), sendo uns dos primeiros autores a propor uma fundamentação teórica para a utilização desse tipo de treinamento, baseado na capacidade de força reativa do sistema neuromuscular (ATHA, 1981).

Este tipo de treinamento tem aparecido na literatura para otimização do rendimento nas mais variadas modalidades esportivas: basquetebol (SANTOS *et al*., 1997: MATAVULJ, 2001; KLIFA *et al*., 2010), voleibol (MILIÉ *et al*., 2008), futebol (DIALLO *et al*., 2001; RONNESTAD,2008), handebol (MENDES, 2003), tênis (MARQUES, 2005; SALONIKIDIS, 2008), natação (BISHOP *et al*., 2009) entre outras.

Além das modalidades esportivas, o TP é utilizado no desenvolvimento da performance em habilidades específicas em não-atletas (OSES, 1986; KRISTIAN *et al*., 2008) e, ainda, com recomendações para crianças (FAIGENBAUM e CHU, 2001; FAIGENBAUM, 2006).

Os aspectos referentes à técnica de utilização dos exercícios, bem como as bases neuromusculares que fundamentem o TP, merecem, cada vez mais, atenção

da literatura especializada (LUNDIN, 1985; MOURA, 1988; SARDINHA e MIL-HOMENS, 1989; LUNDIN e BERG, 1991; WHATEN, 1993; LaCHANCE, 1995; MARKOVIC, 2007; VILLAREAL *et al*., 2009; MARKOVIC e PAVLE, 2010; TURNER e JEFFREYS, 2010).

Apesar de aspectos como velocidade do exercício, duração do contato no solo, força reativa do solo, altura máxima de queda e massa corporal do sujeito ser considerados como parâmetros da intensidade no TP, alguns estudos destacam a carência de uma melhor compreensão destas variáveis (HOLCOMB *et al*., 1988; SEIXO e MAIA, 2003; JENSEN e EBBEN, 2007; EBBEN, 2008; BYRNE *et al*., 2009; VILLAREAL *et al*., 2009; EBBEN *et al*., 2010a; EBBEN *et al*., 2010b).

Os tipos de exercícios mais utilizados no TP são os saltos em profundidade, ou seja, saltos realizados a partir de um plano superior (a exemplo de caixotes e *steps*) e, após a queda, realização de um salto vertical máximo. Como parâmetro de determinação de intensidade nestes tipos de exercícios, tem sido recomendada por alguns autores a utilização da altura máxima de queda, com quedas crescentes a partir de 20 cm, o teste é interrompido quando o sujeito não consegue não alcança resultado, no mínimo igual ao atingido na altura anterior (BOSCO, 1985; MOURA, 1994; MOURA *et al*, 1998; BYRNE *et al*., 2010).

Por sua vez, o tempo de contato, é outro fator determinante no sucesso do TP, justificado pela rápida transição entre as fases excêntrica e concêntrica do salto e da corrida, o mesmo deve ser observado em conjunto com a altura máxima de queda (SCHIMDTBLEICHER, 2005; BYRNE *et al*., 2010).

Outra forma de exercício muito utilizado no TP é a transposição de obstáculos, como por exemplo, cones e barreiras similares àquelas utilizadas nas provas de atletismo (SANTOS *et al*., 1997; BARNES, 2003; SANTOS e JANEIRA, 2008; SANTOS e JANEIRA, 2009; POTACH e CHU, 2010). Apesar de ser um tipo de exercício muito utilizado, não encontramos na literatura recomendações que possam balizar a determinação da altura máxima, para transposição destes tipos de implementos.

O estudo tem como possíveis hipóteses uma hipótese alternativa e uma hipótese nula. Como hipótese alternativa espera-se que existe diferença na altura

ótima do salto para treinamento pliométrico, em termos de altura do obstáculo, tempo de contato e desempenho, quando obtida em dois testes distintos. Já como hipótese nula, não existe nenhuma diferença na altura ótima do salto para treinamento pliométrico em dois testes distintos.

Dessa forma, o presente estudo tem o objetivo de comparar a altura ótima do salto para treinamento pliométrico obtida através de dois testes distintos.

2. OBJETIVO GERAL

Comparar a altura ótima do salto para treinamento pliométrico obtida através de dois testes distintos, sendo um teste convencional de salto em profundidade e um teste com salto sobre barreira.

2.1. Objetivos Específicos

- Comparar a altura do obstáculo nas duas situações de teste.
- Comparar o tempo de contato com o solo nas duas situações de teste.
- Comparar o desempenho do salto (altura de vôo) obtido com o obstáculo referente a cada situação de teste.

3. JUSTIFICATIVA

O treinamento pliométrico é muito utilizado no meio esportivo com o objetivo de melhorar o desempenho de força explosiva em várias modalidades como, por exemplo, futebol, voleibol e basquetebol. Para a prescrição desses treinamentos, são realizadas sessões de teste para identificação da altura ótima do salto através de saltos em profundidades. Porém, percentuais dessa altura ótima são transferidos para utilização de obstáculos como barreiras e cones durante as sessões de treinamento pliométrico. Essa transferência de situações é realizada sem o conhecimento das possíveis mudanças que podem estar presentes. No salto em profundidade, que ocorre no teste, é utilizada uma técnica específica para sua realização. Nos treinamentos com obstáculos a técnica utilizada para o movimento dos saltos é diferente, o que sugere a necessidade de comparar as possíveis diferenças em um teste que se assemelhe a realidade prática, já que não foram encontrados estudos comparando essas situações.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1. Treinamento Pliométrico

4.1.1. Conceituação e origem

A maioria das atividades desportivas, como saltar e arremessar utiliza uma alternância de contrações musculares, denominada de ciclo alongamento-encurtamento, ou seja, um mecanismo fisiológico cuja função é aumentar a eficiência mecânica dos movimentos, nos quais ocorre uma contração muscular excêntrica, seguida, imediatamente, por uma ação concêntrica (VOIGHT, *et al*., 2002).

Um dos meios pelo qual se ativa o ciclo alongamento-encurtamento é a pliometria. Esse método é conhecido por desenvolver potência muscular em atletas. A potência representa o componente principal da boa forma física, que pode ser o parâmetro mais representativo do sucesso nos esportes que requerem força rápida (BOMPA, 2004).

Segundo Albert (2002), mesmo a origem do termo pliométrico sendo desconhecida, é sabido que *Plio* vem do grego *pleythein*, que significa aumentar. *Plio* é a palavra grega para “mais”, enquanto *métrico* significa “medir”.

No estudo de Souza e Fidale (2010) são citadas algumas definições de treinamento pliométrico realizadas na década de 70, porém não é explicado o porquê de cada definição. O treinamento pliométrico é frequentemente denominado “Treinamento de Elasticidade” (ZANON, 1975 *apud* SOUZA & FIDALE, 2010), “Treinamento Reativo” (SCHÖDER, 1975 *apud* SOUZA & FIDALE, 2010), “Treinamento Excêntrico” (SCHMIDTBLEICHER *et al*., 1978 *apud* SOUZA & FIDALE, 2010) e ainda, em sua subcategoria “Treinamento de Saltos em Profundidade” (TSCHIENE, 1976 *apud* SOUZA & FIDALE, 2010).

No ano de 1975, o estudioso Fred Wilt, foi o primeiro autor a definir exercícios pliométricos, como sendo, aqueles utilizados para produzir uma sobrecarga muscular do tipo isométrica, capaz de provocar o reflexo miotático na musculatura

envolvida. Essa técnica tornou-se popular nos anos 60 e 70 e foi responsabilizada pelo sucesso dos atletas do leste europeu na época. (KUTZ, 2003).

Segundo Wilt, todos os exercícios semelhantes aos saltos em profundidade ou que produzissem efeitos semelhantes a nível muscular, poderiam ser descritos como exercícios pliométricos (SANTOS, 2009).

No começo dos anos 70, Verkhoshansky introduziu exercícios de saltos em profundidade com o objetivo de estimular as propriedades neuromusculares, e também os denominou de exercícios “pliométricos” (BOSCO, 2007. p.150), sendo uns dos primeiros autores a propor uma fundamentação teórica para a utilização desse tipo de treinamento, baseado na capacidade de força reativa do sistema neuromuscular (ATHA, 1981; PRENTICE, 2003).

Segundo Zatsiorsky (1999) o treinamento pliométrico (TP) é um método de treinamento baseado no uso do ciclo alongamento-encurtamento (CAE) cujo componente elástico de um determinado grupo muscular ao ser precedido por uma ação excêntrica (pré-alongamento) na ação concêntrica resultante geraria uma força maior (acúmulo de energia potencial elástica).

Portanto, o TP refere-se ao desempenho do (CAE) em movimentos que envolvem uma alta intensidade de uma ação muscular excêntrica imediatamente seguida de uma rápida e poderosa ação concêntrica (MARKOVIC, 2007; MALISOUX *et al*., 2006). Isso ocorre na perspectiva de, sobretudo, treinar as habilidades motoras humanas voltadas para o rendimento esportivo (CHU, 2001; KUTZ, 2003).

4.1.2. Aplicação no esporte

O treino pliométrico (TP) é um dos meios mais populares de treinamento, utilizado, essencialmente, para o desenvolvimento da força explosiva, como também da velocidade de corrida.

Os exercícios pliométricos também são usados no treinamento de atletas para melhorar a reatividade muscular através da facilitação do reflexo miotático e da

ausência de sensibilidade dos Órgãos Tendinosos de Golgi (OTG) e melhorar a coordenação intra e extra-articular (DESLANDES, *et al*., 2003; HOWARD, 2004).

Analisando os efeitos desses exercícios, acredita-se que estes podem ser benéficos na prevenção de lesões e também na reabilitação, principalmente de atletas (HILLBOM, 2001). Esses exercícios passaram a fazer parte dos programas de reabilitação há pouco tempo (HOWARD, 2004).

Embora possa ser aplicado com objetivos de reabilitação, este tipo de treinamento tem aparecido, com maior frequência, na literatura visando aperfeiçoar o rendimento nas mais variadas modalidades esportivas: basquetebol (SANTOS *et al*., 1997: MATAVULJ, 2001; KLIFA *et al*., 2010), voleibol (MILIÉ *et al*., 2008), futebol (DIALLO *et al*., 2001; RONNESTAD,2008), handebol (MENDES, 2003), tênis (MARQUES, 2005; SALONIKIDIS, 2008), natação (BISHOP *et al*., 2009) entre outras.

É utilizado ainda para treinamento de atletas que realizam provas de alta velocidade ou em esportes que utilizam saltos como, por exemplo, saltos em altura, em distância, triplo, entre outros (MCARDLE, KATCHE E KATCH, 2003).

No treinamento pliométrico, podem ser incluídos saltos sobre uma perna, sobre as duas pernas, saltos em corridas, saltos com deslocamentos laterais, para frente, para trás, sobre obstáculos, etc. (COMETT, 1988).

Pode-se realizar a pliometria através da aplicação de exercícios simples, utilizando-se materiais de fácil aquisição, como caixas de madeira, cones, bolas e elásticos variados. (BATISTA *et al*., 2003).

A potência muscular dos membros inferiores (MMII) em geral e o desempenho no salto vertical em particular, são considerados como elementos críticos para o sucesso do desempenho esportivo em diferentes modalidades (POLTEIGER *et al*., 1999).

Estudos têm focado sobre o desenvolvimento do desempenho do salto vertical e constatado que o método mais efetivo para melhorar esse desempenho é o TP (GIRARD; VASEUX; MILLET, 2005; FATOUROS *et al*., 2000).

4.1.3. Aspectos Neuromusculares do treinamento Pliométrico

A interação entre força desenvolvida pelo corpo humano, através dos músculos, e as forças externas, resulta em ações musculares que produzem ações estáticas ou dinâmicas. Reconhecidamente, na prática esportiva, podem-se enumerar três tipos de ações musculares: isométrica (comprimento muscular não se altera), excêntrica (comprimento muscular aumenta) e concêntrica (comprimento muscular diminui).

Nos movimentos dos seres humanos raramente qualquer tipo destas ações ocorre de forma isolada (KOMI, 2000; KNUTTGEN e KOMI, 2003). Assim, ao ser considerado um fenômeno natural, sobretudo nos movimentos esportivos, a combinação das ações excêntricas precedendo concêntricas, ou seja, o ciclo alongamento-encurtamento (CAE) dos grupos musculares, quando corretamente estimulada, é a base neuromuscular para o rendimento no treinamento pliométrico (TP). Para um melhor entendimento da estimulação do CAE no TP, é preciso conhecer a origem de dois fenômenos: a utilização da energia potencial elástica e a otimização do reflexo miotático ou de alongamento.

