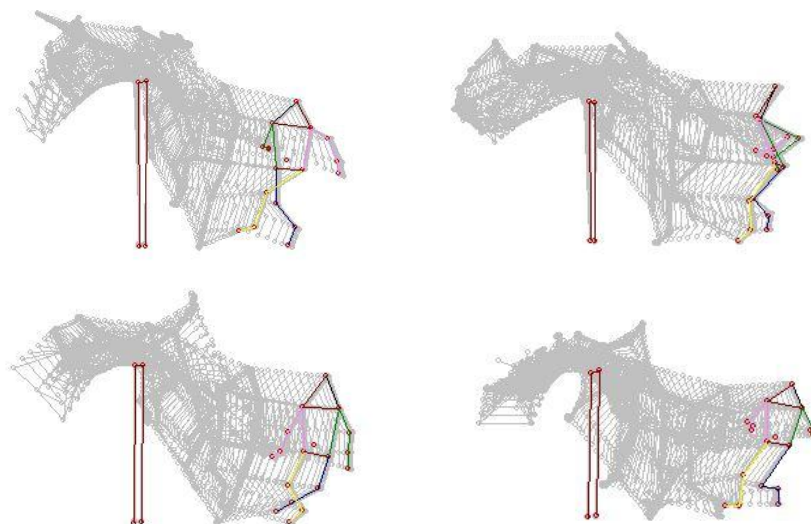


Licenciatura de Biomecânica – 3º ano – 2º Semestre

Unidade Curricular de Projecto Biomecânico

Orientador: Professor Rui Ruben

“ANÁLISE BIOMECÂNICA DO SALTO EM ALTURA”



Entrega em 23 de Julho de 2011

Trabalho elaborado por:

Paulo Oliveira | 2080802 | 2080802@my.ipleiria.pt

“Mesmo desacreditado e ignorado por todos, não posso desistir, pois para mim, vencer é nunca desistir.”

(Albert Einstein)

AGRADECIMENTOS

Ao professor Rui Rúben, por me ter acompanhado ao longo deste semestre, por me dar esta importante oportunidade de desenvolver uma pesquisa na área da Biomecânica Desportiva e em conjunto com um clube desportivo, despertando a motivação que há em mim nesta área para trabalhar e aprender.

Ao professor Pedro Morouço, por me facultar todo o seu conhecimento biomecânico e me acompanhar em todas as dúvidas que me surgiram ao longo desta análise.

À instituição Juventude Vidigalense, por se disponibilizar inteiramente, evidenciando o director Paulo Reis por todos os contactos e esclarecimentos prestados logo no primeiro contacto.

Aos treinadores da Juventude Vidigalense, por demonstrarem disponibilidade ao longo de todo o percurso, em especial à Cátia Ferreira, Cândida Barbosa, Juliana Neto, Jorge Favas e Avelino Dias, por terem aceite o meu convite para a reunião que houve em conjunto com toda a equipa relacionada com a modalidade de Salto em Altura.

Ao treinador nacional de salto em altura, Alcino Pereira, por ter disponibilizado alguns artigos científicos sobre a modalidade, em conjunto com a treinadora Cátia Ferreira, sendo a responsável pelo envio do e-mail.

Ao grupo que decidiu estudar a Biomecânica do Desporto, em principal aos professores Carlos Campos, Jorge Siopa, João Matias, Nuno André e Paulo Gameiro. De destacar os meus colegas e amigos João Silva, Filipa Pereira, Elizabete Coutinho, Daniela Caseiro, Inês Domingues, Milene Pereira e Helena Carvalho.

Aos colegas e amigos, André Fontes e Rúben Frazão, que se disponibilizaram para fazer companhia nas viagens a Rio Maior e auxiliaram na realização da prática do projecto.

Ao responsável do MovLab da Universidade Lusófona, João Abrantes, por todo o seu conhecimento e pelo incentivo ao meu contacto directo com um notável especialista da modalidade, Jesús Dapena.

Ao Jesús Dapena, por ter fornecido acesso à sua base de dados, onde retirei os seus relatórios em que constatavam diversos estudos realizados nesta modalidade de salto em altura.

Ao professor Vitor Milheiro, pela manhã de aulas que nos leccionou, com o intuito de obter uma maior informação sobre os aspectos técnicos da modalidade. Por ter orientado este projecto quanto ao volume de calibração, sendo de extrema importância para a realização de um bom método.

