

ANDRÉ MARTINES DE ALBUQUERQUE

**ANÁLISE BIOMECÂNICA DO SALTO EM DISTÂNCIA DE ATLETAS
EXPERIENTES E NOVATOS**

Monografia apresentada como requisito parcial
para conclusão do Curso de Bacharel em
Educação Física, do Departamento de
Educação Física, Setor de Ciências Biológicas,
da Universidade Federal do Paraná.



CURITIBA

2005

ANDRÉ MARTINES DE ALBUQUERQUE

**ANÁLISE BIOMECÂNICA DO SALTO EM DISTÂNCIA DE ATLETAS
EXPERIENTES E NOVATOS**

**Monografia apresentada como requisito parcial
para conclusão do Curso de Bacharel em
Educação Física, do Departamento de
Educação Física, Setor de Ciências Biológicas,
da Universidade Federal do Paraná.**

**ORIENTADOR
PROF. PhD. ANDRÉ LUIZ FÉLIX RODACKI**

Dedico este trabalho aos meus pais, que sempre me incentivaram a correr atrás dos meus objetivos e me apoiaram nos momentos difíceis.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela vida e saúde da minha família.

Agradeço a minha irmã Raquel pelo companheirismo durante toda a minha vida.

Agradeço a todos os professores da faculdade que me ajudaram na minha formação.

Agradeço também ao meu Orientador André Rodacki e Victor Okazaki pelos ensinamentos e ajuda na realização deste trabalho.

E não poderia esquecer de todos os meus amigos da faculdade onde estivemos juntos em tantos momentos, à todos os meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	vi
LISTA DE GRÁFICOS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
RESUMO	ix
1.0 INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVOS	3
1.2 HIPÓTESES.....	3
2.0 REVISÃO DA LITERATURA	4
2.1 SALTO EM DISTÂNCIA	4
2.2 TEORIAS DO CONTROLE MOTOR.....	6
2.3 COORDENAÇÃO MOTORA	8
2.4 ESTÁGIOS DE APRENDIZAGEM	11
3.0 METODOLOGIA	14
3.1 POPULAÇÃO / AMOSTRA	14
3.2 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS	14
3.3 VARIÁVEIS DE ESTUDO.....	18
3.4 TRATAMENTO ESTATÍSTICO	18
4.0 RESULTADOS	19
5.0 DISCUSSÃO	25
5.1 VARIÁVEL ESPACIAL DE DESLOCAMENTO LINEAR.....	25
5.2 VARIÁVEIS ESPACIAIS DE DESLOCAMENTO ANGULAR	25
5.3 VARIÁVEIS TEMPORAIS DE VELOCIDADE LINEAR	26
5.4 VARIÁVEIS TEMPORAIS DE VELOCIDADE ANGULAR	26
6.0 CONCLUSÃO	28
REFERÊNCIAS	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Performances dos Atletas nos 6 saltos realizados.....	19
--	----

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01:	Deslocamento Linear do Centro de Massa na Vertical.....	20
Gráfico 02:	Velocidade Linear do Centro de Massa na Vertical.....	20
Gráfico 03:	Velocidade Linear do Centro de Massa na Horizontal.....	21
Gráfico 04:	Deslocamento Angular da Articulação do Joelho.....	22
Gráfico 05:	Deslocamento Angular da Articulação do Quadril.....	22
Gráfico 06:	Relação dos Deslocamentos Angulares entre Joelho e Quadril.....	23
Gráfico 07:	Velocidade Angular da Articulação do Joelho.....	23
Gráfico 08:	Velocidade Angular da Articulação do Quadril.....	24

LISTA DE FIGURAS

Figura 01:	Relação entre Ângulo do Joelho e Ângulo do Quadril na Coordenação do Chute de um Indivíduo Iniciante Pré e Pós Prática.....	10
Figura 02:	Relação entre Ângulo do Joelho e Ângulo do Quadril na Coordenação do Chute de um Indivíduo Experiente.....	11
Figura 03:	Local de Filmagem.....	15
Figura 04:	Modelo Biomecânico Bidimensional.....	17

RESUMO

Este estudo objetivou verificar as variáveis determinantes na performance do salto em distância no atletismo de sujeitos experientes e novatos. Três atletas experientes (idade $17,3 \pm 0,6$ anos; peso $75,3 \pm 5,0$ kg; altura $1,86 \pm 0,04$ m) e três novatos (idade $15,7 \pm 1,5$ anos; peso $71 \pm 9,5$ kg; altura $1,73 \pm 0,03$ m), realizaram 6 saltos completos em um setor oficial de salto em distância. Os atletas experientes obtiveram maior velocidade horizontal e vertical do centro de massa o que possivelmente otimizou o seu ângulo de projeção, além de atingirem maior velocidade nas articulações do quadril e joelho gerando maior impulso. Os padrões de coordenação do salto, relacionados as variáveis relativas, foram semelhantes nos atletas experientes e novatos. Desta forma, apenas os parâmetros de controle foram diferenciados entre os atletas avaliados.

1.0 INTRODUÇÃO

Ao passar dos anos, um grande número de treinadores criaram e desenvolveram as bases científicas do atletismo. A partir dessas bases, outros treinadores puderam desenvolver alguns sistemas de treinamento que permitiram aos esportistas aperfeiçoar suas técnicas e desenvolver diversas qualidades motoras que lhes garantiram grandes conquistas em competições (POLISCHUK, 2000). Embora o aperfeiçoamento dos sistemas de treinamento tenha gerado grandes êxitos nas conquistas internacionais, não se pode afirmar que apenas métodos observacionais empregados pela maioria dos treinadores são suficientes para atingir a melhor performance dos atletas.

Geralmente, ao orientar seus atletas em treinos e em competições, os treinadores se baseiam na observação visual dos movimentos executados. Na maioria das vezes, essas formas de detectar aspectos relacionados à performance são subjetivas, e difíceis de serem comparadas com outros atletas para identificar possíveis diferenças (WINTER, 1990).

Além dos métodos observacionais subjetivos, a carência de estudos relacionados às variáveis da habilidade motora nos saltos prejudica a qualidade do treinamento de alto rendimento, visto que, a performance pode ser determinada por pequenos detalhes nos movimentos algumas vezes ignorados pelos treinadores.

Uma das formas de identificar as variáveis motoras que determinam a performance é a comparação cinemática entre atletas experientes e novatos. Essa comparação apresentará subsídios para um treinamento mais especializado.

No salto em distância, a performance no salto depende principalmente da velocidade acumulada na corrida e a força de impulsão, quando a velocidade é transferida na direção desejada. Por essa razão, normalmente, admite-se que as mais importantes fases do salto em distância são a corrida de abordagem e a impulsão, sendo a última, responsável por 2/3 do salto, requerendo desta forma uma atenção especial (FERNANDES, 1984). As variações nos ângulos e velocidades dos movimentos e centro de massa são alguns dos fatores determinantes do desenvolvimento do salto e que diferenciam atletas entre os diferentes níveis de experiência (HAY, 1986).

O objetivo deste estudo é analisar e comparar a performance de atletas experientes e novatos, identificando as variáveis determinantes na performance do salto em distância no atletismo.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Analisar e comparar a performance de atletas experientes e iniciantes no salto em distância no atletismo.

1.1.2 Verificar as variáveis determinantes na performance que diferenciam atletas experientes e iniciantes no salto em distância.

1.2 HIPÓTESES

1.2.1 Os atletas iniciantes apresentarão diferenças nas variáveis cinemáticas dos movimentos de salto quando comparados aos atletas experientes.

1.2.2 As velocidades de membros inferiores e do centro de massa no instante e logo após a impulsão, serão maiores nos atletas considerados experientes.

2.0 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 SALTO EM DISTÂNCIA

Nas modalidades de saltos no atletismo, o objetivo principal dos atletas é obter o máximo de deslocamento do seu centro de massa em uma determinada direção – horizontal no salto em distância e triplo; vertical no salto em altura e salto com vara – e obedecendo as regras das competições, extrair o máximo de vantagens que este deslocamento pode lhes oferecer (HAY, 1981).

Duas qualidades comuns à maioria dos esportes estão presentes nas modalidades de saltos, entendidas como força e velocidade. A importância dessas qualidades é atribuída na performance dos saltos, já que a distância ou altura total atingida será a razão da velocidade do atleta, no instante da entrada do salto, e da altura com relação ao solo, que elevou seu centro de massa (KENNEDY, 1974).

O salto em distância, como nas outras modalidades de saltos, pode ser dividido em algumas fases para uma melhor compreensão de suas etapas, indicadas como as determinantes na performance do saltador. Essas etapas são apresentadas como: corrida de abordagem, impulsão, fase aérea e aterrissagem (FERNANDES, 1984).

Na corrida de abordagem, o objetivo principal do atleta é obter a máxima velocidade horizontal no início e meio da corrida, e controlá-la nos instantes finais para conseguir a posição mais eficaz na entrada do salto. Se a velocidade final do atleta não pode ser controlada por ele, será difícil conseguir um ângulo ótimo de saída do salto (SANT, 2000). Vários estudos mostraram que a relação entre a velocidade de abordagem e o desempenho nos saltos pode ser significativa quando comparada em grupo, porém quando comparada individualmente, pode-se obter relações negativas entre essas variáveis. Essa contradição pode ser explicada, visto que, quanto maior a velocidade que se aborda a tábua, maiores também serão as forças de reação do solo, que exigirão maior controle motor e força para a utilização eficiente dessa alta velocidade (MOURA E MOURA, 2003).