O modelo descrito inicialmente por Hill (1938;1950), explica a contribuição da energia potencial elástica no CAE, este modelo é formado por componentes elásticos em série (CES), componentes elásticos em paralelo (CEP) e o componente contrátil do músculo (CC).

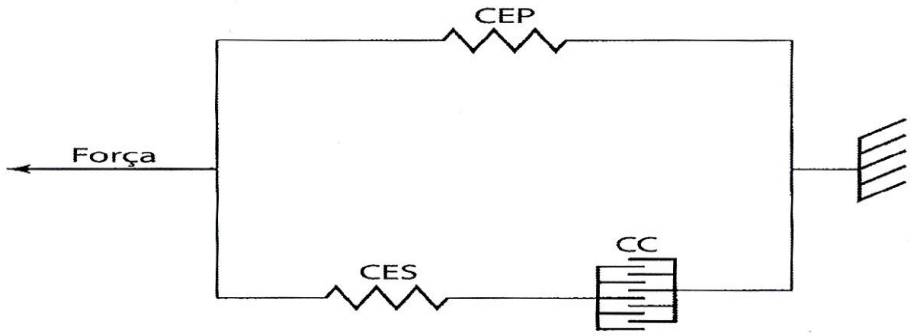

Figura 1 – Modelo de HILL, representado pelo componente contrátil, elementos elásticos em série e elementos elásticos em paralelo (POTACHI e CHU, 2010,p.380).

Os CES estão localizados nas pontes cruzadas (entre actina e a cabeça da miosina) e nos tendões, sendo as estruturas destinadas a acumular (na fase excêntrica) e liberar a energia potencial elástica (na fase concêntrica). Conforme Cavagna (1977) estes componentes são as estruturas responsáveis por transmitir a força gerada pelo músculo para uma carga externa.

Por sua vez, os CEP que estão localizados no interior do sarcolema, no endomísio, no perimisio e no epimisio, consistem nos tecidos conjuntivos responsáveis pela manutenção da estrutura muscular, exercendo uma força passiva quando o músculo relaxado é alongado, tendo ainda a finalidade de fazer com que o músculo retorne ao seu comprimento inicial quando o mesmo é alongado (ENOKA, 1988, SARDINHA e MIL-HOMENS, 1989). O componente contrátil é representado pelo complexo actina-miosina sendo responsável pela geração de força ativa, ou seja, é a fonte primária de força muscular durante uma ação concêntrica (POTACH e CHU, 2010).

Em relação ao reflexo de alongamento ou miotático, deve-se, inicialmente, esclarecer a descrição do fuso muscular. Este é um órgão proprioceptor localizado paralelamente as fibras musculares, sensíveis a velocidade do estiramento (ação excêntrica), bem como ao seu grau de amplitude. Quando o estiramento muscular é detectado pelo fuso, este é estimulado a proteger o músculo de uma possível lesão, assim desencadeia um processo, que termina com a resposta reflexa, onde o músculo é encurtado (ação concêntrica). Esta resposta potencializa a atividade do músculo agonista, gerando uma maior força. No entanto, se uma ação muscular concêntrica não é realizada imediatamente após ao estiramento, aproveitando o efeito reflexo, a potencialização da ação é perdida (BOSCO *et al*., 1981;RIEWALD, 2003;POTACHI e CHU, 2010).

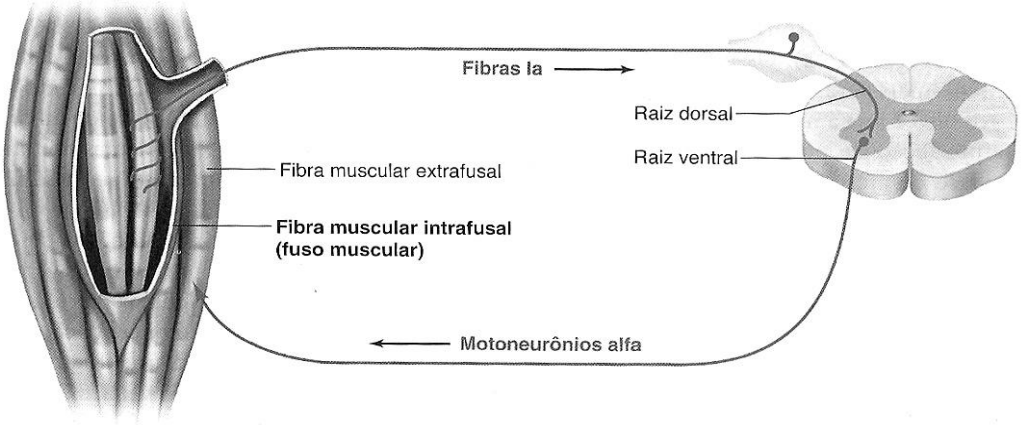

Figura 2 - Representação esquemática dos elementos que participam do reflexo miotático (POTACHI e CHU, 2010,p.381).

É importante perceber a atuação concomitante da utilização da energia potencial elástica e do aproveitamento do reflexo miotático, visto que os dois são os fenômenos que explicam parcialmente a otimização do CAE (BOSCO *et al*., 1981; THOMAS, 1988; POTACHI e CHU, 2010)

Assim, um alongamento rápido seguido de uma imediata ação concêntrica, representa um trabalho mais efetivo. Este fato tem sido sustentado pelas evidências científicas, a partir de estudos clássicos realizados em animais (CAVAGNA *et al*., 1968) e em seres humanos (ASMUSSEN e BODE PETERSEN, 1974, BOSCO *et al*., 1982). A importância da amplitude, velocidade de alongamento e a transição rápida entre as fases, são justificadas a partir da explicação de dois fenômenos explicados acima: a estimulação do reflexo miotático (THOMAS, 1988; POTACHI e CHU, 2010) e utilização da energia potencial elástica (CAVAGNA *et al*., 1968; CAVAGNA, 1977).

Em síntese, o treinamento pliométrico (TP) refere-se à forma de treinamento utilizada para otimizar o CAE, na perspectiva de desenvolver as habilidades humanas realizas em alta intensidade e curta duração, principalmente as corridas rápidas e os saltos. Embora a maioria dos estudos do TP sejam direcionados para os membros inferiores, sabe-se ainda que o treinamento pliométrico não resume-se apenas a estes, mas também para os grupos musculares dos membros superiores (WILK, 1993; SANTOS, 1999; WARPEHA,2007).

4.1.4. Determinação da altura ótima para treinamento pliométrico

A partir do entendimento sobre a complexidade estrutural do movimento esportivo e que este se apresenta em alto grau de variabilidade, ou seja, a sua reprodutibilidade pode estar comprometida, os resultados devem ser caracterizados por alto grau de objetividade, confiabilidade e validade. Observa-se também que a análise do movimento esportivo pode apresentar limitações intrínsecas, fator que pode justificar a dificuldade de padronização nas medidas biomecânicas (BAUMANN, 1992).

A variação intra-sujeito é o tipo mais importante de confiabilidade de medida para pesquisadores, pois pode afetar a precisão da estimativa de mudança na variável de um estudo experimental. É importante também para técnicos, preparadores físicos, cientistas e outros profissionais que utilizam testes para monitorar o desempenho dos seus avaliados (HOPKINS *et al*., 2001).

Este padrão de variação intra-sujeito é também conhecido como erro padrão de medida (EPM), a principal razão do EPM é biológica, por exemplo, a potência máxima individual pode se alterar em três tentativas devido a mudanças mentais ou estado físico (HOPKINS, 2000).

Para a prescrição do treinamento pliométrico assim como qualquer treinamento, faz-se necessária a realização de testes para determinar o nível em que o indivíduo se encontra. A partir daí, pode-se prescrever intensidades ótimas para o bom desenvolvimento da capacidade a ser treinada.

Para treinamento pliométrico de membros inferiores, os saltos verticais como o salto com contramovimento (SCM) e salto em profundidade (SP) podem ser utilizados como testes para posteriores prescrições.

Na realização de SP a escolha de uma altura ótima de queda constitui um aspecto fundamental para a qualidade do treinamento, tendo em vista que o tempo de contato com o solo deve ser o menor possível (CHAGAS; CAMPOS; MENZEL, 2001).

A determinação da altura máxima de queda no salto em profundidade é realizada com quedas crescentes a partir de 20 cm. (BOSCO, 1994; MOURA, 1994; MOURA *et al*., 1998; SCHIMTDBLEICHER, 2005). A partir daí o treinador poderá

utilizar um percentual deste valor máximo obtido, pois as maiores alturas podem aumentar o tempo de contato.

4.2. Ciclo Alongamento-Encurtamento (CAE): Aspectos Fisiológicos

4.2.1. Armazenamento e Utilização de Energia Elástica

Dentro de um contexto esportivo, bem como em movimentos realizados no cotidiano, dificilmente podemos observar ações musculares puramente isométricas, excêntricas ou concêntricas, havendo quase sempre a participação do CAE (BOSCO, 2007; KOMI, 2006), sendo este considerado uma ação muscular independente das outras formas de contração (CHAGAS; CAMPOS; MENZEL, 2001).

O CAE é regulado essencialmente pelo armazenamento de energia elástica durante a fase excêntrica, a qual pode ser utilizada na fase concêntrica, e pelo equilíbrio entre os fatores nervosos facilitadores (reflexo miotático) e inibidores da contração muscular (PLATONOV, 2008; BOSCO, 2007; KOMI, 2006; CHAGAS; CAMPOS; MENZEL, 2001)

Durante a ação muscular excêntrica produz-se um trabalho negativo, o qual tem parte da sua energia mecânica absorvida e armazenada sob a forma de energia potencial elástica nos elementos elásticos em série (KOMI, 2006). Quando ocorre a passagem da fase excêntrica para a concêntrica, os músculos podem utilizar parte desta energia rapidamente, aumentando a geração de força na fase subseqüente, com menor gasto metabólico e maior eficiência mecânica (KUBO; KAWAKAMI; FUKUNAGA, 1999). Porém, se a passagem de uma fase para outra for lenta, parte da energia potencial elástica será dissipada principalmente sob forma de calor, não sendo convertida em energia cinética (PLATONOV, 2008; BOSCO, 2007)

Segundo Slauber (1989 *apud* UGRINOWITSCH; BARBANTI, 1998) durante as ações excêntricas, as cabeças de miosina conectadas aos sítios de ligação sofrem uma rotação contrária ao sentido do encurtamento dos sarcômeros,

suportando assim uma força muito maior do que aquela gerada durante as ações concêntricas. Nessa situação, não ocorre hidrólise das moléculas de ATP ligadas às cabeças de miosina, possibilitando assim maior eficiência mecânica.

4.2.2. Reflexo Miotático

O reflexo miotático baseia-se na ação de duas estruturas proprioceptivas de controle do movimento, os fusos musculares e os Órgãos Tendinosos de Golgi (OTG). Os fusos musculares são responsáveis pela detecção do comprimento muscular, bem como, a velocidade de alteração do comprimento, onde, a partir de determinado limiar, existe uma contração muscular reflexa (facilitação). Os OTG fornecem informação sobre a quantidade de força ou tensão gerada no músculo, onde, ao atingir seu limiar de excitação provoca um relaxamento da musculatura envolvida na tarefa (inibição) (KOMI, 2006).

De acordo com Komi e Gollhofer (1997), três condições são fundamentais para que o reflexo de estiramento potencialize o ciclo alongamento-encurtamento (CAE): Pré-ativação dos músculos bem temporizada, antes da fase excêntrica; Fase excêntrica curta e rápida; Transição imediata (pequeno atraso) entre as fases de alongamento (excêntrica) e encurtamento (concêntrica).

Em saltos e corridas, antes mesmo da fase de contato com o solo, há uma pré-ativação dos músculos responsáveis pelo movimento, quantificada pela alteração no sinal eletromiográfico, que por sua vez aumenta a produção de força das ligações cruzadas do complexo actina-miosina (KOMI, 2006). Essa pré-ativação é responsável pelo aumento rigidez de pequena amplitude, que permite uma transferência imediata e uniforme do complexo miotendíneo pré-ativado e excentricamente alongado para a fase concêntrica. Com o treinamento há uma redução da pré-ativação até níveis ótimos para uma determinada altura de queda (KOMI, 2006).

Estudos indicam que esse mecanismo reflexo pode atuar de 40 a 70ms, contando com o atraso eletromecânico (BOSCO, 2007; KOMI, 2006). Ao executar um movimento com deslocamentos angulares muito amplos, a ação do reflexo

miotático cairia na fase excêntrica do CAE, por outro lado, a reação miotática reflexa poderia acontecer na fase de trabalho positivo caso a amplitude de movimento fosse mínima e veloz. Dessa forma, deve haver uma relação ótima entre a amplitude de movimento, velocidade de movimento e rigidez (BOSCO, 2007).