Ao professor Hugo Louro, por ter facultado os seus volumes de calibração, por ter aberto as portas da Escola Superior de Desporto de Rio Maior relativamente à biblioteca e conhecimento de novas pessoas para o aperfeiçoamento deste trabalho.

Ao professor Marco Branco, por ter leccionado aulas sobre o programa utilizado neste projecto, APAS System.

Ao professor António Graça, por disponibilizar a sua biblioteca privada e pelo interesse nesta análise Biomecânica.

Ao meu amigo Maurício Quaresma, pela disponibilização do Microsoft Access, o seu tutorial e a sua ajuda, tornando possível a realização de uma base de dados.

A todos os meus amigos, tanto universitários, como do secundário, da minha localidade (Avelar), de infância, por acreditarem em mim, em como este passo seria possível. Neste ponto quero destacar um grande amigo, José Mendes, por me fazer crescer como Homem e me ter dado uma nova visão sobre o Mundo em que vivemos.

À minha família, por todo o acompanhamento, força e confiança para que a conclusão desta etapa fosse possível de alcançar. Em especial ao meu pai por todas as ajudas que me deu nestes três anos, para a minha mãe por algumas semanas suportar momentos de maior amargura da minha parte e à minha irmã por até ao momento estar sempre presente.

À minha namorada e amiga Raquel Neto, por me acompanhar nestes quatro anos, por me motivar a estudar, pela sua presença imprescindível em todos os momentos e por todo o carinho demonstrado.

LISTA DE SIGLAS & ABREVIATURAS

Masc. – Masculino

Fem. – Feminino

Esq. – Esquerdo

Dir. – Direito

m – metro

Kg – Quilograma

vi – Velocidade inicial

vf – Velocidade final

vmax – Velocidade máxima

vix – Velocidade inicial horizontal

vfx – Velocidade final horizontal

vmaxx – Velocidade máxima horizontal

viy – Velocidade inicial vertical

vfy – Velocidade final vertical

vmaxy – Velocidade máxima vertical

CG – Centro de gravidade

m/s – metro por segundo

s – segundo

Angi – Ângulo inicial

Angf – Ângulo final

hi – altura inicial

hf – altura final

hmax – altura máxima

ai – aceleração inicial

af – aceleração final

amax – aceleração máxima

aiy – aceleração inicial vertical

afy – aceleração final vertical

amaxy – aceleração máxima vertical

Hz – Hertz

Frame – palavra técnica para imagem

J - Joule

RESUMO

Este trabalho tem como objectivo realizar uma análise biomecânica do salto em altura. Um estudo biomecânico na vertente desportiva visa melhorar a performance dos atletas que o praticam. Neste caso, alguns atletas da equipa de atletismo do clube Juventude Vidigalense. Para a realização deste trabalho foi necessário seguir uma metodologia, que utiliza quatro câmaras e o programa APAS System. Os resultados foram satisfatórios, na medida que se conseguiu realizar a comparação inicialmente proposta, mas ficaram aquém do esperado por não se obter valores possíveis de comparar com os artigos internacionais publicados sobre a temática. Assim, com o intuito de evoluir estes atletas dimensionaram-se dois tipos de treino, um para os que não tinham a técnica *Fosbury Flop* bem definida e outro para otimizar os que tinham esta técnica. Para uma melhor organização e rápida consulta dos dados obtidos desenvolveu-se uma base de dados. Foi desenvolvida uma reflexão por parte do autor, de modo a espelhar as suas perspectivas futuras e com vista a que um dia a sua iniciativa venha a ser desenvolvida e explorada de forma mais profunda. A análise biomecânica inicialmente proposta, de modo geral foi concluída de forma satisfatória e alcançada com sucesso.

Palavras-chave: Biomecânica do Movimento, Salto em Altura e *Fosbury Flop*.