Após a corrida que precede o salto temos a fase de impulsão, que consiste a parte mais determinante do salto, onde ocorre a transição da corrida de abordagem e o início do vôo. Nessa fase ocorre uma perda da velocidade horizontal necessária

para o salto, e um acréscimo na velocidade vertical, elevando o centro de massa. Quanto maior a velocidade horizontal obtida na corrida de abordagem, menor o tempo em que o pé gasta no solo durante a impulsão e por conseqüência menor a velocidade vertical que ele poderá desenvolver. Assim, devido as altas velocidades horizontais obtidas no final da corrida por atletas de alto nível, os ângulos de impulsão se tornam bem menores que os ângulos próximos de 45° que de outro modo seriam esperados, e se apresentam a $20,5 \pm 1,6$ graus (HAY, 1981).

A fase de impulsão também pode ser sub-dividida em 4 movimentos: 1) um movimento de bloqueio do pé de impulsão devido o contato do calcanhar com o solo; 2) uma ligeira inclinação lateral do peso do corpo com relação ao pé de impulsão; 3) uma leve elevação do tórax, da cabeça e dos olhos; 4) uma alta elevação da perna contrária a de impulsão. Poucos estudos foram desenvolvidos sobre esta influência da elevação e velocidade da perna contrária a de impulsão sobre a performance do salto. Nessas fases, cada movimento deverá ser realizado na ordem apropriada para atingir o melhor desempenho (KENNEDY, 1974).

A terceira fase consiste na fase aérea, determinada pela velocidade inicial do vetor do centro de massa pela aceleração gravitacional no instante da impulsão (SEYFATH et. al, 1999). Após iniciada essa fase, o deslocamento do centro de massa não pode ser alterado se desprezarmos a resistência do ar. O objetivo dessa fase é, portanto, ajudar a manter um equilíbrio apropriado do corpo e contribuir para conseguir uma boa posição na aterrissagem. Para tanto é necessário os movimentos de membros com intuito de evitar as rotações do corpo (KENNEDY, 1974).

A técnica mais elementar utilizada durante a fase de vôo do salto em distância é aquela na qual o saltador traz seus joelhos para cima e à frente do corpo, mantendo-se em uma posição grupada. No entanto, a menos que o atleta tenha abandonado a tábua com muito pouco momento angular para frente, o pequeno momento de inércia ao redor do eixo transversal virtualmente garante uma posição de queda ruim. Atletas habilidosos têm alguns meios para vencer esse problema. Alguns elevam seus braços e estendem suas pernas, maximizando o momento de inércia do corpo ao redor do eixo transversal, minimizando sua velocidade de rotação para a frente, e acabando por aumentar a probabilidade de obter uma boa posição de aterrissagem. Essa técnica é conhecida por arco, ou estendida (HAY, 1993).

Alguns atletas usam uma ação modificada de corrida no ar. Essa técnica de passada no ar envolve o uso de movimentos angulares de braços e pernas para gerar uma reação contrária do tronco, e então controlar a postura do atleta no ar (HAY, 1993).

A aterrissagem, última fase do salto, é caracterizada pelo instante que o atleta toca o solo. Se não houve na fase anterior um movimento bem executado e a técnica de queda na caixa de areia não for bem realizada pelo saltador, o resultado final poderá ser prejudicado.

Observa-se que em todas as fases de desenvolvimento do salto, o potencial coordenativo dos atletas é muito exigido para uma performance satisfatória. Cada fase tem seu grau de dificuldade, porém a fase de maior influência sobre a performance, se considerarmos uma velocidade similar na corrida de abordagem, é a fase de impulsão (FERNANDES, 1984). Nesta fase, o ângulo de projeção do centro de massa, determinado pela combinação da velocidade horizontal desenvolvida na corrida e a velocidade vertical adquirida na impulsão, associado ao equilíbrio e a angulação de membros farão parte decisiva na distância de vôo, que refletirá na distância total.

2.2 TEORIAS DO CONTROLE MOTOR

No início das teorias sobre o controle motor, Platão e alguns filósofos da época diziam que antes mesmo de se executar uma ação, as pessoas criam uma imagem do movimento que irá executar. Com a evolução dessas teorias surgem vários conceitos de programa motor que passam a dar subsídios aos conceitos formados atualmente (MAGILL, 1984).

Uma das mais aceitas definições de programa motor na atualidade é a de SCHMIDT (1975), onde se formula o conceito do programa motor generalizado. Essa teoria passa a explicar a capacidade de indivíduos habilidosos realizarem com eficiência movimentos novos ou com variações nunca antes praticadas de um movimento sem ter desenvolvido anteriormente programas motores específicos para que isto acontecesse (MAGILL, 2000).

O programa motor generalizado seria o responsável pelo controle de uma classe de ações, e não uma seqüência específica de movimentos. Essa classe de

ações seria composta por diferentes ações que tem características comuns e que posteriormente poderiam ser utilizadas em um novo movimento. Neste caso, a base de movimentos é considerada como um aspecto invariante de um programa motor generalizado, pois está armazenada na memória e dá subsídios para a organização, início e realização de determinadas situações pretendidas. Todavia existem aspectos, tratados como parâmetros ou variantes, que são modificáveis dentro de um programa motor como a velocidade e a amplitude de movimento. Apesar de serem muitas as características que podem ser consideradas como aspectos invariantes do programa motor generalizado, três delas são propostas com maior frequência e são apresentadas como: *timing* relativo de componentes da habilidade, a força relativa necessária para que uma habilidade seja bem desempenhada e a seqüência dos componentes. Para que uma pessoa possa então realizar uma determinada ação que atenda às necessidades de uma situação de desempenho, ela irá primeiramente recuperar o programa da memória para depois acrescentar parâmetros específicos do movimento. Diferente do padrão de um programa motor simples, o generalizado pode ser modificado quando o programa é executado, permitindo que os executantes ajustem o movimento a fim de atingir as demandas ambientais alteradas (SCHMIDT e WRISBERG, 2001; MAGILL, 2000).

Uma outra perspectiva para explicar os mecanismos de controle no programa motor é a proposta por BERNSTEIN (1967), a perspectiva dinâmica. Argumentando que o conceito de programa motor enfatiza a organização, controle e representação de cada ação no sistema nervoso, mas ignora algumas características dinâmicas dos movimentos, ele sugere que as regularidades dos padrões de movimentos não são representadas no programa motor, e sim emergem naturalmente como resultado das interações complexas entre vários elementos interligados (SCHMIDT e WRISBERG, 2001). Um dos princípios desta teoria de sistemas dinâmicos é chamado de auto-organização, justificando a capacidade do sistema motor de se adaptar a certas condições controladas. Essa teoria tem sua origem na noção de estrutura coordenativa, ou seja, conjuntos específicos de componentes esqueléticos e neuromusculares organizados de forma a agir como uma unidade (KELSO, 1997).

Seguindo ainda o pensamento original de BERNSTEIN (1967) sobre o desenvolvimento da coordenação, surge o problema dos graus de liberdade. Quando uma habilidade que está sendo aprendida exige que o aprendiz coordene

vários segmentos de um membro, ele utilizará normalmente uma estratégia para tentar controlar os graus de liberdade dos segmentos do membro e irá manter rígidas algumas articulações. Com a prática da habilidade, há uma liberação dos graus das articulações e os membros passam a funcionar como uma unidade coordenada multisegmentada. Os segmentos dessa nova unidade passam a demonstrar uma sinergia funcional o que permitirá uma melhor eficiência no desempenho da ação (MAGILL, 2000).

2.3 COORDENAÇÃO MOTORA

A coordenação motora pode ser entendida como a ordenação em paralelo, ou seja, o que faz com que os elementos de um sistema atuem de forma cooperativa, sinérgica, em busca de se alcançar um determinado objetivo (WEIRECH, 1991). Os elementos de um sistema podem ser coordenados de diferentes maneiras, e freqüentemente o controle das ações motoras globais requer modos de coordenação específicos e bastante complicados. Uma maneira elementar de coordenação, entretanto, é a ação sincronizada de todos os elementos que formam o sistema (TURVEY, 1990).