Além da amplitude de movimento, a rigidez do complexo miotendíneo depende da eficiência do reflexo miotático, o qual permite que sejam exercidas sobre o músculo ativo cargas constantes durante um potente estiramento (KOMI, 2006; SCHMIDTBLEICHER, 1992).

Além do armazenamento e reutilização de energia elástica e o reflexo miotático no CAE, alguns fatores intervenientes estão relacionados à potenciação do desempenho de acordo com a característica do exercício realizado.

4.2.3. Amplitude de Movimento

Durante a execução do SP há um menor deslocamento angular das articulações do quadril, joelho e tornozelo quando comparado ao SCM (SCHMIDTBLEICHER, 1992).

Durante a execução de um salto com utilização do CAE curto - salto em profundidade – (SP), a força exercida sobre o tendão do calcâneo é maior do que sobre o tendão patelar. Contudo, ao aumentar a intensidade do salto em profundidade ou aumentar o tempo de transição (salto com contramovimento), a força do tendão patelar aumenta e a força do tendão do calcâneo pode diminuir (FINNI; KOMI; LEPOLA, 2000). Ao contrário do que ocorre no SP, o recuo elástico do músculo tríceps sural desempenha um papel pequeno no salto com contramovimento (SCM), possivelmente devido ao fato de no SCM, a fase excêntrica ser lenta e a contribuição reflexa da potencialização do CAE ser muito menor que no SP (KOMI, 2006).

O alongamento e o comprimento muscular, respectivamente nas fases excêntricas e concêntricas, também são eventos que ocorrem naturalmente no CAE. Por exemplo, o alongamento-encurtamento dos fascículos do músculo vasto lateral e

gastrocnêmio durante o salto agachado (SA), SCM e SP não ocorrem na mesma fase durante o CAE (KOMI, 2006).

Komi e Gollhofer (1997) afirmaram que somente em movimentos nos quais a quantidade de pré-estiramento é pequena (alongamento do complexo músculo-tendão da ordem de 6 a 8% da amplitude inicial, ou seja, movimento com pequena amplitude) o reflexo de estiramento pode ser utilizado.

4.2.4. Rigidez da Unidade Miotendínea

Dentre a contribuição para o acúmulo de energia potencial elástica das duas estruturas que compõem os elementos elásticos em série, os tendões estariam diretamente ligados ao grau de rigidez da unidade miotendínea (UMT) (UGRINOWITSCH; BARBANTI, 1998). Rigidez pode ser entendida mecanicamente como a deformação de um corpo em relação a uma determinada força, e no corpo humano, é definida por Gans (1982) como a resistência oposta pela UMT à deformação.

Os tecidos biológicos são estruturas complexas e também apresentam comportamentos mecânicos complexos em resposta a carga. Para um tendão alongado em uma taxa constante (figura 3A), o aumento inicial na deformação, com pequeno aumento na força, acontece na região *toe.* A inclinação da região elástica, após a região *toe*, varia dependendo da taxa de alongamento (figura 3A). Visto que os tendões são estruturas viscoelásticas, o tempo de aplicação da força (carga). A histerese, uma propriedade de materiais viscoelásticos, fornece uma medida da quantidade de energia perdida por materiais que não são completamente elásticos, podendo ser visualizada na figura 3B como a área entre a carga e a descarga no tendão. Para um dado comprimento, um alongamento rápido resulta em maior força no tendão comparado com um alongamento lento (KNUDSON, 2007).

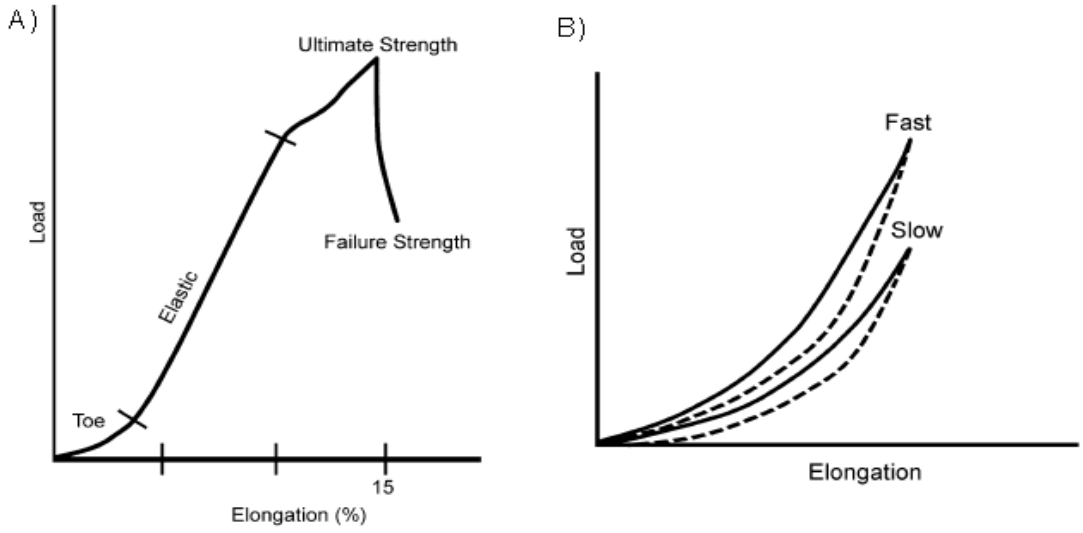

Figura 3 – A) Curva de carga-deformação (alongamento) para o tendão humano alongado em uma taxa constante. B) Curva de carga deformação para um tendão alongado em um mesmo comprimento a diferentes taxas de velocidade (rápida e lenta). No CAE, a linha tracejada representa a energia elástica armazenada e linha contínua representa a parte reutilizada dessa energia armazenada (KNUDSON, 2007)

Ao investigar a relação entre a rigidez da Unidade Miotendínea (UMT) e a performance dinâmica no ciclo alongamento-encurtamento, Walshe e Wilson (1997) atribuíram o fato dos sujeitos do grupo rígidos não serem capazes de tolerar cargas elevadas como os sujeitos homólogos do grupo complacente no SP, a um possível reflexo desse mecanismo de proteção, propondo que a UMT é o elo de amortecimento entre as estruturas esqueléticas e em certa medida designa como as forças externas são efetivamente transmitidas através do corpo. Desta forma, a rigidez da UMT, com uma redução da capacidade de atenuar a tensão transmitida sobre ela, presumivelmente, induziria um maior *drive* inibitório dos Órgãos Tendinosos de Golgi, que por sua vez reduziria o subseqüente desempenho concêntrico. Todavia, Cook e McDonagh (1996) ressaltam que quanto maior o grau de rigidez, maior o acúmulo de energia potencial elástica que poderá ser reutilizada na fase concêntrica do movimento.

4.2.5. Tipos de Ciclo Alongamento-Encurtamento - CAE

Quando realizados exercícios onde o tempo de transição entre a fase excêntrica e concêntrica tem uma duração menor que 250ms, é caracterizado a utilização do CAE de curta duração. Nessas situações, as condições de potencialização do CAE por meio do reflexo miotático são fundamentais para a plena realização do movimento. Contudo, é caracterizada a presença do CAE de longa duração quando o tempo de transição for superior a 250ms (SCHMIDTBLEICHER, 1992). Ambos os tipos de CAE há uma melhora do desempenho em função do armazenamento e reutilização de energia elástica (ZATSIORSKY, 2000).

4.3. Treinamento Pliométrico para Membros Inferiores

As três técnicas de saltos verticais utilizadas para o estudo do CAE são: salto agachado (SA), salto com contramovimento (SCM) e o salto em profundidade (SP) (KOMI; BOSCO, 1978) (FIGURA 4a; 4b e 4c). O SA é caracterizado por uma ação puramente concêntrica, ao contrario das outras duas técnicas SCM e SP que demandam o CAE. Alguns estudos utilizam a diferença do desempenho do SA em comparação SCM para quantificar a utilização do CAE. No entanto deve ficar claro que o CAE pode ocorrer em diferentes ações motoras, os saltos foram escolhidos por sua grande abrangência.

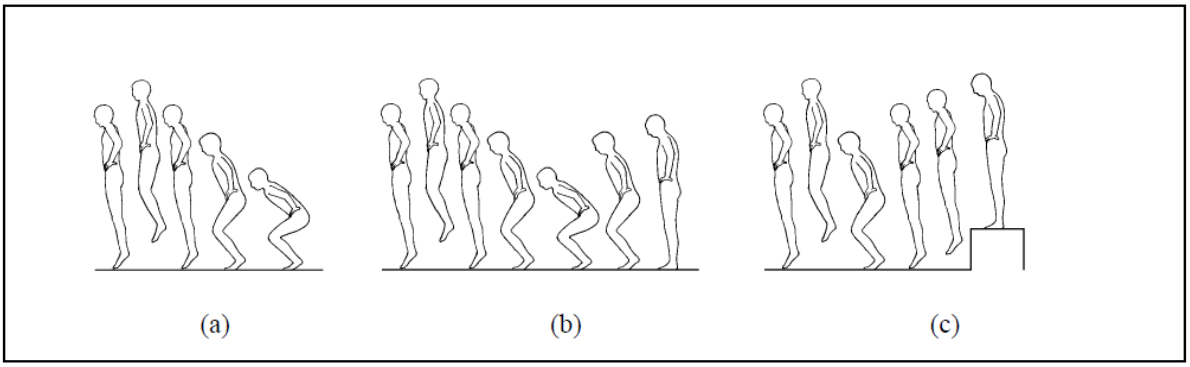

Figura 4 - Salto agachado (a); Salto com contramovimento (b) e Salto em profundidade (c). (AMADIO, *et al*., 2011).

Baker (1996) citou um aumento de 15 a 20% do SCM para o SA e que, um aumento menor do que 10% significava uma má utilização do CAE, Anderson; Pandy (1993), determinaram um aumento de 5% de uma técnica para outra e Bobbert *et al*.(1996), encontraram uma diferença de 7,6%.

O treinamento pliométrico é responsável por estimular propriedades neuromusculares direcionadas à modalidade esportiva, assim, seus exercícios devem ser realizados em altas velocidades, com cargas elevadas e utilizando o CAE (BOSCO, 2007).

Um fator importante para a prescrição do treinamento pliométrico é saber plenamente a definição de pliometria, para que seja possível distinguir as ações pliométricas (jumping, running, skipping) do treinamento pliométrico, o qual se refere à aplicação das ações pliométricas de acordo com a modalidade esportiva (ZATSIORSKY, 2000).

Previamente às sessões de treinamento pliométrico é recomendado um aquecimento de 10 a 15 minutos, composto por exercícios dinâmicos de baixa intensidade, como *skipping*, trotes, etc. (CHU, 1998).

Os exercícios pliométricos não devem ser realizados quando o atleta está em situação de fadiga (CHAGAS; CAMPOS; MENZEL, 2001), dessa forma deveria ser respeitado uma pausa completa entre as séries da sessão de treino, baseado no nível de esforço realizado (SANTOS, 2009).

4.4. Carga de treinamento

Para uma adequada prescrição de treinamento, é necessário que conheça e saiba estruturar as cargas de treinamento. Szmuchrowski (1995) propôs um novo paradigma de treinamento, denominado Planejamento, Registro e Análise da Carga de Treinamento (PRACTE). Um importante elemento para a aplicação do PRACTE é a elaboração do catálogo dos Meios de treinamento, ou seja, um conjunto de Meios de treinamentos determinados a uma finalidade específica. O meio de treinamento é composto sempre do exercício, seja ele geral, direcionado ou específico, aplicado

com o devido método de treinamento, que por sua vez é responsável pela forma do exercício, determinando a sua duração e intensidade. Portanto, pode-se dizer que os exercícios são acompanhados pelos métodos com os quais são executados e em seu conjunto formam importante ferramenta de adaptação no treinamento esportivo (Meio = Exercício + Método) e, consequentemente, uma boa opção para o treinamento pliométrico.

Em relação aos exercícios para treinamento pliométrico pode-se dizer que eles não devem ser realizados quando o atleta está em situação de fadiga (CHAGAS; CAMPOS; MENZEL, 2001) e a duração, frequência, volume e intensidade precisam ser bem estabelecidos.

Segundo Weineck (2003), o treinamento pliométrico deve ser aplicado a atletas que atingiram a adolescência, pois nessa fase à tolerância a estímulos é semelhante à idade adulta.