ABSTRACT

The main goal of this research was to perform a biomechanics analysis in high jump. This kind of analysis is important to study and optimize athlete's performance. In this study the athletics team of Juventude Vidigalense was used. For the present study was necessary to adopt a different methodology compared with other biomechanical works, namely using four cams and the APAS System software. The results are satisfactory, because we are able to perform the comparison initially proposed. However, it was not suitable because the results were not possible to compare with the published international research about the thematic. So, with the aim to evolve these athletes we made two different training: one to the athletes that do not have the Fosbury Flop technique; and other to optimize the athletes that have this technique. For a better organization and faster analysis of the obtained data, the author developed a database. An appreciation was developed, with the scope of identifying future prospects and with the expectation that this work does not end and explored in near future with more details. The biomechanical analysis initially proposed, was concluded with satisfactory and successfully achievements.

Keyword: Biomechanics of Movement, High Jump and Fosbury Flop.

ÍNDICE GERAL

Agradecimentos.....	i
Lista de Siglas & abreviaturas.....	iii
Resumo	v
Abstract	vi
Índice Geral	vii
Lista de Figuras	x
Lista de Tabelas	x
Lista de Gráficos.....	xi
Capítulo 1.....	1
1.1 Introdução.....	1
Capítulo 2.....	3
2.1 Estado de arte – desporto.....	3
2.1.1 Técnica de Salto Frontal	3
2.1.2 Técnica de Salto à Tesoura	4
2.1.3 Técnica de Rolamento de Costas	5
2.1.4 Técnica de Rolamento Ventral.....	6
2.1.5 Técnica de <i>Fosbury Flop</i>	8
Capítulo 3.....	10
3.1 Estado de arte – Biomecânica	10
3.1.1 Estudo biomecânico de <i>Dapena et al, 1990</i>	10
3.1.2 Estudo biomecânico de <i>Kersting et al, 1998</i>	11
3.1.3 Estudo biomecânico de <i>Blazevic et al, 2006</i>	12
3.1.4 Estudo Biomecânico de <i>Ae et al, 2008</i>	14
Capítulo 4.....	19
4.1 Metodologia	19
4.1.1 Amostra	19

4.1.2 Métodos	20
4.1.2.1 Método de <i>Isolehte et al, 2007</i>	20
4.1.2.2 Método de <i>Coh et Supej, 2008</i>	20
4.1.2.3 Método Utilizado	21
4.1.3 Volume de Calibração.....	22
4.1.4 Fases da técnica <i>Fosbury Flop</i> a estudar.....	23
4.1.5 Programa Utilizado	23
Capítulo 5.....	25
5.1 Resultados.....	25
5.1.1 Tratamento dos Resultados	25
5.1.1.1 Atleta A	25
5.1.1.2 Atleta B	28
5.1.1.3 Atleta C	30
5.1.1.4 Atleta D.....	32
5.1.2 Discussão de Resultados.....	35
5.1.2.1 Atleta A	35
5.1.2.2 Atleta B	36
5.1.2.3 Atleta C	37
5.1.2.4 Atleta D.....	38
5.1.2.5 Discussão global dos resultados	39
Capítulo 6.....	40
6.1 Métodos de treino	40
6.1.1 Aprender a técnica <i>Fosbury Flop</i>	40
6.1.2 Aperfeiçoamento da técnica <i>Fosbury Flop</i>	42
6.1.3 Exercícios para diminuir o centro de gravidade nas últimas passadas da corrida de impulsão	44
6.2 Base de Dados	45
6.2.1 O que faz uma base de dados?	45
6.2.2 A criação da Base de Dados.....	45

Capítulo 7.....	47
7.1 Conclusões.....	47
7.2 Perspectivas Futuras.....	49
Referências Bibliográficas.....	50
Anexo A.....	52
Anexo B.....	53