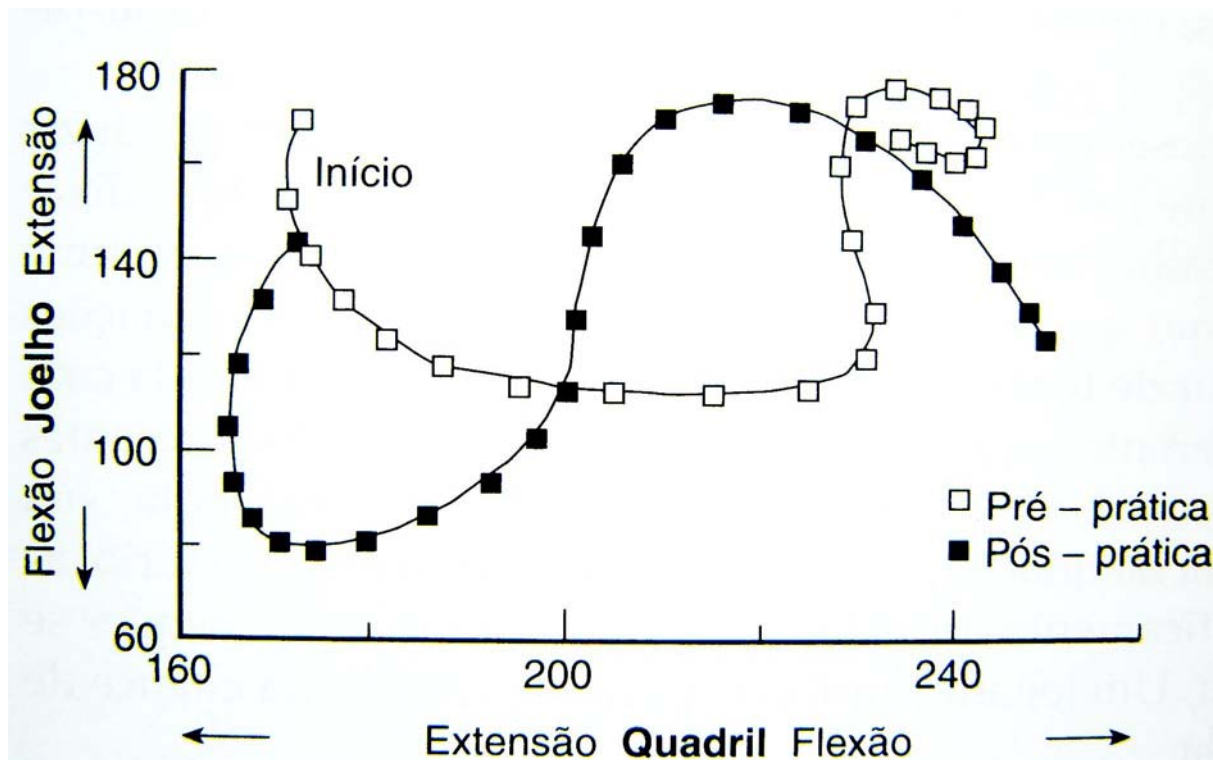
O desempenho nas habilidades motoras envolve a organização de vários músculos do corpo, responsáveis pelos padrões distintos de ação dos segmentos e que geram ações coordenadas do corpo humano. No desenvolvimento dessas habilidades, a utilização de membros e padrões de movimentos armazenados na memória, torna mais eficiente a realização de uma determinada tarefa. No início da aprendizagem de uma habilidade, as pessoas ainda não possuem um padrão adequado de coordenação de movimento dos membros, portanto precisam desenvolvê-los para tornar esse movimento menos complicado e com a prática, torná-los movimentos de maior precisão (MAGILL, 2000).

Acredita-se que as mudanças das características topológicas do movimento durante a aprendizagem indicam a estratégia que o aprendiz usa para organizar o redundante número de graus de liberdade envolvidos no movimento. Essa estratégia inicial de redução de graus de liberdade permite pouco ou nenhum movimento nas articulações, de forma a simplificar e controlar melhor os movimentos (BERNSTEIN, 1967). Com o aumento na prática sistemática de uma determinada habilidade,

ocorre a liberação gradativa desses graus de liberdade, onde são incorporados ao movimento de forma dinâmica e controlável. Após essa interação entre os graus e o movimento, o sistema neuromuscular passa a utilizar melhor as condições do meio ambiente (forças passivas, tais como: reativa, friccional, gravitacional) e as propriedades elásticas dos músculos com o intuito de acentuar as forças ativas geradas pela musculatura (TURVEY, 1990).

Alguns estudos realizados com indivíduos iniciantes em alguma habilidade motora comprovaram que, com a prática, os ângulos articulares dos membros responsáveis pelo movimento aumentam sua amplitude e passam a envolver um número maior de graus de liberdade no movimento. Em experimento realizado com iniciantes à prática do futebol, foi demonstrado que para simplificar o movimento de quadril e joelho no padrão do chute, os indivíduos restringiam as amplitudes articulares dessas articulações. Após a realização de 10 semanas de prática, notou-se o aumento nos graus de liberdade das articulações analisadas, o que possibilitou que a articulação do joelho tirasse maior vantagem mecânica da velocidade gerada pela articulação do quadril, resultando em um aumento significativo da velocidade linear do pé. A figura 01 apresenta a relação entre os ângulos na coordenação das articulações do quadril e joelho no chute dos sujeitos iniciantes a esta prática, e após 10 semanas de treinamento.

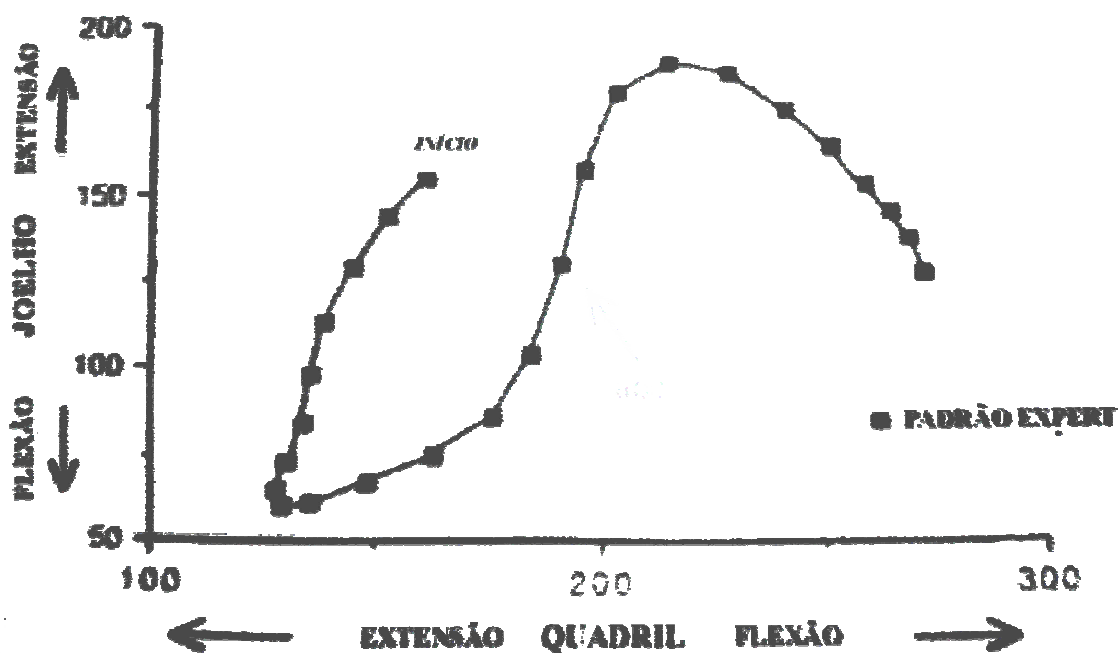
FIGURA 01 – RELAÇÃO ENTRE ÂNGULO DO JOELHO E ÂNGULO DO QUADRIL NA COORDENAÇÃO DO CHUTE DE UM INDIVÍDUO INICIANTE PRÉ E PÓS PRÁTICA



NOTA: Os quadrados sem preenchimento representam o padrão de movimento antes da prática, e os quadrado preenchidos representam o padrão após 10 semanas de prática (ANDERSON e SIDAWAY, 1994).

Neste mesmo estudo também foi observado que o padrão de movimento dos indivíduos treinados no período de 10 semanas foi similar, quanto a relação de ângulos de quadril e joelho, de indivíduos considerados experientes e que possuíam mais de 10 anos de prática. A figura 02 apresenta a semelhança entre a coordenação desses indivíduos.

FIGURA 02 – RELAÇÃO ENTRE ÂNGULO DO JOELHO E ÂNGULO DO QUADRIL NA COORDENAÇÃO DO CHUTE DE UM INDIVÍDUO EXPERIENTE



(ANDERSON e SIDAWAY, 1994)

2.4 ESTÁGIOS DE APRENDIZAGEM

Uma das características importantes na aprendizagem da habilidade motora é que todas as pessoas parecem passar por diferentes estágios, à medida que adquirem novas habilidades (MAGILL, 2000). No intuito de identificar em qual estágio da aprendizagem se encontra os indivíduos que executam alguma tarefa, vários autores tentaram descrever as características no processo de maturação da aprendizagem.

A quantidade de estágios nos modelos teóricos de aprendizagem das habilidades motoras podem variar de 2 a 3 dependendo do autor. O que varia entre

esses modelos teóricos é a ênfase dada à automatização que pode ocorrer como resultado de uma grande quantidade de prática (PELLEGRINI, 2000).

No modelo de 2 estágios de Adams (1971) e Gentile (1972), é dada ênfase aos estágios do ponto de vista do aprendiz. No estágio inicial, a meta deste aprendiz consiste em “captar a idéia do movimento”, entendida como o que ele precisa fazer, em termos de padrão de movimento, para atingir a meta da habilidade. Além de estabelecer o padrão básico do movimento, o aprendiz também precisa aprender a discriminar entre os aspectos ambientais que especifiquem como os movimentos deverão ser produzidos e os aspectos que não afetam os movimentos. Esses aspectos foram dados como condições ambientais reguladoras, ou seja, características do ambiente que afetam ou regulam as características dos movimentos utilizados para desempenhar uma habilidade, e não-reguladoras, entendidas como aquelas que não afetam as características do movimento da habilidade (MAGILL, 2000).

No segundo estágio, a meta do aprendiz passa a ser a fixação ou diversificação dos movimentos da habilidade. Algumas características passam então a ser necessárias para a progressão da habilidade como a adaptação do padrão de movimento a condições específicas de situações de desempenho que essa habilidade exige. A pessoa também precisa diminuir a variabilidade nas metas das habilidades e aprender a desempenhar as habilidades com economia de esforços (MAGILL, 2000).