Vários tipos de exercícios pliométricos são dispostos na literatura (CHU, 1998; POTACHI e CHU, 2010) o que dificulta a sua classificação, todavia, recentemente, Ebben (2007) apresentou uma classificação que resumiremos a seguir: a) saltos no mesmo lugar, que podem ser realizados sem ênfase na altura do salto; b) saltitos com apoios em um ou dois membros; c) saltos com ênfase no componente vertical ou horizontal, enfatizando o máximo esforço; d) saltos sobre obstáculos (cones ou barreiras); e) saltos entre obstáculos, normalmente utilizados entre dois ou mais caixotes; f) saltos a partir de um plano superior seguido de ressalto máximo, priorizando a verticalidade (salto em profundidade). Este último considerado o exercício mais popular, mais utilizado e mais intenso (BOBBERT *et al*., 1987a; THOMAS, 1988; SARDINHA e MllL-HOMENS, 1989).

Para Chu *et al*. (2006) a intensidade do TP é a variável mais importante na prescrição deste tipo de treinamento. A determinação da intensidade é controlada, sobretudo, pela natureza dos exercícios, seguindo a hierarquia a partir dos saltitos no mesmo lugar, até o mais intenso de todos os exercícios o salto em profundidade, para estes autores a intensidade no TP refere-se ao stress que os exercícios causam as articulações, a estrutura muscular e aos tecidos conjuntivos. (Ebben, 2007; Chu e Potachi (2010).

Estudos têm tentado, cada vez mais, aprofundar o entendimento relativo à determinação da intensidade nos saltos em profundidade. No entanto, mesmo sendo o tipo de exercício mais referido na literatura, a determinação da altura máxima de queda a ser utilizada no treinamento, suscita algumas controvérsias, pela técnica de queda no solo (MOURA *et al*., 1998), sua relação com a massa corporal do individuo, quantidade de saltos a ser realizado, característica do praticante e especificidade da modalidade, gênero (SEIXO e MAIA, 2003), tempo de contato no solo (SCHMIDTBLEICHER, 2005) e magnitude de deslocamento angular (ENOKA, 1988).

Recentemente, nos mais variados exercícios, o recurso da eletromiografia foi utilizado para perceber a ativação nos diferentes grupamentos musculares dos membros inferiores (EBBEN *et al*., 2008).

Para determinar a intensidade no salto em profundidade tem sido recomendada por alguns autores a determinação da altura máxima de queda, com quedas crescentes a partir de 20 cm. (BOSCO, 1994; MOURA, 1994; MOURA *et al*., 1998; SCHIMTDBLEICHER, 2005). A partir daí o treinador poderá utilizar um percentual deste valor máximo obtido, pois as maiores alturas podem aumentar o tempo de contato, visto que estão ligadas ao maior salto vertical posterior (CARVALHO, 2000). Assim, outra recomendação prática é a de não utilizar alturas de plataforma que induzam ao aumento do tempo de contato, mesmo que sejam as que possibilitam o maior salto vertical após a queda (MOURA, 1994).

A descrição detalhada do teste consiste em realizar um salto vertical a partir da posição de pé, com o tronco ereto e partindo de um banco com altura determinada, habitualmente 20 cm para o início, mantendo os joelhos em 180º e as mãos fixas na altura do quadril. A forma de execução tem início quando o sujeito realiza a queda, avançado um dos pés à frente, após a queda é orientado a realizar um salto vertical máximo, devendo frear com a flexão dos joelhos a 90º (BOSCO, 1994).

Quanto ao volume e à frequência de treinamento, Markovic (2007) em uma meta-analise sobre treinamento pliométrico, verificou que os estudos apresentavam duração de 4 a 24 semanas, com freqüência de 2 a 3 vezes por semana e de 540 a 2028 saltos por programa de treinamento.

Bosco (2007) sugere que o treinamento pliométrico seja realizado 2 vezes por semana, não superando 50 saltos por sessão.

Villarreal *et al*. (2009) em outra meta-analise sobre treinamento pliométrico verificou que os estudos apresentavam duração de 4 a 36 semanas, com freqüência de 2 a 4 vezes por semana e eram realizados de 10 a 450 saltos em uma sessão de treinamento, incluindo os mais variados tipos de saltos.

5. MÉTODO

5.1. Caracterização da Amostra

Participaram do estudo 20 indivíduos voluntários, do sexo masculino, todos adultos, estudantes de Educação Física. A amostra apresentou idade, massa corporal e estatura em média e desvio padrão, respectivamente, 22.5 ± 3.0 anos, 72.3 ± 9.3 quilogramas e 1.78 ± 0.1 metros.

Para participação na pesquisa cada indivíduo devia atender às seguintes exigências: ser considerado sadio com base no questionário PAR-Q, não apresentar ocorrência ou antecedentes de lesão articular em membros inferiores e ser treinado em pliometria, com experiência em saltos verticais.

O cálculo amostral foi realizado a partir do estudo de Komi & Bosco (1978) e baseado nos valores de média e desvio padrão da altura do Salto em Profundidade (SP), com alfa igual a 0,05 e variação de 10%. A equação utilizada foi:

$$n = \frac{(t_{\alpha.gl.}s)^2}{\Delta}$$

O *n* resultou em um número mínimo de 13 voluntários.

5.2. Local de Realização

Os dados do presente estudo foram coletados no Laboratório de Avaliação da Carga no Centro de Excelência Esportiva da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais. A temperatura da sala foi mantida entre 20 e 24 °C e a umidade relativa do ar entre 30 e 70%.

5.3. Cuidados Éticos

O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal da Paraíba. Ao apresentarem-se como voluntários, os indivíduos foram informados pelos pesquisadores a respeito dos objetivos e dos procedimentos metodológicos do estudo e informados sobre os possíveis riscos e desconfortos relacionados à participação nos experimentos. Após os esclarecimentos de possíveis dúvidas, cada voluntário recebeu um termo de Consentimento Livre e Esclarecido, o qual assinou concordando em participar da pesquisa e estando ciente de que a qualquer momento poderia, sem constrangimento, deixar de participar do mesmo.

5.4. Instrumentos

Antropômetro - Foi utilizado um antropômetro CESCORF® (estadiômetro vertical) para medição da altura dos voluntários, com precisão de 0,05 cm.

Balança - Foi utilizada uma balança digital FILIZOLA® MF *Standard* para a pesagem dos voluntários, com precisão de 0,02 kg.

Plataforma de força - Foi utilizada uma plataforma de força PLA3-1D-7KN/JBA Zb, Staniak®, (Polônia), composta por duas superfícies com 40x40cm cada (Figura 5). Ela possui, em cada uma das superfícies, células de força compostas por sensores *strain gauge*, sensíveis à pressão, conectadas a um conversor analógico-digital e amplificador de sinal (Amplificador WTM 005-2T/2P JD Jaroslaw® – Polônia). Este amplificador fornece ao software (MVJ versão 3.4 - Zb.Staniak® – Polônia) valores de força e tempo.

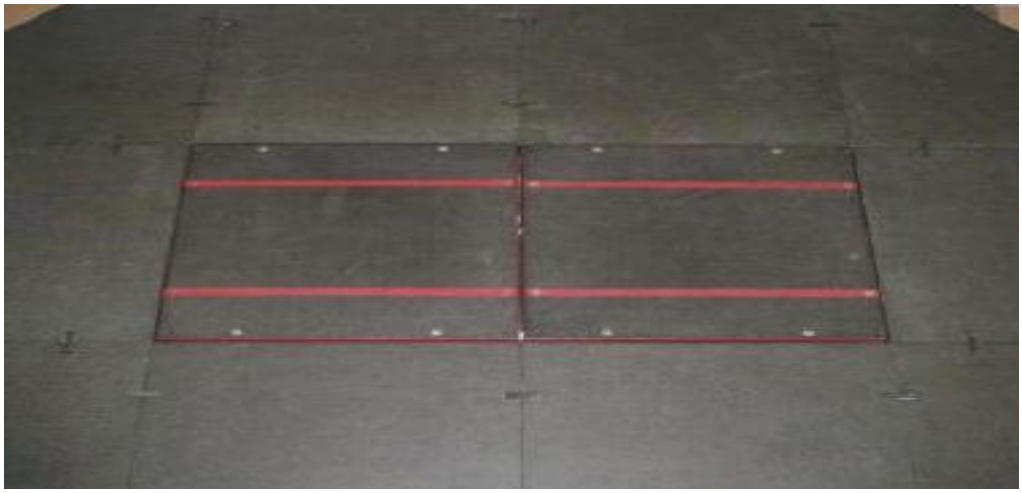

Figura 5 – Plataforma de força PLA3-1D-7KN/JBA Zb, (Staniak®, Polônia) (FERREIRA; CARVALHO; SZMUCHROWSKI, 2008)

Obstáculos

Caixotes de madeira – Seis caixotes, sendo dois com altura de 10 cm, dois de 15 cm e 2 de 20 cm, permitindo uma altura total de 90 cm (Figura 6)..

Figura 6 - Caixotes para Salto em Profundidade.

Barreiras de PVC – Oito barreiras com alturas progressivas em 10 cm, sendo a menor com 20 cm e a maior com 90 cm.

Figura 7 – Barreiras de PVC para Salto sobre Barreira.

5.5. Delineamento Experimental

Os voluntários responderam o "*Physical Activity Readiness Questionnaire*" (PAR-Q) um questionário preparado pelo *American College of Sports Medicine* (ACSM), cujos dados poderão indicar a necessidade ou não da realização de um exame médico prévio e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – (TCLE).

Foram dados aos voluntários, previamente, os esclarecimentos sobre todos os procedimentos dos testes, com o objetivo de assegurar a boa execução de todas as suas etapas. O estudo foi executado em um total de cinco dias e constituído de três etapas 1) TCLE e antropometria; 2) Aquecimento e familiarização; 3) Aquecimento e realização de testes para identificação das alturas ótimas de queda (caixote) e de transposição (barreira), de forma aleatória.

Para a realização dessas etapas, os voluntários deviam comparecer ao laboratório por quatro dias, sendo dois dias de familiarização e dois dias de teste, com intervalo mínimo de 48 horas, entre cada dia.

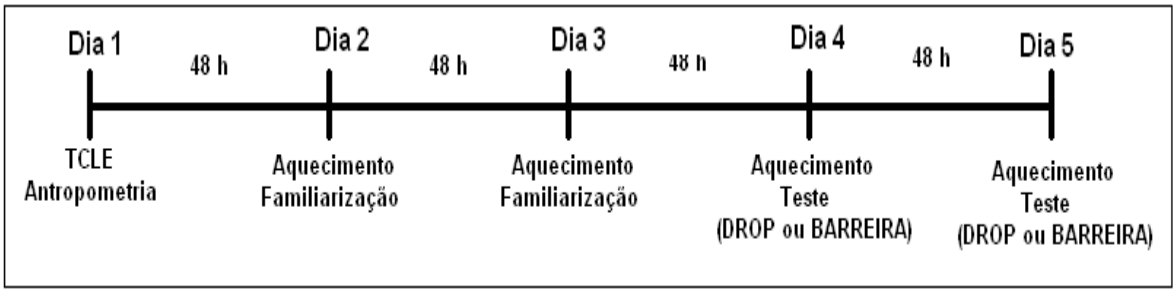

Figura 8 - Representação esquemática do delineamento experimental.

As variáveis controladas nesse estudo foram: tempo de contato e desempenho (altura de vôo). Estes foram ainda os critérios utilizados para eliminação nos testes para identificação da altura ótima do salto.

5.6. Procedimentos

Inicialmente, os voluntários compareceram ao Laboratório de Avaliação da Carga (LAC/UFMG), onde foram explicados os procedimentos da pesquisa. Após aceitarem participar de forma voluntária, assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e preencheram o questionário PAR-Q. No mesmo dia foram coletadas para caracterização antropométrica dos voluntários a estatura e a massa corporal.

No segundo e terceiro dia de encontro foram realizadas sessões de familiarização com duas técnicas de saltos verticais, de forma aleatória, em ambos os dias, sendo precedidas de um aquecimento padrão específico para cada situação.

Já no quarto e quinto dia, ocorreu um teste para identificação da altura ótima para treinamento pliométrico. O teste seria com Salto em Profundidade (SP) e com Salto sobre Barreira (SB), sendo realizado um em cada encontro de forma aleatória, sempre precedido do mesmo aquecimento padrão.

Aquecimento

Os voluntários realizaram 6 saltos em profundidade ou sobre barreira, dependendo da situação de familiarização ou teste com o intuito de aumentar a nível de ativação muscular e aproximá-los com a situação do teste. Consistia na execução de dois saltos sobre a plataforma de força, para cada uma das seguintes alturas: 20, 40 e 60 centímetros (cm). Foi respeitado um intervalo de 30 segundos entre cada salto.