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Atleta a executar a técnica Salto Frontal (<i>Bravo et al., 2003</i>).....	3
Figura 2 - Atleta Pierre Lewden a executar a técnica de Salto à Tesoura (<i>Bravo et al., 2003</i>)	5
Figura 3 - Esquema da técnica de Rolamento de Costas (<i>Bravo et al., 2003</i>).....	5
Figura 4 - Esquema da técnica de Rolamento Ventral (<i>Bravo et al., 2003</i>)	6
Figura 5 - Esquema do atleta sueco Bengt Nilsson a executar a técnica de Rolamento Sueco (<i>Bravo et al., 2003</i>)	8
Figura 6 - Esquema da técnica utilizada pelo Dick Fosbury (<i>Bravo et al., 2003</i>)	9
Figura 7 - Modelo de <i>Isolethte et a.l, (2007)</i>	20
Figura 8 - Modelo de <i>Coh e Supej, (2008)</i>	21
Figura 9 - Esquema do método dos atletas que saltem do lado esquerdo	21
Figura 10 - Esquema do método dos atletas que saltem do lado direito.....	22
Figura 11 - Exemplo do Volume de Calibração	22
Figura 12 - Esquema dos segmentos do corpo humano utilizados.....	23
Figura 13 - Exercício proposto por <i>Dapena e Ficklin, 2007</i>	44
Figura 14 - Formato da base de dados de bibliografia	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características dos atletas estudados	19
Tabela 2 - Coordenadas espaciais	22
Tabela 3 - Valores obtidos em treino pelos atletas	25
Tabela 4 - Resultados obtidos para a última passada, atleta A.....	26
Tabela 5 - Resultados obtidos para a Fase de Chamada, atleta A	26
Tabela 6 - Resultados obtidos para a Fase de Voo, atleta A	27
Tabela 7 – Resultados obtidos para a última passada, atleta B.....	28
Tabela 8 – Resultados obtidos para a Fase de Chamada, atleta B	29
Tabela 9 - Resultados obtidos para a Fase de Voo, atleta B	30
Tabela 10 - Resultados obtidos para a última passada, atleta C	30
Tabela 11 - Resultados obtidos para a Fase de Chamada, atleta C	31
Tabela 12 - Resultados obtidos para a Fase de Voo, atleta C	32
Tabela 13 - Resultados obtidos para a última passada, atleta D	33

Tabela 14 - Resultados obtidos para a Fase de Chamada, atleta D	33
Tabela 15 - Resultados obtidos para a Fase de Voo, atleta D	34

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Variação do ângulo entre a perna e a coxa, atleta A	28
Gráfico 2 - Variação do ângulo entre a perna e a coxa, atleta B	30
Gráfico 3 - Variação do ângulo entre a perna e a coxa, atleta C	32
Gráfico 4 - Variação do ângulo entre a perna e a coxa, atleta D	34

Capítulo 1

1.1 INTRODUÇÃO

Este trabalho de investigação foi elaborado no âmbito da unidade curricular de projecto biomecânico e tem como tema “Análise Biomecânica do Salto em Altura”.

Com este trabalho pretende-se elaborar uma análise Biomecânica, mais especificamente uma análise cinemática, do salto em altura, através de uma pesquisa intensiva e uma literatura específica, enunciada pelos técnicos e professores. As palavras-chave utilizadas na pesquisa foram a Biomecânica, o salto em altura e a técnica utilizada na modalidade. Assim, obteve-se um maior conhecimento dos métodos utilizados na Biomecânica, os parâmetros a estudar e as fases executadas na técnica do salto em altura.

A Biomecânica, segundo *Freivalds (2004)* é definida como a ciência que relaciona as forças e as suas implicações num sistema biológico. Ao interligarmos a Biomecânica ao Desporto, pode-se identificar dois principais objectivos, a redução de lesões e o melhoramento do rendimento dos atletas (*Bartlett, 1999*). Neste estudo debruçou-se sobre o melhoramento do rendimento dos atletas em treino e competição.

A motivação para a realização deste trabalho esteve na paixão pelo desporto e a importância da Biomecânica ligada ao desporto, porque cada vez mais se faz a diferença em pormenores. A escolha passou pelo salto em altura, por ser uma modalidade em que a técnica não apresenta características óptimas, em que cada atleta exhibe o mesmo tipo de técnica, mas aplicada de forma pessoal e executada com diferentes pormenores. Por existir pouco interesse nacional por parte dos treinadores e pela falta de motivação devido ao facto dos atletas portugueses não alcançarem os mínimos para participarem em competições internacionais. Finalmente, por se verificar a nível mundial, que o recorde mundial não é batido há alguns anos, em feminino desde 1987 e nos masculinos desde 1993.

A estrutura do projecto é composta por introdução, seguida de estado de arte relacionado com o tema seleccionado, metodologia utilizada, resultados e sua discussão, conclusão e, finalmente, perspectivas futuras.

O capítulo 1 visa dar ao leitor um conhecimento prévio dos objectivos do trabalho, da motivação da realização do mesmo e o conteúdo do próprio trabalho.

O capítulo 2 fornece uma análise pormenorizada de como as diferentes técnicas evoluíram e os feitos que alcançaram ao longo dos anos.