No modelo de Fitts (1964) e Schmidt (1972) de 3 estágios, existem termos que podem caracterizar suas fases determinados como estágio verbal-cognitivo, estágio motor e estágio autônomo.

No primeiro estágio, o verbal cognitivo, o aprendiz primeiramente se preocupa com os problemas de natureza cognitiva. Ele tenta descobrir qual é a tarefa, o que deve fazer para realizá-la e busca identificar características invariantes que estruturam o movimento (PELLEGRINI, 2000). Este primeiro estágio se identifica pela quantidade elevada de erros no desempenho, onde a natureza desses erros tende a ser grosseira e o desempenho da habilidade é altamente inconsistente (MAGILL, 1984).

Os ganhos em proficiência na performance no estágio inicial tendem a ser bastante amplos e ocorrem rapidamente, indicando que os aprendizes estão

rapidamente descobrindo e utilizando estratégias mais eficientes para a melhora na performance (SCHMIDT e WRISBERG, 2001).

O segundo estágio denominado estágio motor, tem a função de refinar de algum modo os movimentos da habilidade. Neste, existem aspectos que se modificam, muitos dos quais estão associados com a produção mais eficiente dos padrões de movimento. Os indivíduos demonstram mais consistência à medida que suas estratégias para o refinamento da habilidade tornam-se mais sutis e os seus movimentos mais estáveis, tornando-se mais eficientes no desempenho das habilidades, podendo até monitorar seus próprios *feedbacks* e a detectar seus próprios erros (SCHMIDT e WRISBERG, 2001).

Nesta fase, o aprendiz vai eliminando tentativa a tentativa os movimentos desnecessários, e com isso, descobre como economizar energia e tempo. A seqüência de movimentos ganha de modo progressivo fluência e harmonia e tende-se a estabilizar, já que a quantidade de erros diminui ao mesmo tempo que sua confiança em como a tarefa deve ser executada aumenta (PELLEGRINI, 2000).

Depois de muita prática e experiência, que pode levar anos, algumas pessoas chegam ao estágio autônomo, consistindo no estágio final da aprendizagem. Neste ponto a habilidade se tornou praticamente habitual e o movimento torna-se tão automático que as pessoas não pensam mais conscientemente no que estão fazendo enquanto desempenham a habilidade (MAGILL, 2000). O executante tem certeza de como alcançar a meta da ação com um mínimo de gasto de energia e tempo, podendo dirigir sua atenção para elementos não relevantes ao controle da mesma (PELLEGRINI, 2000).

Acredita-se que nem todas as pessoas que aprendem uma habilidade atingem o estágio autônomo. A qualidade de instruções de *feedback* e a quantidade e dedicação a prática são fatores importantes para se chegar a este estágio final.

3.0 METODOLOGIA

3.1 POPULAÇÃO / AMOSTRA

Foram selecionados para integrar a amostra 3 indivíduos do sexo masculino experientes (idade $17,3 \pm 0,6$ anos; peso $75,3 \pm 5,0$ kg; altura $1,86 \pm 0,04$ m) e 3 novatos (idade $15,7 \pm 1,5$ anos; peso $71 \pm 9,5$ kg; altura $1,73 \pm 0,03$ m), todos atletas da modalidade de salto em distância do atletismo. Para o critério de classificação entre experiente e novato foi considerado o tempo de treinamento dos atletas, onde os experientes apresentaram um período de treino maior de 2 anos e os novatos um período inferior a 10 meses de prática.

Todos os sujeitos aparentavam boas condições de saúde e não apresentavam nenhuma lesão que poderia interferir na realização dos saltos. Antes do início da avaliação os sujeitos receberam as informações necessárias para que os procedimentos fossem corretamente executados e assinaram um termo de consentimento para participarem do estudo.

3.2 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Para a realização dos saltos, os atletas fizeram um aquecimento com uma corrida ao redor da pista e foram livres para determinar o seu tempo, bem como os exercícios de alongamento posteriores a ela, seguindo suas próprias rotinas de treino.

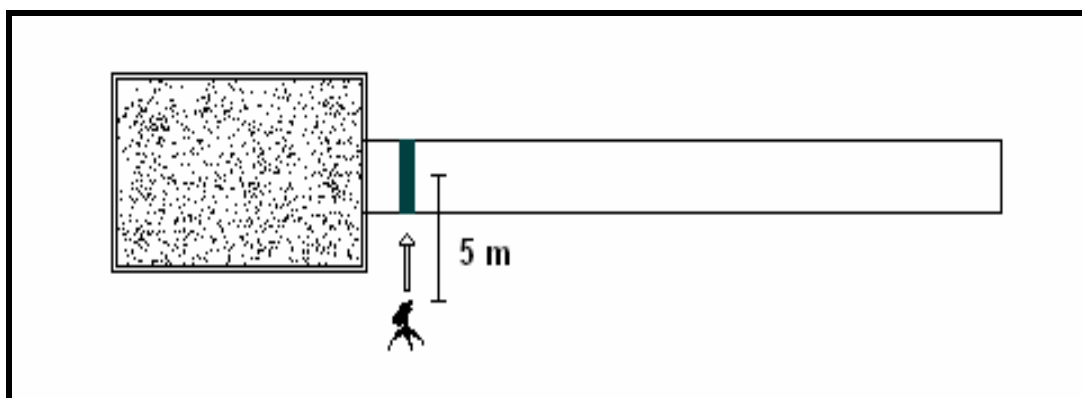
Após o aquecimento, os atletas foram demarcados por um único avaliador, com experiência em anatomia e análise de movimento, e realizaram três corridas sem a finalização do salto, alternadas entre os atletas, com o objetivo de aquecimento específico, adaptação aos marcadores no seu corpo e correção da corrida para que o salto fosse realizado a partir da tábua de impulsão.

Após os três saltos iniciais, os sujeitos repousaram por aproximadamente cinco minutos para que se recuperassem de possíveis efeitos de fadiga nas corridas iniciais. Posteriormente, cada atleta realizou seis saltos filmados pelo avaliador, de forma que o primeiro a saltar realizou seu segundo salto apenas depois do último saltador. Cada atleta fez a corrida de abordagem a partir da distância de onde

melhor se adapta a corrida e ao final de cada salto foi mensurada a distância conforme as regras da *CBAT* (Confederação Brasileira de Atletismo). O movimento das três melhores performances nos seis saltos realizados por cada atleta, foi agrupado em uma média para representar o padrão de movimento.

As imagens para a análise do movimento foram coletadas a partir de uma câmera filmadora (*JVC GRDV 9800 – VHS de 100 hz – Shutter Speed 1/500*) posicionada a 5 metros do centro da tábua de impulsão, em uma linha paralela a esta tábua e perpendicular ao plano do movimento (figura 03). O foco da câmera foi direcionado à altura do quadril dos atletas para filmar o plano sagital esquerdo, devido a dominância de perna esquerda para o salto. O início do movimento do salto foi determinado em 10 quadros (*frames*) anteriores ao instante em que o pé de impulsão toca a tábua na última passada, e finalizado 10 quadros (*frames*) após o instante em que o pé perde o contato com o solo. A figura 03 demonstra uma representação esquemática do local de filmagem.

FIGURA 03 – LOCAL DE FILMAGEM



Para que os movimentos fossem posteriormente reconstruídos foram utilizados marcadores de isopor (semi-esferas) aderidos à pele por uma fita adesiva dupla face (3M do Brasil). Os processos anatômicos do membro inferior esquerdo que foram marcados pelo contato dos marcadores com a pele ou vestimenta justaposta a ela. Os processos utilizados foram: (1) articulação metatarso-falangeal; (2) maléolo lateral; (3) epicôndilo lateral; (4) trocânter maior. No membro inferior