Familiarização

Iniciava-se logo após o aquecimento e consistia na execução, aleatória, de duas técnicas de saltos verticais – Salto em Profundidade (SP) e Salto sobre Barreira (SB). Os voluntários realizaram, aproximadamente, 16 saltos (quantidade necessária para se estabilizar o desempenho, passando para o outro tipo de salto vertical após um intervalo de 30 minutos) com altura de obstáculo igual a 40 cm (WU *et al*., 2010) sobre a plataforma de força, com intervalo de 60 segundos entre cada salto.

No procedimento de familiarização adotado, o desempenho dos últimos 16 saltos do voluntário foi agrupado em dois grupos de 8 saltos e testada a sua equivalência através do Teste Z (ROGERS; HOWARD; 1993). Este teste trabalha com a hipótese de nulidade de não equivalência entre os grupos, sendo dessa forma, um teste apropriado para verificar o nível de igualdade entre os saltos do voluntário. Assim, permite analisar o nível de estabilização do desempenho nos SP e SB no dia de familiarização.

A segunda sessão de familiarização foi realizada 48h após, como já descrito no delineamento experimental e foi verificado também a partir do Teste Z (Intervalo de Confiança de 95%) se existe igualdade entre a média dos 16 últimos saltos entre os dois dias. Se necessário seria realizada outra sessão de familiarização.

Testes para identificação da altura ótima

Salto em Profundidade (SP)

Nesta etapa todos os voluntários realizaram o teste de salto em profundidade (SP) para identificação da altura máxima de queda. O indivíduo posicionava-se sobre o caixote, na extremidade mais próxima da plataforma de força. Esta plataforma de força ficava posicionada no solo, próxima ao caixote e foi utilizada na identificação da altura de salto vertical. O voluntário ficava em posição ortostática, com as mãos fixas próximas ao quadril, na região supra-ilíaca. O pé direito do voluntário ficaria suspenso e projetado à frente, a partir de uma pequena flexão de quadril. O pé esquerdo em contato com a borda do caixote e na posição anatômica. No entanto, apenas a metade posterior da sola do pé manteria contato com o caixote.

A metade anterior do pé esquerdo ficaria suspensa, em direção à plataforma de força. Como a altura de queda era uma variável importante no estudo, os voluntários não poderiam realizar um salto vertical para sair do caixote. Como o pé direito já se encontraria em suspensão e apenas a metade posterior do pé esquerdo estaria em contato com o caixote, o voluntário deveria realizar uma flexão plantar com o pé esquerdo para permitir que o mesmo deslizasse sobre o caixote permitindo que o voluntário caísse em direção à plataforma de força.

Depois de perder o contato com o caixote, o indivíduo se encontraria em fase de queda. Durante esta fase ele deveria manter os pés paralelos, com um afastamento semelhante ao dos quadris. Estes assim como os joelhos permaneceriam estendidos. O contato com a plataforma de força iniciar-se-ia com a ponta dos pés.

Durante o primeiro contato com a plataforma o voluntário realizaria um contramovimento, ou seja, uma ação excêntrica seguida por uma concêntrica. Para tal, seria realizada uma flexão de quadris e joelhos até a angulação em que o voluntário julgasse mais eficiente e, logo após, ocorreria a extensão de quadris e joelhos. Assim, o voluntário encontrar-se-ia na fase de vôo. Como na fase de queda, os joelhos e os quadris permaneciam em extensão até o novo contato com a plataforma de força.

O contato com a plataforma teria que ser realizado novamente com a ponta dos pés e, após este contato, os quadris e os joelhos deveriam ser flexionados com o intuito de amortecer o impacto. O tronco seria mantido ereto, na vertical e sem um adiantamento excessivo durante todo o SP. Os voluntários eram orientados a, após a fase de queda, manter o menor tempo de contato possível com a plataforma de força e atingir o maior desempenho, ou seja, a maior altura de vôo possível.

O teste de SP iniciou-se com uma altura de queda de 20 cm (determinado pela altura do caixote).

Caso o voluntário conseguisse manter um tempo de contato igual ou inferior a 250 milissegundos (ms), a altura de queda seria aumentada para 30 cm. Após cada tentativa a altura de queda seria aumenta de 10 em 10 cm, respeitando um intervalo de 3 minutos entre as tentativas.

Caso o tempo de contato ultrapassasse os 250 ms e/ou o desempenho (a altura de vôo) fosse inferior à altura obtida a partir do caixote anterior, a altura do caixote não seria aumentada. Seriam dadas mais duas tentativas de saltos com objetivo de superar o desempenho obtido no caixote anterior e manter um tempo de contato igual ou inferior a 250 ms. Para isso, era respeitado um intervalo de 3 minutos entre os saltos.

Se na terceira tentativa o voluntário não atingisse o tempo de contato e/ou o desempenho necessário, o teste seria interrompido e a altura do caixote anterior seria considerada a altura máxima de queda.

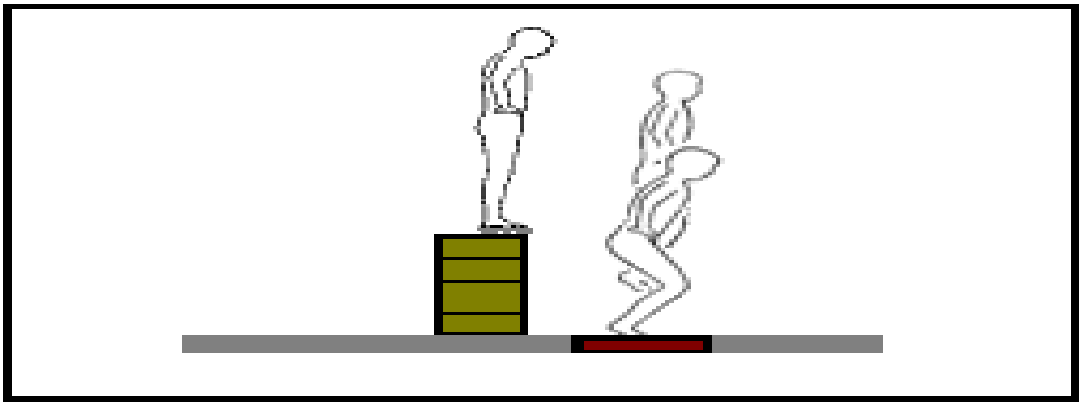

Figura 9 - Salto em Profundidade – SP (*Drop Jump*)

Salto sobre Barreira (SB)

O voluntário posicionava-se à frente da barreira, em posição ortostática, com as mãos fixas próximas ao quadril, na região supra-ilíaca. Os pés deveriam estar paralelos e com um afastamento semelhante ao afastamento dos quadris. O salto iniciar-se-ia com um contramovimento, ou seja, uma ação excêntrica seguida por uma concêntrica. Para tal, ele deveria realizar uma flexão de quadris e joelhos até a angulação em que julgasse mais eficiente e, em seguida, realizaria a extensão de quadris e joelhos. Assim, o voluntário encontrar-se-ia na fase de vôo. Após superar a barreira o voluntário começaria a fase de queda, até o primeiro contato com a plataforma.

O contato com a plataforma de força deveria se iniciar com a ponta dos pés. Durante esse primeiro contato o voluntário deveria realizar um contramovimento. Para tal, ele teria que realizar uma flexão de quadris e joelhos até a angulação em que julgasse mais eficiente e, em seguida, ocorreria a extensão de quadris e joelhos. Assim, o indivíduo encontrar-se-ia na segunda fase de vôo. Nesta fase os joelhos e os quadris permaneceriam em extensão até o novo contato com a plataforma de força. Este contato ocorreria novamente com a ponta dos pés e, logo após, os quadris e os joelhos seriam flexionados com o intuito de amortecer o impacto. O tronco seria mantido ereto, na vertical e sem um adiantamento excessivo durante o todo o SB.

Os voluntários eram orientados a manter o menor tempo de contato possível com a plataforma de força e atingir a maior desempenho (altura de vôo possível) após a primeira fase de queda.

Para a determinação da altura ótima da barreira foi realizado o mesmo procedimento utilizado para a obtenção da altura ótima do salto em profundidade, oferecendo três tentativas e respeitando os mesmos critérios de exclusão.

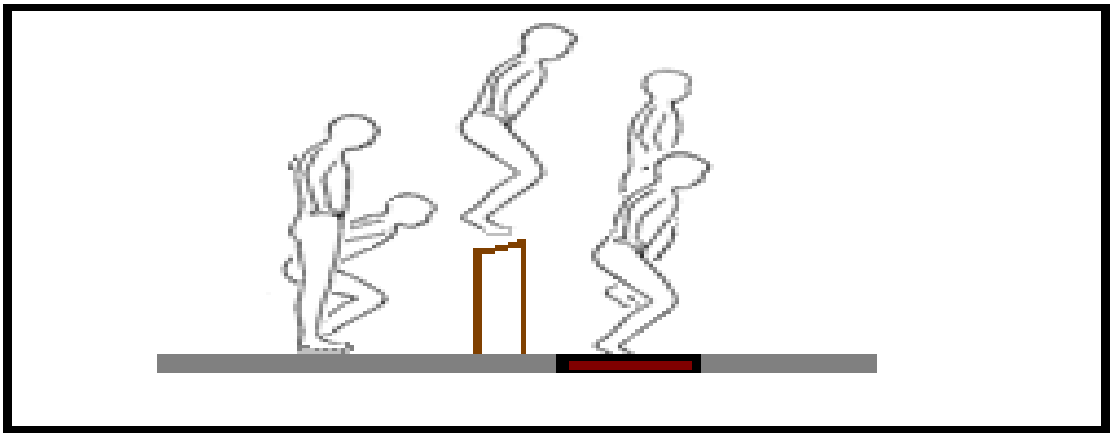

Figura 10 - Salto sobre Barreira – SB.

Todos os procedimentos realizados para a coleta de dados estão resumidos no esquema abaixo:

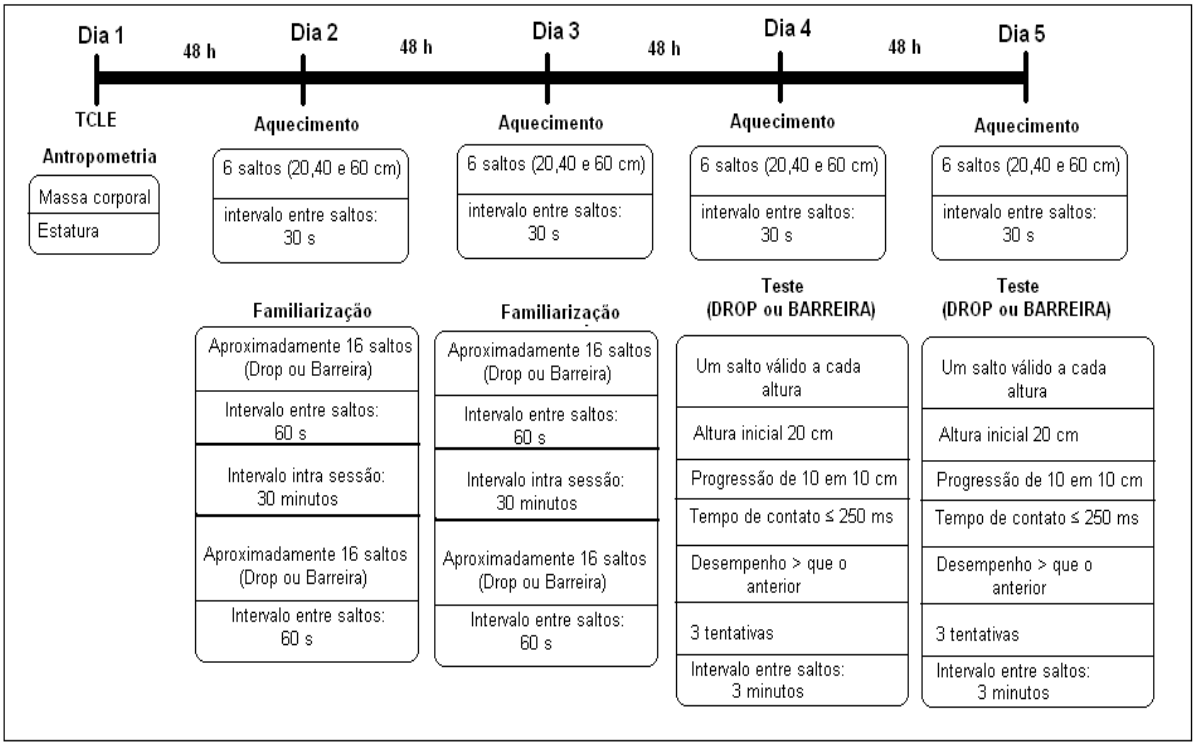

Figura 11 – Representação esquemática dos procedimentos experimentais.

5.7. Análise Estatística

A normalidade dos dados foi verificada através do teste de *Kolmogorov-Smirnov*. Para a comparação das médias dos resultados obtidos nos testes, foi realizado um teste t pareado. O nível de significância adotado foi de $p<0,05$. O Teste Z com Intervalo de Confiança de 95% foi utilizado para verificar o nível de estabilização do desempenho em cada técnica nas sessões de familiarização. Para a análise estatística dos dados foi utilizado *software SPSS for Windows* versão 17.

6. RESULTADO

6.1. Alturas Ótimas de Obstáculos

A comparação das médias realizada entre as alturas ótimas de obstáculos, identificadas nas duas situações de teste - Salto em Profundidade (DROP) e Salto sobre Barreira – não mostrou diferença significativa *(p = 0.181).* O desvio padrão foi de ± 14.53 cm. Dessa forma, as alturas dos obstáculos nos dois testes realizados foram, em média, iguais.

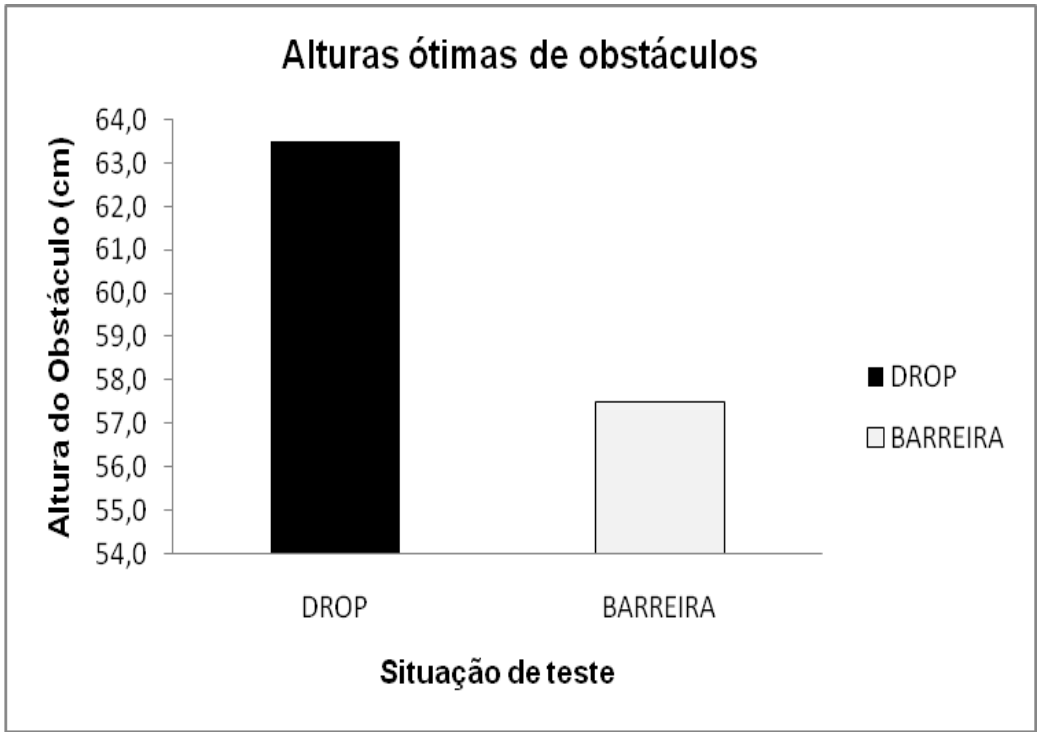

Figura 12 - Alturas ótimas de obstáculos nas duas situações de teste analisadas. Os valores estão dispostos em média.

6.2. Tempo de Contato nas Alturas Ótimas

Em relação à comparação das médias dos tempos de contato, também não foram encontradas diferenças significativas *(p = 0.233)* para as duas situações de teste realizadas (DROP e BARREIRA). O desvio padrão foi de ± 0.033 ms.

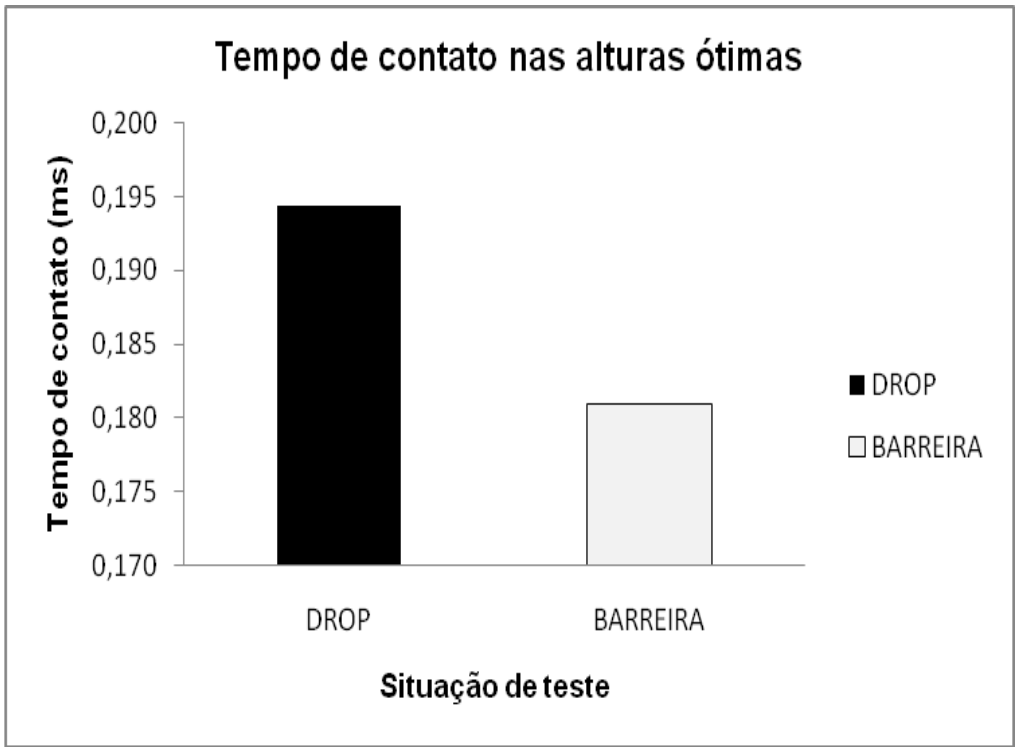

Figura 13 - Tempo de contato nas alturas ótimas das duas condições estudadas. Os valores estão dispostos em média.

6.3. Desempenho nas Alturas Ótimas

Já a comparação das médias de desempenho nas alturas ótimas, obtido nas duas situações de teste - Salto em Profundidade (DROP) e Salto sobre Barreira, apresentou diferença significativa *(p = 0.016)* e um desvio padrão de ± 0.054 m, sendo maior no salto sobre Barreira.

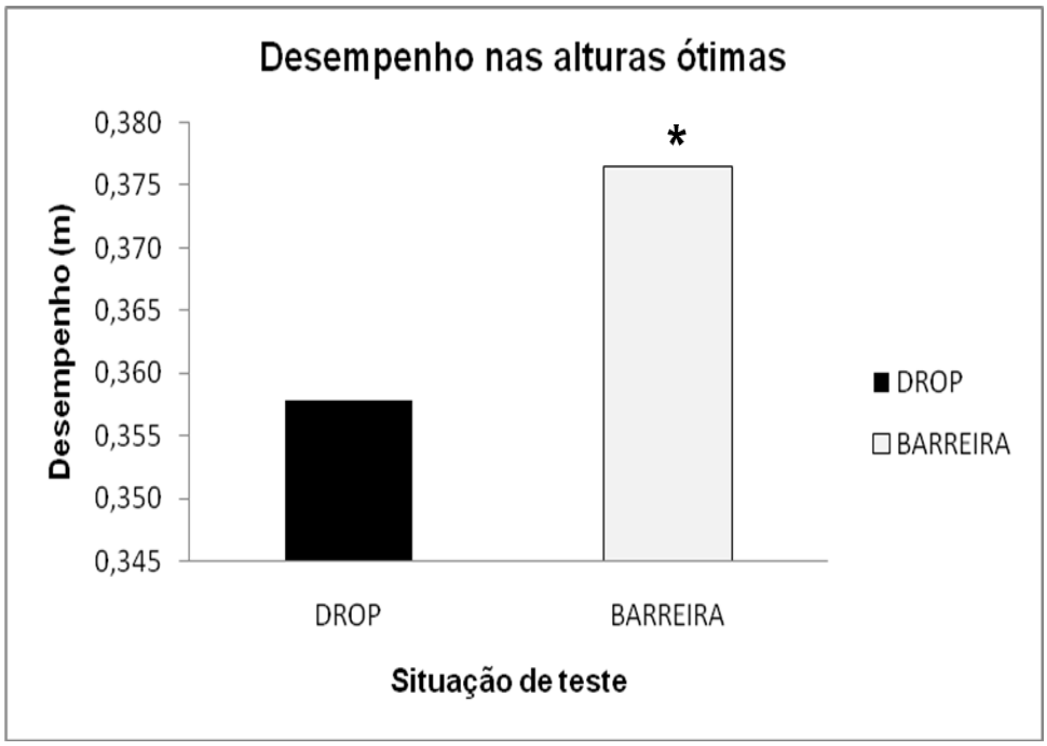

Figura 14 - Desempenho nas alturas ótimas nas duas condições estudadas. Os valores estão dispostos em média. * representa diferença significativa para p<0,05.

7. DISCUSSÃO

Pelo fato de o Treinamento Pliométrico (TP) ser um dos meios mais populares de treinamento, é de grande importância que estudos sejam realizados visando investigar formas de minimizar os possíveis erros relacionados à sua prescrição.

Isso porque se trata de um meio utilizado, essencialmente, para o desenvolvimento da força explosiva no esporte buscando a otimização do rendimento nas mais variadas modalidades como basquetebol (KLIFA *et al*., 2010), voleibol (MILIÉ *et al*., 2008), futebol (RONNESTAD,2008), handebol (MENDES, 2003), tênis (SALONIKIDIS, 2008), natação (BISHOP *et al*., 2009), entre outras.

Porém visa ainda o desenvolvimento da performance em habilidades específicas em não-atletas (OSES, 1986; KRISTIAN *et al*., 2008) e crianças (FAIGENBAUM, 2006).

Dessa forma, o presente estudo objetivou comparar o desempenho a altura ótima do salto para treinamento pliométrico em dois testes distintos.

Os resultados mostraram que a comparação das alturas ótimas de obstáculos nas duas situações de teste – Salto em Profundidade (SP) e Salto sobre Barreira (SB) – não apresentou diferença significativa *(p = 0.181)*. A possível explicação para esse fato está relacionada à elevação e trajetória do Centro de Gravidade (CG), pois a altura ótima do obstáculo depende da capacidade do indivíduo elevar ao máximo o seu CG. Isso é mais simples no SP, já que a trajetória do CG é apenas vertical e no SB é vertical e horizontal devido à necessidade de saltar sobre a barreira. Sendo assim, a altura ótima do obstáculo deveria ter sido maior no SP. Porém, no Salto sobre Barreira (SB) a complexidade em transpor o obstáculo cria um nível elevado de motivação além da maior proximidade com o gesto esportivo, o que pode ter tornado as alturas nas duas situações de teste, estaticamente, iguais.

A comparação entre os tempos de contato com o solo durante os saltos, nas duas situações de teste não apresentou diferença significativa *(p=0.233).* Esse resultado pode ser explicado pelo fato de o tempo de contato ser uma das variáveis controladas durante todos os saltos, uma vez que o indivíduo deveria executar um salto válido com o tempo de contato abaixo de 250 ms (SCHMIDTBLEICHER, 1992),

sendo este um dos critérios de exclusão da progressão das alturas. Assim, todos os saltos analisados tinham os tempos de contato dentro da faixa estipulada na pesquisa.

No entanto, em relação à comparação do desempenho (altura de vôo) obtido nas alturas ótimas de obstáculos, houve diferença significativa *(p = 0.016).* A provável explicação para essa ocorrência, deve-se a diferença do deslocamento do Centro de Gravidade (CG) dos indivíduos em cada situação salto, mesmo familiarizados. No salto em profundidade, devido à sua posição inicial (sobre o caixote), o CG encontra-se a uma maior altura quando comparado ao indivíduo que realiza um salto sobre uma barreira, como pode ser visto pela ilustração explicativa (Figura 15), corroborando o estudo de Carvalho *et al*. (2011), que comparou o salto em profundidade com o salto com contramovimento.