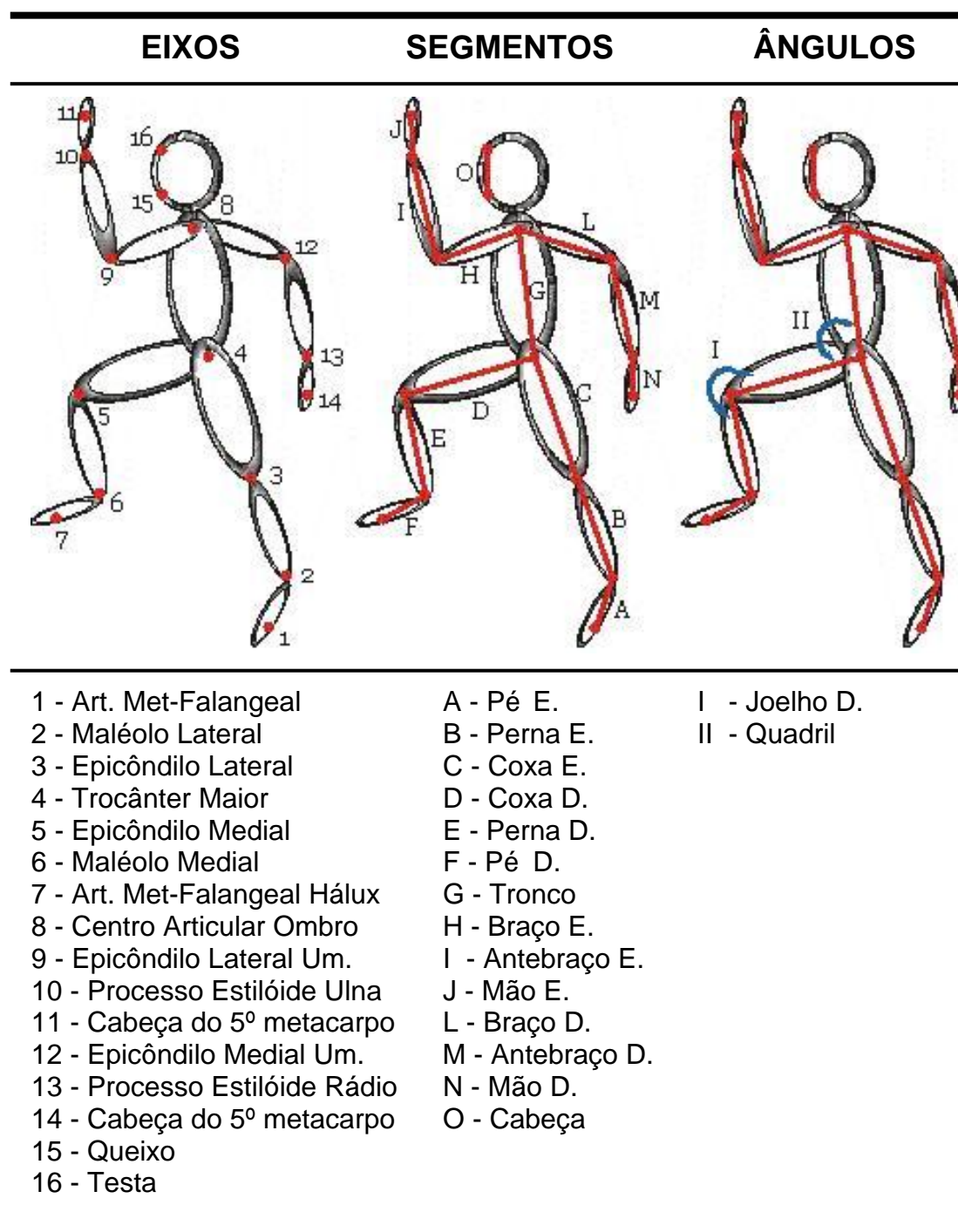
direito foram aderidos os marcadores sobre os pontos: (5) epicôndilo medial; (6) maléolo medial e (7) centro articular do hálux (articulação metatarso-falangeal). Nos membros superiores foram marcados os pontos: (8) centro articular do ombro (2-5 cm abaixo do acrômio); (9) epicôndilo lateral do úmero; (10) centro articular do punho (processo estilóide da ulna); (11) cabeça do 5º metacarpo; (12) epicôndilo medial do úmero; (13) centro articular do punho (processo estilóide do rádio); (14) cabeça do 5º metacarpo. Os pontos do (15) queixo, (16) testa, trocânter maior (direito) e centro articular do ombro (direito) não foram marcados, porém foram estimados na digitalização das imagens para a obtenção do centro de massa corporal, visto que, são necessários para tal obtenção. As coordenadas formadas por todos os pontos foram digitalizadas manualmente por apenas um avaliador através do software *DgeeMe* (versão 1.0).

A partir de todos os pontos anatômicos citados acima foram definidos os seguintes seguimentos: pé esquerdo (1–2), perna esquerda (2–3), coxa esquerda (3–4), coxa direita (4–5), perna direita (5–6), pé direito (6–7), tronco (4–8), braço esquerdo (8–9), antebraço esquerdo (9–10), mão esquerda (10–11), braço direito (8–12), antebraço direito (12–13), mão direita (13–14) e cabeça (15–16). Os ângulos articulares do modelo cinemático que foram formados pela junção de dois pontos adjacentes são: articulação do joelho direito (coxa direita + perna direita) e articulação do quadril (coxa direita + tronco).

O centro de massa foi obtido automaticamente pelo software *DegeeMe* através da inferência dos comprimentos e pesos dos membros digitalizados.

A figura 04 demonstra os pontos anatômicos, segmentos e os ângulos formados a partir dos marcadores e segmentos inseridos no modelo.

FIGURA 04 – MODELO BIOMECÂNICO BIDIMENSIONAL



3.3 VARIÁVEIS DE ESTUDO

A coordenação do movimento foi analisada cinematicamente através da descrição espaço-temporal do movimento. As variáveis analisadas foram: deslocamento e velocidade angular do joelho e quadril, deslocamento e velocidade linear do centro de massa. A relação entre as articulações do joelho e quadril também foi analisada através da representação ângulo-ângulo.

3.4 TRATAMENTO ESTATÍSTICO

A coordenação do movimento de salto em distância dos atletas experientes e novatos foi analisada através de uma estatística descritiva de média e desvio padrão. Para a comparação entre os padrões de movimento foi realizada uma análise qualitativa dos dados.

Para diminuir o efeito de ruído que estava inserido nas análises, decorrentes do processo de coleta e digitalização dos dados (OKAZAKI et al., 2004), foi aplicado um filtro digital recursivo do tipo *Buterworth* passa baixo de 2ª ordem com uma frequência de corte de 7 Hz calculado pelo software *DgeeMe* (versão 1.0).

Para reduzir a variabilidade inter-sujeitos, os dados foram normalizados em função do tempo ciclo dos saltos, ou seja, o tempo foi representado em valores percentuais (OKAZAKI e RODACKI, 2004). Este procedimento foi realizado por meio de uma função *spline*, calculado através do software *Normal*. Acredita-se que este procedimento de normalização não altere as características do movimento, já que somente parâmetros temporais são alterados (RODACKI e FOWLER, 2001).

4.0 RESULTADOS

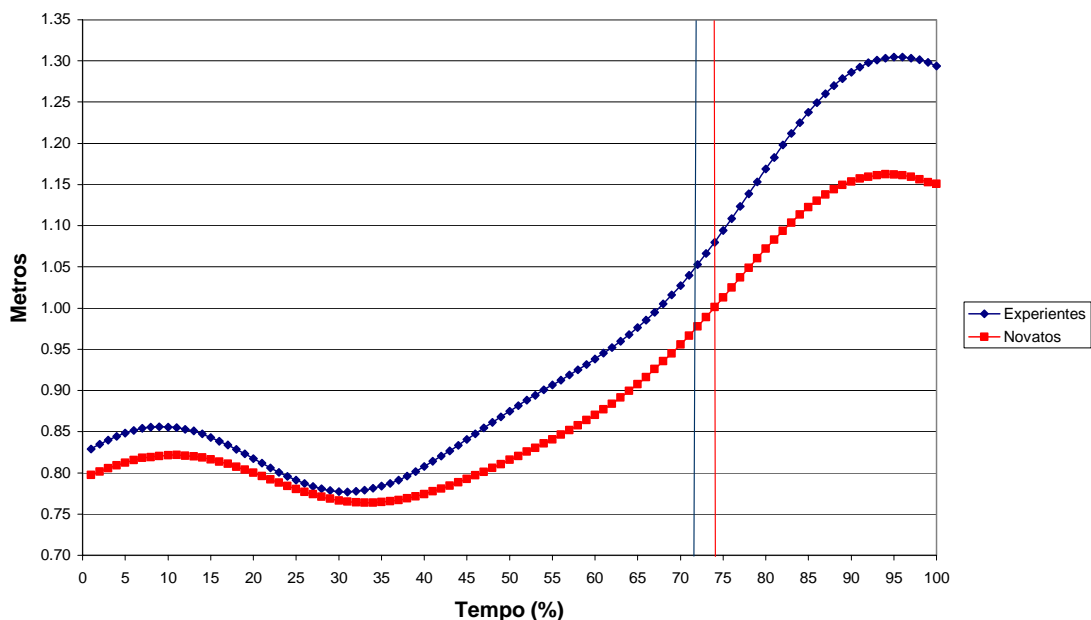
As distâncias de todos os saltos e as melhores performances alcançadas pelos atletas estão expressas na tabela 01.

TABELA 01 – PERFORMANCE DOS ATLETAS NOS SEIS SALTOS REALIZADOS (METROS)

Saltos	1º	2º	3º	4º	5º	6º
EXPERIENTES						
Atleta 1	6.47	5.92	6.49	5.60	5.92	6.19
Atleta 2	6.24	5.90	6.10	5.84	5.90	5.94
Atleta 3	6.00	5.99	6.06	6.02	5.80	5.78
NOVATOS						
Atleta 4	5.75	5.47	5.70	5.71	5.73	5.64
Atleta 5	4.32	4.63	4.78	5.01	4.52	4.40
Atleta 6	5.84	5.60	5.80	5.35	5.70	5.75

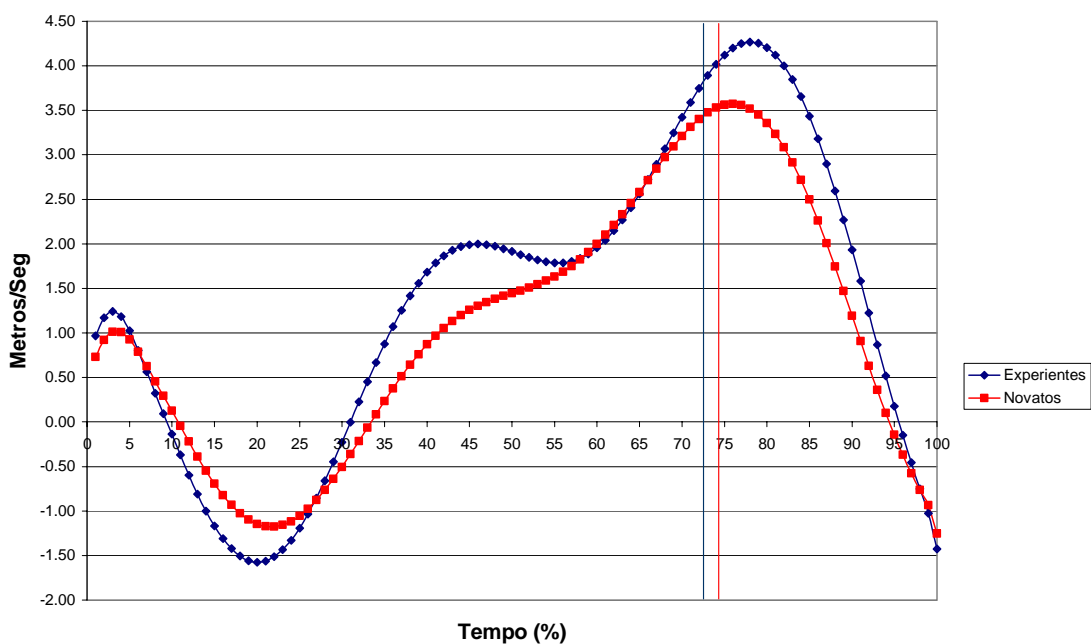
As variáveis espaciais que descrevem o comportamento do centro de massa no movimento de salto em distância dos experientes e novatos encontram-se expressas nos gráficos 01, 02 e 03.

GRÁFICO 01 – DESLOCAMENTO LINEAR DO CENTRO DE MASSA NA VERTICAL



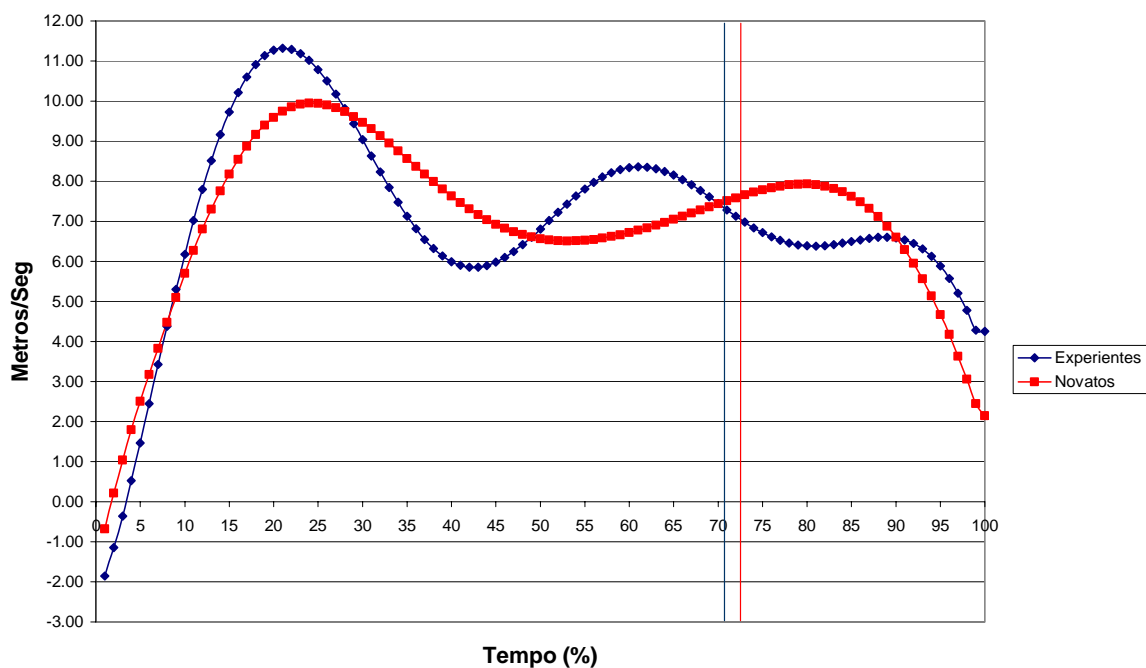
NOTA: As linhas verticais indicam o instante do início da fase de vôo dos sujeitos experientes ($72,6 \pm 0,29 \%$) e novatos ($74 \pm 1,52 \%$).

GRÁFICO 02 – VELOCIDADE LINEAR DO CENTRO DE MASSA NA VERTICAL



NOTA: As linhas verticais indicam o instante do início da fase de vôo dos sujeitos experientes ($72,6 \pm 0,29 \%$) e novatos ($74 \pm 1,52 \%$).

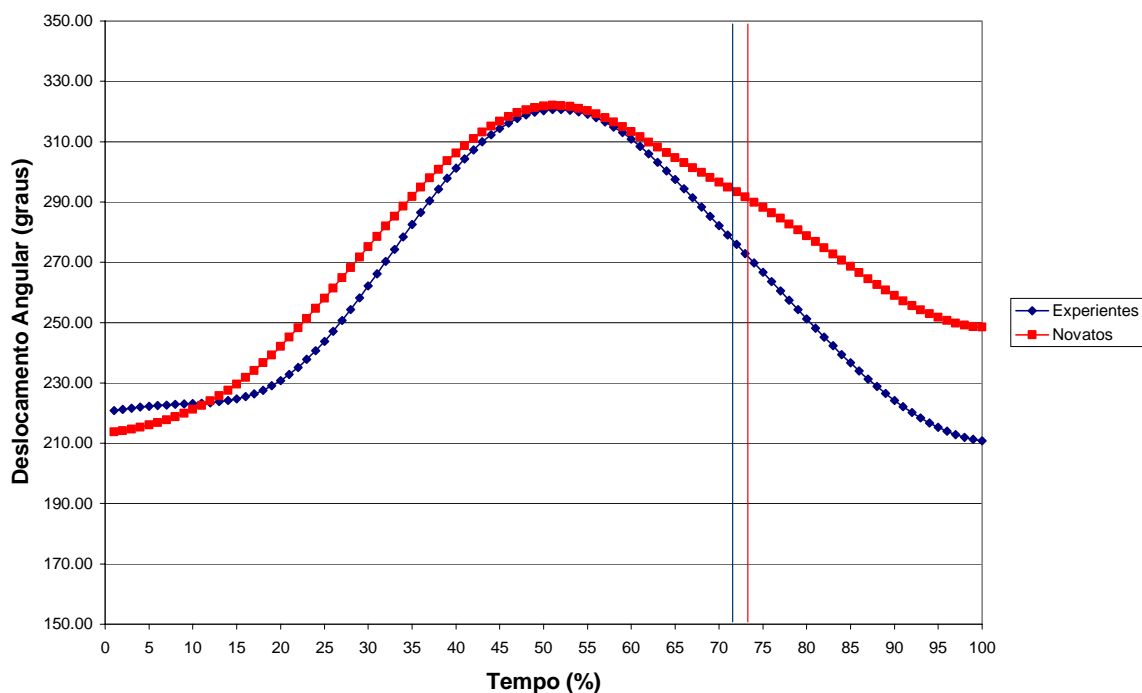
GRÁFICO 03 – VELOCIDADE LINEAR DO CENTRO DE MASSA NA HORIZONTAL



NOTA: As linhas verticais indicam o instante do início da fase de vôo dos sujeitos experientes ($72,6 \pm 0,29 \%$) e novatos ($74 \pm 1,52 \%$).

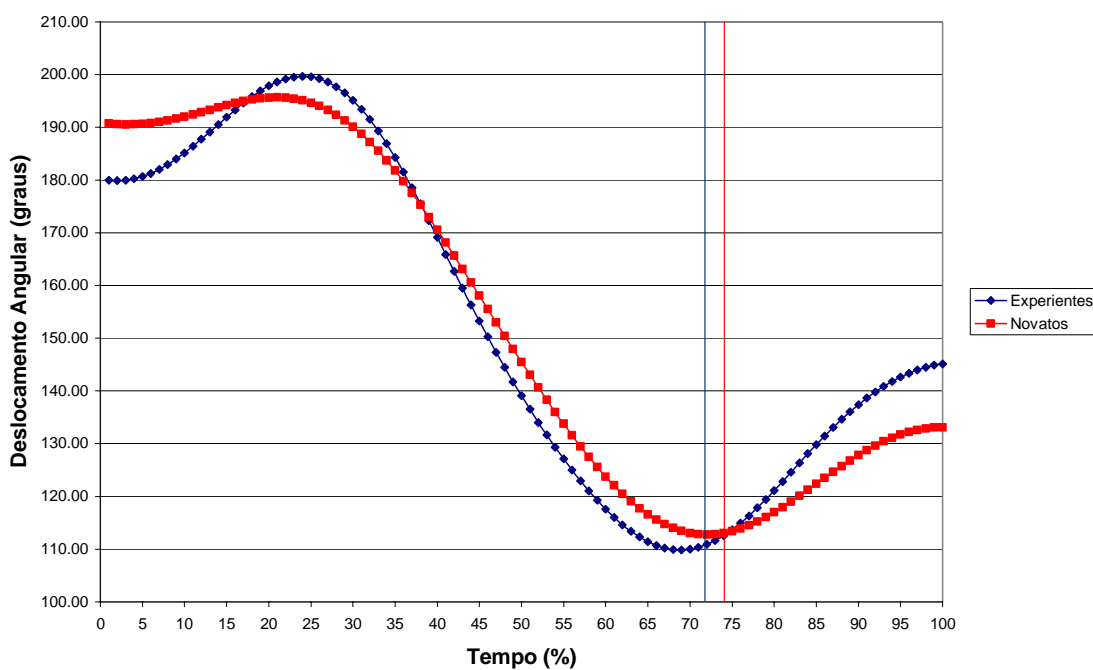
A coordenação do salto em distância dos atletas experientes e novatos, analisadas através do comportamento da articulação do joelho e quadril, está expressa nos gráficos 04, 05, 06, 07 e 08.