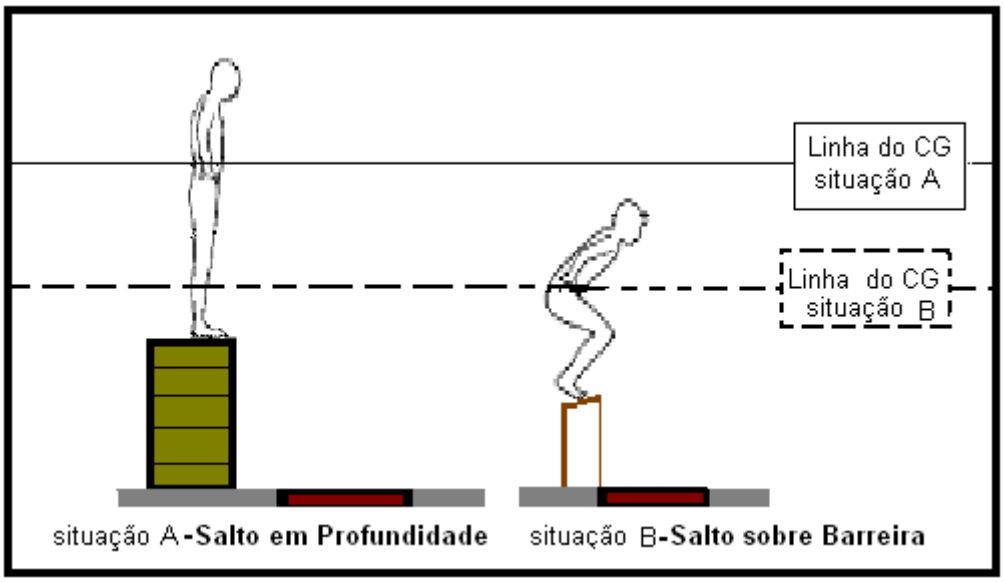

Figura 15 – Comparação do CG nas duas situações de teste.

Dessa forma, deslocamentos diferentes do CG (proporcionando trajetórias difrentes) podem ter causado essa diferença no desempenho.

Entretanto, a média do desempenho foi maior no Salto sobre Barreira. Teoricamente, o desempenho deveria ter sido maior no Salto em Profundidade, já que a altura máxima de queda do Centro de Gravidade (CG) foi maior e, consequentemente, o desempenho também seria maior. Isso porque no salto em Profundidade a velocidade do CG estaria aumentada no momento de contato com o

solo, aumentando a força excêntrica para amortecer o impacto e, consequentemente, produzindo uma facilitação neural para que a força concêntrica também seja gerada da mesma forma, assim como a eficiência no retorno da energia elástica pela utilização do CAE. Contrariando a literatura, o presente estudo não apresentou o desempenho maior no Salto em Profundidade e sim no Salto sobre Barreira.

Dessa forma mais estudos são necessários para explicar o maior desempenho no salto com Barreira.

A diferença no desempenho pode ainda ser explicada pela proximidade do gesto esportivo, pois a situação com transposição da barreira assemelha-se à situações reais do esporte. Por essa aproximação, os voluntários que eram treinados em pliometria, e foram familiarizados com as duas técnicas aplicadas, podem ter sentido mais confiaça na realização dessa tarefa. Isso pode ser explicado também pela metodologia aplicada por muitos treinadores, que utilizam treinamentos com saltos sobre obstáculos por proporcionarem uma maior especificidade com a exigência do salto que as modalidades demandam (Holmyard, Hazeldine, 1991).

8. CONCLUSÃO

A partir do presente estudo pode-se concluir que quando se comparam alturas ótimas de salto para treinamento pliométrico obtidas a partir de dois testes distintos (salto em Profundidade e Salto sobre Barreira) nem todos os parâmetros do salto apresentam diferença. Nesse estudo, o único parâmetro em que houve diferença significativa foi o desempenho (altura de vôo) dos saltos. Portanto, ao elaborar um treinamento pliométrico, deve-se saber que existem diferenças no teste que será escolhido para identificação da altura ótima, uma vez que os protocolos podem utilizar técnicas de salto diferentes. Logo, devido à dificuldade de informações científicas a respeito do assunto tratado, faz-se necessário a realização de mais estudos que comparem outras situações de altura de obstáculos além outros parâmetros do salto, como a pré ativação muscular.

REFERÊNCIAS

ALBERT, M. Treinamento Excêntrico em Esportes e Reabilitação. São Paulo: Manole, 2002. p. 63.

AMADIO , A.C.; ÁVILA , A.O.V.; GUIMARÃES, A.C.S.; DAVID , A.C.; MOTA, C.B. ; BORGES,D.M.; GUIMARÃES , F.; MENZEl, H.J.; DO CARMO , J.; LOSS, J.; SERRÃO, J.C.; SÁ, M.R.; BARROS, R. M. R. Métodos de medição em biomecânica do esporte: descrição de protocolos para aplicação nos centros de excelência Esportiva (rede cenesp - met). http://www.cemafe.com.br/ Acessado em 12 de jun de 2011.

ANDERSON, F.C.; PANDY, M.G. Storage and utilization of elastic strain energy during jumping. **Journal of Biomechanics**, v.26, n.12, p.1413-27, 1993.

ASMUSSEN, E.; BONDE-PETERSEN, F. Storage of elastic energy in skeletal muscles in man. **Acta Physiologica Scandinavica**, v.91,p.385-392,1974

ATHA, J. Strengthening Muscle. **Exercise and Sport Sciences Reviews** 1981;9:1-73.

BAKER, D. Improving, vertical jumping performance through general, special, and specific strength training: a brief review. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.10, n.2, p.131-6, 1996.

BATISTA, M.A.B.; COUTINHO, J.P.A.; BARROSO, R.; TRICOLI, V. Potencialização: a influência da contração muscular prévia no desempenho da força rápida. R**. Bras. Ci. e Mov**.; Junho 2003, 1 (2): 07-12

BAUMANN, W. Perspectives im methodology in Biomechanics of Sport. (Pp. 97-104), (in) Rodano, R., Ferrigno, G., Santambrogio, G.: Proceedings of the Symposium ofthe International Society of Biomechanics in Sports, Edi-Ermes, Milano, (1992).

BARNES, M. Introduction to Plyometrics. **Performance Training Journal**., v 2, n. 2, p. 13-20, 2003.

BISHOP, D.; SMITH, R.J.; SMITH, M.F.; RIGBY, H.E. Effect of plyometric training on Swimming block star performance in adolescents. Journal of Strength and Conditioning Research, v.23,n. 7, p. 2137-2143, 2009.

BOBBERT, M.F.; HUIJING, P.A.; SCHENAU, G.J.V.I. Drop Jumping I. The influence of dropping height on the biomechanics of drop jumping. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.19, n. 4, p. 332-348, 1987(a)

BOBBERT, M.F.; HUIJING, P.A.; SCHENAU, G.J.V.I. Drop Jumping II. The influence of dropping height on the biomechanics of drop jumping. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.19, n. 4, p. 339-346, 1987(b).

BOBBERT, M.F.; GERRITSEN, K.G.M.; LITJENS, M.C.A.; VAN SOEST, A.J. Why is countermovement jump height greater than squat jump height? Medicine and Science in Sports and Exercise, v.28, n.11, p.1402-12, 1996.

BOMPA, T.O. Treinamento de potência para o esporte. São Paulo: Phorte, 2004; 193.

BOSCO, C.; KOMI, P.; ITO, A. Pre-Stretch potentation of human skeletal muscle during balistic movement. **Acta Physiol. Scand**, 111, p.135-140, 1981.

BOSCO, C. La valoración de la fuerza con el test de Bosco. Barcelona: Paidotribo, 1994.

BOSCO, C. A força muscular: Aspectos fisiológicos e aplicações práticas. São Paulo:Phorte, 2007. p.147-150,155.

CARVALHO, C. Estudo comparativo de programas de treino pliométrico de diferentes níveis de intensidade de carga (60 vs 90% de AIQ) em equipas juvenis masculinos de voleibol. **Perspectivas**, n. 3, p.91-102, 2000.

CARVALHO, C.; CARDOSO , J. C.; RODRIGUES, T.; ESTUDO PRELIMINAR DAS VARIÁVEIS DINÂMICAS E CINEMÁTICAS DE DIFERENTES SALTOS DE IMPULSÃO VERTICAL http://www.bibliotecadigital.ipb.pt. Acessado em 25 de maio de 2011.

CAVAGNA, G.A.; DUSMAN, B.; MARGARIA, R. Positive work done by the previously stretched muscle. **Journal Applied Physiology**, v. 24, n. 1, p. 21-32, 1968.

CAVAGNA, G.A. Storage and Utilization of elastic energy in skeletal muscle. **Exercise Sports Science Reviews**, v. 5, p.89-129, 1977.

CHAGAS, M.H, CAMPOS, C.E, MENZEL, H.J.K. Temas atuais VI em educação física e esportes. Belo Horizonte:Health, 2001. p.113,114.

CHU, D.A. Pliometrics.The link between Strength and Speed. **NSCA Journal**, 1983.

CHU, D.A. Jumping into Plyometrics, 2nd ed.. Champaign, IL: Human Kinetics, 1998.

CHU, D.A. Plyometrics in Sport Injury Rehabilitation and training. **Atlhetic Terapy Today**, v.3, n.3, p. 7-11, 1999.

CHU, D.A PLYOMETRICS OR NOT? **Strength and Conditioning Journal**, v. 23, n.2, p. 70-73, 2001.

CHU, D.A.; FAIGENBAUM, A.D.; FALKEL, J.E. Progressive plyometric for kids. Monterey, CA: Healthy Learning, 2006.

COMETTI, G. La Pliométrie. Univ. Bourgoge, Dijon, 1998.

COOK, C.S.; MCDONAGH, M.J. Measurement of muscle and tendon stiffness in man. **European Journal of Applied Physiology** 1996;72:380–382.

DESLANDES, R.; GAIN, H.; HERVÉ, J.M.; HIGNET, R. Principios de fortalecimiento muscular: aplicaciones en el desportista. IN: SIMONNET, J. Kinesioterapia. Medicina física. Paris: Elsevier, 2003:1 –10.

DIALLO, O.; DORE, E.;DUCHE, P.; PRAAGH, V. Effects of plyometric training followed by reduced training programme on physical performance in prepubescent soccer players. The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, v. 41, n. 3, 2001.

EBBEN, W.P. Pratical guidelines for plyometric Intensity. **Performance Training Journal**. v.6, n. 5, p.12-16, 2007.

EBBEN, W.P.; SIMENZ, C.; JENSEN, R. Evaluation of Plyometric Intensity using electromyography. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 2, n. 3, p. 861-868, 2008.

EBBEN, W.P.; VANDERZANDEN, T.; WURN, B.J.; PETUSHEK, E.J. Evaluating Plyometric Exercise Using Time to Stablization. **Journal of Strenght and Conditioning Research**, v.24, n.2, p.300-306, 2010.

EBBEN, W.P., PETUSHEK, E.J. Using Rective Strength Index Modified to Evaluate plyometric performance. **Journal of Strenght and Conditioning Research**, v.24, n.8, p.1983-1987, 2010.

FAIGENBAUM, A.D. Plyometrics for kids: Facts and fallacies. **NSCA's Performance Training Journal**, v.5, n. 2 13-16, 2006

FAIGENBAUM, A.D., & Chu, D.A. Plyometric training for children and adolescents: Current Comment from the American College of Sports Medicine. December. 2001. Acessado em 15 Abr 2011, disponível em http://www.acsm.org/AM/Template.cfm?Section=Search%A7ion=20014&template=/CM/ContentDisplay.cfm&ContentFileID=310

FATOUROS, I.G.; JAMURTAS, A.Z.; LEONTSINI, D. *et al*. Evaluation of plyometric exercise training, weight training, and their combination on vertical jumping performance and leg strength. **Journal of Strength and Conditioning Research** 2000;14:470–476.

FINNI, T.; KOMI, P.V.; LEPOLA, V. In vivo tríceps sural and quadríceps femoris muscle function in a squat jump and counter movement jump. **European Journal of Applied Physiology** 2000;83:416-426.

JENSENS, R.L.; EBBEN, W.P. Quantifying Plyometric Intensity via rate of force development, knee joint, and ground reaction forces. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.27, n.3, p. 763-767, 2007.