GRÁFICO 04 – DESLOCAMENTO ANGULAR DA ARTICULAÇÃO DO JOELHO



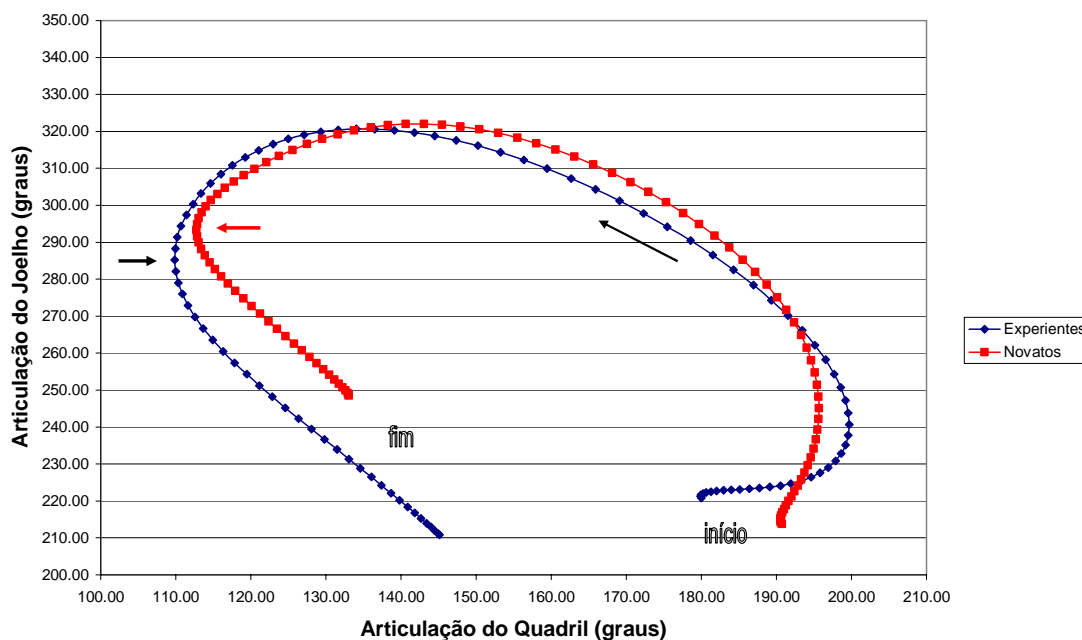
NOTA: As linhas verticais indicam o instante do início da fase de vôo dos sujeitos experientes ($72,6 \pm 0,29$ %) e novatos ($74 \pm 1,52$ %).

GRÁFICO 05 – DESLOCAMENTO ANGULAR DA ARTICULAÇÃO DO QUADRIL



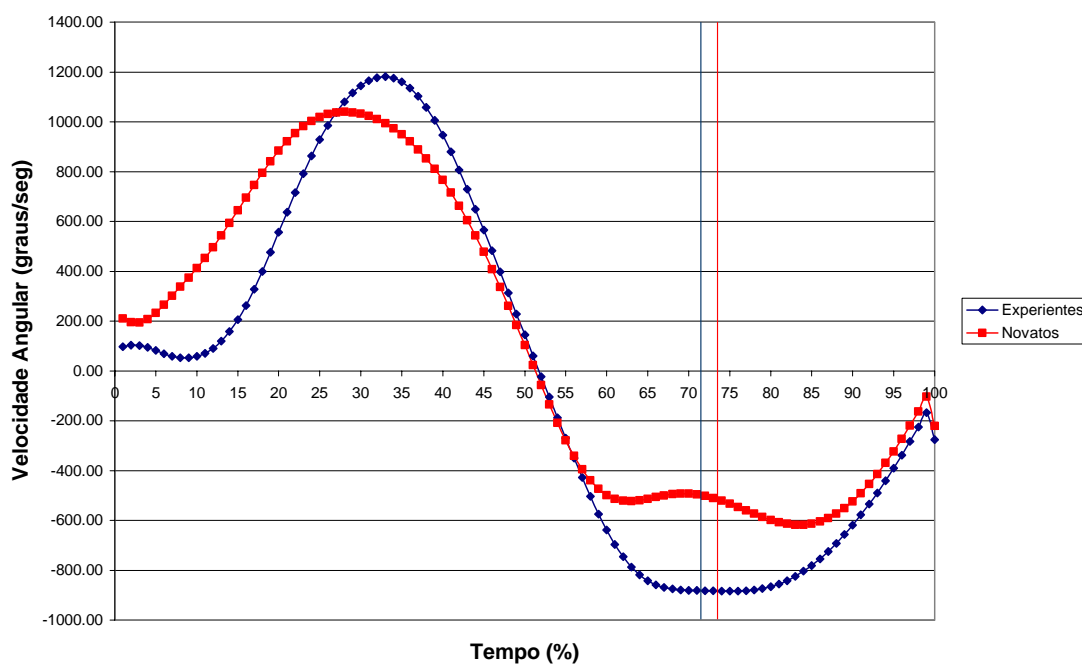
NOTA: As linhas verticais indicam o instante do início da fase de vôo dos sujeitos experientes ($72,6 \pm 0,29 \%$) e novatos ($74 \pm 1,52 \%$).

GRÁFICO 06 – RELAÇÃO DOS DESLOCAMENTOS ANGULARES ENTRE JOELHO E QUADRIL



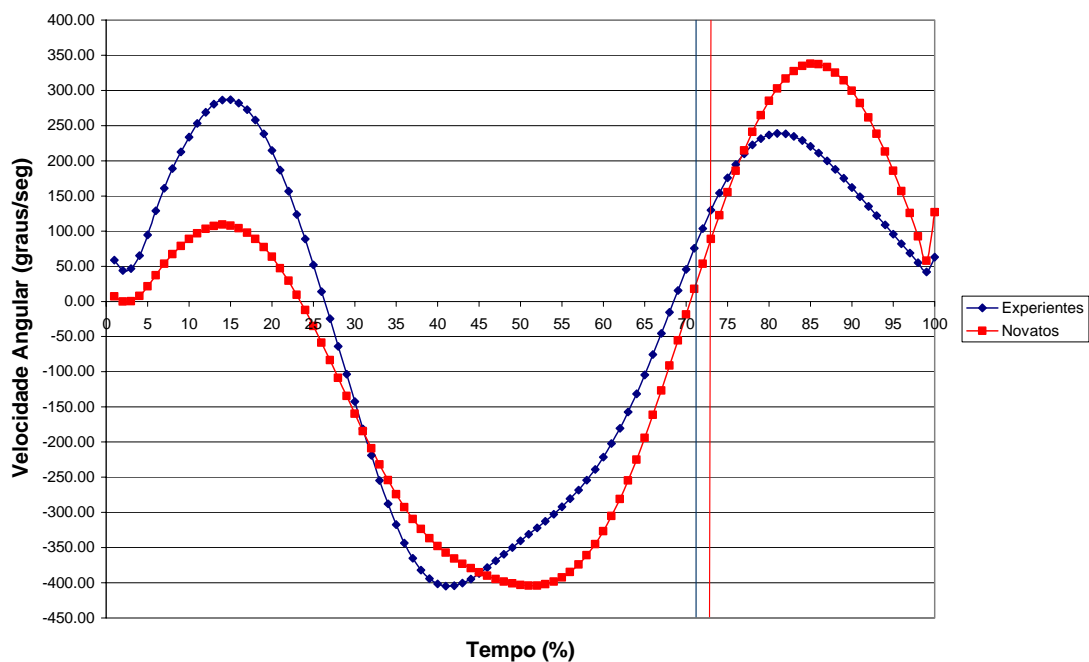
NOTA: As setas coloridas indicam o instante do início da fase de vôo dos sujeitos experientes e novatos.

GRÁFICO 07 – VELOCIDADE ANGULAR DA ARTICULAÇÃO DO JOELHO



NOTA: As linhas verticais indicam o instante do início da fase de vôo dos sujeitos experientes ($72,6 \pm 0,29 \%$) e novatos ($74 \pm 1,52 \%$).

GRÁFICO 08 – VELOCIDADE ANGULAR DA ARTICULAÇÃO DO QUADRIL



NOTA: As linhas verticais indicam o instante do início da fase de vôo dos sujeitos experientes ($72,6 \pm 0,29 \%$) e novatos ($74 \pm 1,52 \%$).

5.0 DISCUSSÃO

Segundo Fernandes (1984), a corrida de abordagem e a impulsão no salto em distância caracterizam as fases de maior influência na distância total do salto. A partir desta informação algumas variáveis foram delimitadas no intuito de encontrar diferenças entre os padrões coordenativos dos sujeitos experientes e novatos no salto em distância.

5.1 VARIÁVEL ESPACIAL DE DESLOCAMENTO LINEAR

A altura relativa do centro de massa no instante da impulsão é uma das variáveis determinantes na sua trajetória, e por consequência, determinante também na distância total percorrida pelo saltador (HAY, 1981). Nessas condições, podemos considerar a variável de deslocamento linear do centro de massa um fator determinante na performance.

Nos atletas considerados experientes, o deslocamento do centro de massa foi mais alto durante todo movimento do salto quando comparado aos atletas novatos, isto se deve, entre outros fatores, as alturas relativas dos atletas e a maior força de impulsão que estes devem possuir pelo tempo de treinamento específico a esta prova. Esses fatores são altamente determinantes na performance do saltador, já que a distância total do salto depende muito do ângulo e altura de projeção do centro de massa durante a fase de impulsão (HAY, 1981).

No momento do início da fase de vôo, a aproximadamente 70% do movimento do salto, o centro de massa dos atletas experientes estava a 5 centímetros mais alto quando comparado ao dos atletas novatos, apresentando uma melhor altura de projeção.

5.2 VARIÁVEIS ESPACIAIS DE DESLOCAMENTO ANGULAR

A partir da análise dos gráficos de deslocamento angular do joelho e quadril, pôde-se verificar um comportamento muito próximo na performance do salto desempenhada pelos atletas analisados. Desta forma, os novatos apresentam um padrão de movimento muito próximo aos experientes no salto em distância.

No início da fase de vôo, no gráfico da variável de deslocamento angular do quadril, os atletas experientes obtiveram semelhante ângulo de abertura comparado ao dos atletas novatos.

5.3 VARIÁVEIS TEMPORAIS DE VELOCIDADE LINEAR

Em um estudo realizado por Moura & Moura (2003), foram observadas as velocidades de abordagem relacionadas ao desempenho de atletas de salto em distância no Troféu Brasil de Atletismo e concluíram que apesar de saltadores mais velozes saltarem mais longe, não se pode dizer com a mesma certeza que quando um mesmo saltador corre mais rápido, será capaz de obter um resultado melhor.

A partir dos gráficos de velocidade linear do centro de massa tanto no eixo horizontal quanto vertical, foi observada uma maior geração de velocidades no movimento dos atletas experientes.

No gráfico da velocidade do centro de massa no eixo horizontal observamos nos momentos 45% a 60% (momentos que precedem o início da fase de vôo), uma curva ascendente da velocidade do centro de massa nos atletas experientes. Após esses instantes, essa curva começa a cair e nos momentos 60% a 70% ocorre uma grande acentuação da curva da velocidade do centro de massa no eixo vertical.

Nos gráficos das velocidades dos atletas novatos não é encontrado esse mesmo comportamento, portanto, pode-se considerar que estas variações inversas entre as velocidades apresentam uma estratégia dos atletas experientes em tentar transformar a velocidade horizontal em vertical, já que para tanto é necessário segundo Hay (1981) um decréscimo na velocidade horizontal.

Dentre as performances dos atletas experientes e novatos, observa-se uma maior velocidade nos movimentos dos atletas experientes, porém não se pode afirmar que suas melhores performances foram as que obtiveram as maiores velocidades de centro de massa.

5.4 VARIÁVEIS TEMPORAIS DE VELOCIDADE ANGULAR

Kennedy (1974) considera a elevação da perna contrária a do salto como um dos fatores da fase de impulsão responsáveis pela performance satisfatória.

Entre os atletas experientes e iniciantes verifica-se uma maior velocidade de extensão da articulação do joelho direito nos atletas experientes no instante que esses atletas preparam a posição adequada para saída da tábua de impulsão (45% a 65%). Esse movimento é importante pois eleva e impulsiona o centro de massa da perna direita à frente ajudando no deslocamento total do corpo.

No gráfico da velocidade angular da articulação do quadril, não foi possível verificar alguma estratégia de coordenação entre os diferentes níveis de experiência, já que trata-se de um deslocamento similar nos dois padrões de movimento.

Além das capacidades genéticas que um atleta pode possuir, as habilidades motoras que são desenvolvidas e potencializadas durante a prática também são grandes influenciadoras no desenvolvimento da performance satisfatória (SCHIMIDT, 2001).

No esporte de alto rendimento, a experiência como resultado de uma grande quantidade de prática, é grande influenciadora na qualidade dos movimentos executados.

6.0 CONCLUSÃO

O presente estudo objetivou analisar e comparar a performance do salto em distância de atletas experientes e novatos. Os experientes demonstraram serem capazes de transferir a maior parte da velocidade linear horizontal do centro de massa para a vertical, otimizando o ângulo de projeção e assim alcançarem uma melhor performance de salto.

O comportamento do deslocamento angular das articulações aponta que os novatos possuem o mesmo padrão coordenativo que os experientes. Todavia, os experientes demonstraram uma maior geração de velocidade ao redor da articulação do quadril nos instantes próximos à perda de contato com o solo. Esta estratégia adotada pelos experientes pode explicar a melhor transferência da velocidade horizontal para a vertical do centro de massa resultando na melhor performance dos experientes.

Sugere-se que mais estudos sejam realizados explorando os parâmetros biomecânicos do joelho oposto ao da perna de impulsão, bem como o deslocamento do quadril e tronco durante a fase de impulsão para um maior esclarecimento de variáveis não compreendidas neste estudo.

REFERÊNCIAS

ADAMS, J. A closed-loop theory of motor learning. **Journal of Motor Behavior**, v.3, p. 111-49, 1971.

ANDERSON, D. I.; SIDAWAY, B. Coordination changes associated with practice of a soccer kick. **Research quarterly for exercise ad sport**, v. 65, n.2, p. 93-99, 1994.

BERNSTEIN, N. **The coordination and regulation of movements**. New York: Pergamon, 1967.

FERNANDES, J. L. **Atletismo, os saltos**. 2. ed. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1984.

FITTS, P. Perceptual-motor skills learning. In: MELTON, A. W., ed. **Categories of human learning**. New York, Academic Press, 1964. p. 243-85.

GENTILE, A. M. A working model of skill acquisition with application to teaching. **Quest**, v.17, p.2-23, 1972.

HAY, J. G. Citius, altius, longius: the biomechanics of jumping for distance. **Journal of Biomechanics**, 26(S1): 7 – 21, 1993.

HAY, J. G. **Biomecânica das técnicas desportivas**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1981.

KELSO, J. A. S. Relative timing in brain and behavior: some observations about the generalized motor program and self-organized coordination dynamics. **Human Movement Science**, n. 16, p. 453-460, 1997.

KENNEDY, R. E. **Deportes de pista y campo para varones**. Nueva Editorial Interamericana, 1974.

MAGILL, R. A. **Aprendizagem Motora: conceitos e aplicações**. 5. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2000.

MAGILL, R. A. **Aprendizagem Motora: conceitos e aplicações**. São Paulo: Edgard Blücher, 1984.

MOURA, N. A.; MOURA, T. F. P. **Análise das relações entre velocidade de abordagem e desempenho em saltos horizontais no troféu Brasil de atletismo**. São Paulo, 2003.

OKAZAKI, V. H. A. & RODACKI, A. L. F. **Changes in Basketball Shooting Coordination in Children Performing With Different Balls**. *Fédération Internationale D'éducation Physique*, vol. 75, nº 02, p. 368-371, 2005.

OKAZAKI, V. H. A.; RODACKI, A. L. F.; OKAZAKI, F. H. A. O Efeito da Frequência da Amostragem e da Intensidade do Filtro na Análise Cinemática. In: **XVI Simpósio de Educação Física e Desportos do Sul do Brasil**, Ponta-Grossa - PR, p. 127-133, 2004.

PELLEGRINI A. M. A **aprendizagem de habilidades motoras 1: o que muda com a prática?** *Revista Paulista de Educação Física*, v. 3, p. 29-34, 2000.

POLISCHUK, V. **Atletismo, Iniciación y perfeccionamiento**. Colección Deporte. Barcelona: Editorial Paidotribo, 2000.

RODACKI, A. L. F.; FOWLER, N. E. The Effect of Postural Variations in Movement Co-Ordination During Plyometric Rebound Exercises. **Journal of Applied Biomechanics**, 2001; 17.; 14-27.

SANT, J. R. **Metodología del atletismo**. Colección Deporte. Barcelona: Editorial Paidotribo, 2000.

SEYFARTH, A.; FRIEDRICH, A.; WANK V.; BLICKHAN, R. Dynamics of the long jump. **Journal of Biomechanics**, n 32, 1999.

SCHMIDT, R. A.; WRISBERG, C. A. **Aprendizagem e performance motora: uma abordagem da aprendizagem baseada no problema**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed Editora, 2001.

SCHMIDT, R. A. **Aprendizagem e performance motora: dos princípios à prática**. Trad. de Flávia da Cunha Bastos e Olívia Cristina Ferreira Ribeiro. São Paulo, Movimento, 1992. p. 310.

STEEL, L. **Atletismo**. 5. ed. Barcelona: Editorial Sintet, 1967.

TURVEY, M. T. Coordination. **American Psychologist**, n. 45, p. 938-953, 1990.

WEINECK, Jürgen. **Biologia do Esporte**. São Paulo: Manole, 1991

WINTER, D.A. **Biomechanics and Motor Control of Human Movement**. 2a ed. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1990.