HILL, A.V. The heat of shortening and the dynamic constants of muscle. **Proceddings of the Royal Society** B, 126: 136–195, 1938.

HILLBOM, M. Plyometric training rewiew of research. Wayne State University, 2001. Disponível em <www.wayne.edu>. Acesso em 10 Jun 2011.

HOLCOMB, W.R.; KLEINER, D.M.; CHU, D.A. Plyometrics: Considerations for safe and Effective Trainning. **Strength and Conditioning Journal**, v. 20, n. 3, 36-41, 1988.

HOLMYARD, J., HAZELDINE, R. Plyometric training: what it is, and how to use it effectively. *Coaching Focu*s, v. 17, p. 10-12, 1991.

HOPKINS, W.G. Measures of reliability in sports medicine and science. **Sports Medicine** 2000;30(1):1-15.

HOPKINS, W.G; SCHABORT, E.J.; HAWLEY, J.A. **Reliability of power in physical performance tests**. Sports Medicine 2001;31: 211–234.

HOWARD, L. Plyometric concepts reinvent lower extremity rehabilitation. Biomechanics, sept 2004. Disponível em <www.biomech.com>. Acesso em 10 de Junho de 2011.

GANS, C. Fiber architecture and muscle function. **Exercise Sport Sciences Review** 1982;10:160-207.

GIRARD, O.; VASEUX, D.; MILLET, G.P. Comparison of efficiency of three training programs in tennis players. **Science and Sports** 2005;20:45–47.

KHLIFA, R.; AOUDI, R.; HERMASSI, S.; CHELLY, M.S; JLID, M.C; HBACHA, H.; CASTAGNA, C. Effects of a Plyometric Training Program With and Without Added Load on Jumping Ability in Basketball Players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.24, n. 11, p. 2955-2961, 2010.

KNUDSON, D. Fundamentals of biomechanics. 2ed. New York: Springer, 2007. p.343.

KOMI, P.V.; BOSCO, C. Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.10, n.4, p.261-5, 1978.

KOMI, P.V, GOLLHOFER A. Stretch reflexes can have an important role in force enhancement during SSC exercise. **Journal of Applied Biomechanics** 1997;13(4):451-460.

KOMI, P.V. Stretch-Shortening Cycle: a powerful model to study normal and fatigued muscle. **Journal of Biomechanics**, v. 33, p. 1197-1206, 2000.

KOMI, P.V. (2003) Stretch Shortening Cycle. In: KOMI, P. (ed) Strength Power in Sport. 2 nd edition. Oxford: Blackwell Science, 2003, p. 185-2002.

KOMI, P.V. Força e potência no esporte. 2ed. Porto Alegre:Artmed, 2006. p.200,201,208,211,212,214.

KRISTIAN, V.; BRINK, M.; LONBRO, S.; SORENSEN, H. OVERGARD, K.; DANBORG, K.; MORTENSEN, J.; ELSTROM, O., ROSENHOJ, N.; RINGGAARD, S., ANDERSEN, J.L., AAGAARD, P. Muscle Adaptations to Plyometric vs. Resistance Training in Untrained Young Men. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 22, n. 6, p. 1799-1810, 2008.

KUBO, K.; KAWAKAMI, Y.; FUKUNAGA, T. Influence of elastic properties of tendon structures on jump performance in humans. **Journal of Applied Physiology** 1999;87:2090-2096.

KUTZ, M.R. Theorical and practical issues for plyometric **Performance Training Journal**., v 2, n. 2, p. 10-12, 2003.

LACHANCE, P. Plyometric Exercise. Journal Strength and Conitioning, v. 17, n,4,p. 16-23, 1995.

LUNDIN, P. A review of plyometric training. **National Strength and Condioning Association Journal**. v.7, n. 3, 69-76, 1985.

LUNDIN, P.; BERG, W. A review of plyometric training. **National Strength and Condioning Association Journal**. v.13, n. 6, 22-30, 1991.

MALISOUX, L. ; FRANCAUX, M. ; NIELENS, H. *et al*. Stretch-shortening cycle exercises: an effective training paradigm to enhance power output of human single muscle fibers. **Journal of Applied Physiology** 2006;100:771–779.

MARKOVIC, G. Does plyometric training improve vertical jump height? A meta-analytical review. **British Journal of Sports Medicine** 2007;41:349–355.

MARKOVIC G, JUKIC I, MILANOVIC D, *et al*. Effects of sprint and plyometric training on muscle function and athletic performance. **Journal of Strength Conditioning Research** 2007;21:543–549.

MARQUES, M.C. S Strength Training in Adult Elite Tennis Players **National Strength and Conditioning Association**,v. 27, n, 5, p.34–41, 2005.

MARKOVIC, G. Does Plyometric training improve vertical jump height? A meta-analytical review. **British Journal of Sports Medicine**, v. 41, p. 349-355, 2007.

MARKOVIC, G.; PAVLE, M. Neuro-Musculokeletal and performance adaptations to lower-Extremity Plyometric Training, **Sports Medicine Journal**, v. 40, n. 1, p. 859 – 895, 2010.

MATAVULJ, D.; KUKOLJ, M.; UGARKOVIC, D.; TIHANYU, J.; JARIC, S. Effects of plyometric training on jumping performance in Junior basketball players. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v.41, n.2, 2001.

MCARDLE, W.D.; KATCH. F.I.; KATCH, V.L.; Fundamentos de fisiologia do exercício. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002.

MENDES, J.C. Treinamewnto Pliométrico para o goleiro de Handebol. In: GRECO, P.J. Caderno do Goleiro de Handebol. 1ª Edição. Editora Phorte, 2003, p. 159 – 176.

MILIÉ, V.; NEJIÉ, D.; KOSTIC, R. The effect of plyometric training on the explosive strength of leg muscles of volleyball players on single foot and two-foot takeoff jumps. Facta Universitatis. **Physical Education and Sports**, v. 6, n.2, 169-179, 2008.

MOURA, N.A. Treinamento Pliométrico: Introdução as bases fisiológicas, metodológicas e efeitos do treinamento. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**. v.2, n.1, p.30-40, 1988.

MOURA, N.A. Recomendações Básicas para a seleção da altura de queda no treinamento pliométrico, Boletin IAAF, n. 12, 1994.

MOURA, N.A.; AMADIO, A.C.; SÁ, M.R.; DUARTE, M.; SERRÃO, J.C. Treino Pliométrico. Horizonte, v. 14, n. 84, DOSSIER, 1998.

NSCA POSITION STATEMENT: Explosive/ Plyometric, v.15, n.3, 1993.

OSES, A. O efeito de três diferentes programas do salto em profundidade sobre o resultado do salto vertical. **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**, v.7, n2, p. 55-61, 1986.

PLATONOV, V.N. Tratado geral de treinamento desportivo. São Paulo:Phorte, 2008. p.433.

POTACH, D.H.; CHU, D. Treinamento Pliométrico In: BAECHLE, T.R.; EARLE, R.W. (Eds), Fundamentos do Treinamento da Força e do condicionamento 3.ed. São Paulo: Manole, 2010, p.380-421.

POTTEIGER, J.A, LOCKWOOD RH, HAUB MD, *et al*. Muscle power and fiber characteristics following 8 weeks of plyometric training. **Journal of Strength and Conditioning Research**, 1999;13:275–279.

PRENTICE, W.E.; VOIGHT, M,L. Técnicas em reabilitação musculoesquelética. Porto Alegre, Artmed, 2003.

RIEWALD, F. **Energy Storage in Muscle Performance Training Journal**., v 2, n. 2, p. 8-9, 2003.

ROGERS, J.L.; HOWARD, K.I. Psychological Bulletin, psycnet.apa.org.; Vol 113(3), May 1993.

RONNESTAD, B.R.; KYAMME, N.H.; SUNDE, A.; RAASTAD, T. Short-term effects of strength and plyometric training on sprint and jump performance in professional soccer players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 22, n. 3, p.773-780, 2008.

SALONIKIDIS, K.; ZAFERIDIS, A. The Effects of plyometric, tenis-drills, and combined training on reaction, lateral and linear speed, power, and strength in novice tennis players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 22, n.1, 185-191, 2008.

SANTOS, E.; JANEIRA, M.A.;MAIA, J.A.R. (1997). Efeitos do treino e do destreino específicos na força explosiva: Um estudo em jovens basquetebolistas do sexo masculino. **Revista Paulista de Educação Física**, v. 11,n.2, 116-127, 1997.

SANTOS, E.; JANEIRA, M.A.A.S. Effects of complex training on explosive strength in adolescent male basketball playeres. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 22, n. 3, 903-909, 2008.

SANTOS, J.A.M. **Efeitos do treinamento complexo, do treinamento pliométrico, e do treino resistive nos indicadores de força explosive e sua estabilidade nos períodos de destreino e treino reduzido**. Tese de doutorado. (Faculdade de desporto) Universidade do Porto:Porto, 2009.

SARDINHA, L.; MIIL-HOMENS, P. O treino pliométrico: Os saltos em profundidade (1ª parte de 3 partes: revisão da literatura). **Treino Desportivo**, v. 2, n. 12, p.53-62,1989.

SCHMIDTBLEICHER, D. Training for power events. In. Komi PV. Strength and Power in Sport. Oxford:Blackwell Scientific Publications, 1992. p.383.

.

SCHMIDTBLEICHER, D. Stretch-Shortening-Cycle of the neuromuscular system – From research to the practice of training. In: CARVALHO, C. (ed) Treino e Avaliação de Força e Potência muscular, Maia: Edições ISMAI, 2005, p.38-48.

SEIXO, P. ; MAIA, J. Influência da pliometria em profundidade na impulsão vertical – Estudo descritivo e Comparativo da Eficácia de dois programas de treino no desenvolvimento da força explosiva e da potência dos membros inferiores em voleibolistas iniciados femininos. In: CARVALHO, C. Treino e Avaliação de Força e Potência Muscular. MAIA: ISMAI, 2003, p.177-184.

SZMUCHROWSKI, L.A. **Estrutura do volume de treinamento no futebol profissional das equipes polonesas e brasileiras da primeira divisão**. [Tese de Doutorado – Academia de Educação Física de Varsóvia]. Varsóvia: Polônia; 1995.

THOMAS, D.W. Plyometrics more than the strech reflex. **NSCA Journal**, v. 10, n.5,p. 49-51 1988.

TURNER, A.N.; JEFFREYS, L. The Stretch-Shortening Cycle: Proposed Mechanisms and Methods for Enhancement, **Strength and Conditioning Journal**, v. 32, n.4, p. 87-99, 2010

VERKHOSHANKI Y.V. Força: treinamento de potência muscular. Londrina: CID, 1996. p.52,53,198

VILLAREAL, E.S.; KELLIS, E.; KRAEMER, W.J.; IZQUIERDO, M. Determining variables of plyometric training for improving vertical jump height performance: A Meta-Analysis. **Journal Strength Conditioning Research**, v. 23, n. 2, p. 496-506, 2009.

VOIGHT, M.L.; DRAOVITCH, P.; TIPPETT, S. Pliométricos. In: ALBERT, M. Treinamento excêntrico em esporte e reabilitação. 2ed. São Paulo: Manole, 2002; 63-92.

WALSHE, A.D, WILSON, G.J. The influence of musculotendinous stiffness on drop jump performance. Canadian Journal of Applied Physiology 1997;22(2):117-132.

WARPEHA, J.M. Upper Body Plyometrics. **NSCA's Performance Training Journal** v.6, n.5, p.6-8, 2007.

WEINECK, J. Treinamento Ideal. 9ed. Barueri: Manole, 2003.

WILT, F. Plyometrics: What it is and how it work. **Athletic Journal** 1975; 55(76):89-90.

WHATEN, D. LITERATURE REVIEW: explosive/plyometric exercises. **National Strength and condioning association journal**, V.15, N. 3, P.17-19, 1993.

WILK, K.E.; VOIGHT, M.L.; KEIRNS, M.A.; GAMBETTA, V.; ANDREWS, J.R.; DILMAN, C.J. Stretch-Shortening Drills for the upper extremities: Theory and Clinical Application. JOSPT,v.17, n. 5, 1993.

WU, Y.K; LIEN, Y.H; LIN, K.H; SHIH, T.T.F; WANG, T.G; WANG , H.K. Relationships between three potentiation effects of plyometric training and performance. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, 2010.

ZATSIORSKY, V.M.; Ciência e prática do Treinamento de Força. São Paulo. Phorte, 1999.

ZATSIORSKY, V.M. Biomechanics in Sports. 2ed. New York: Blackwell Science, 2000. p.131