O capítulo 3 transmite ao leitor alguns dos estudos mundiais que se realizaram na área da biomecânica, cujo tema englobasse a modalidade do salto em altura.

O capítulo 4 tem como objectivo apresentar toda a metodologia do trabalho, amostra, critérios de selecção, método e programa utilizado.

O capítulo 5 exhibe todos os resultados obtidos com esta pesquisa e a discussão destes resultados com o tema em questão.

O capítulo 6 proporciona aos treinadores e futuros treinadores, treinos importantes para o melhoramento técnico, com vista a alcançar novas metas por parte dos atletas e também focará o que é uma base de dados, de modo a se criar uma.

O capítulo 7 visa transmitir as dificuldades, as conclusões e as perspectivas futuras que o autor tem para este trabalho de pesquisa.

Capítulo 2

2.1 ESTADO DE ARTE – DESPORTO

A técnica utilizada no salto em altura sofreu diversas alterações ao longo do tempo. A primeira marca alcançada na modalidade foi obtida com a técnica de salto frontal em 1776 ou 1777 e o recorde mundial actual foi ultrapassado com a técnica *Fosbury Flop*.

Posto isto, vão ser abordadas as diversas técnicas e suas evoluções, nomeadamente: salto frontal, salto à tesoura, salto de costas, salto ventral e *Fosbury Flop*.

2.1.1 Técnica de Salto Frontal

O salto frontal foi a técnica mais antiga no salto em altura e consistiu no encolhimento das pernas quando o atleta realizou o salto (figura 1). Alguns autores atribuíram a invenção desta técnica ao inglês Johann Simons em 1776 ou 1777, na escola pública de Dean.

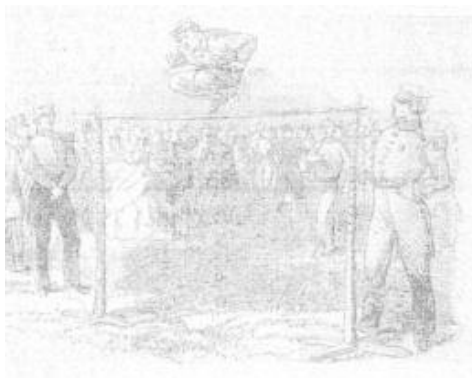


Figura 1 - Atleta a executar a técnica Salto Frontal (*Bravo et al., 2003*)

Este salto foi melhorado em 1876 por Marshall Brook de Cambridge, onde encolheu as pernas, mas inclinou o tronco para trás quando ultrapassou a fasquia. Para a época a utilização desta técnica foi notável, porque este atleta tinha apenas 21 anos e 1,83 metros de estatura e conseguiu saltar a marca de 1,89 metros.

A técnica evoluiu, sofreu algumas modificações e alcançou o seu máximo em 1887 com a passagem da fasquia a 1,95 metros pelo atleta de estatura baixa (1,70 metros), Byrd-Page (*Bravo et al., 2003*).

2.1.2 Técnica de Salto à Tesoura

Verificaram-se várias evoluções na técnica de salto à tesoura como por exemplo a tesoura escocesa, a tesoura simples ou vertical, a tesoura horizontal e a tesoura californiana.

A tesoura escocesa foi o primeiro exemplo do salto à tesoura, sem se ter certeza da origem do nome da técnica, supôs-se que o nome se deve ao facto de os dois melhores atletas com esta técnica serem oriundos das ilhas Britânicas, Fitzpatrick da Irlanda e Rowdon de Inglaterra. O atleta Fitzpatrick em 1889 atingiu a marca de 1,95 metros e o atleta Rowdon em 1890 passou a fasquia a 1,95 metros.

A tesoura simples ou vertical foi o evoluir da técnica da tesoura escocesa, no entanto, apenas em nome. Baseou-se numa corrida menos frontal, quando comparada com o salto frontal, sendo a fase de chamada realizada com a perna exterior, a queda executada sobre outra perna e o tronco permaneceu sempre direito. O atleta Hug Baxter venceu os Jogos Olímpicos de Paris quando usou esta técnica, alcançando a marca de 1,90 metros.

A tesoura simples evoluiu para duas formas distintas, que diferiu apenas na inclinação do tronco. A primeira, foi conhecida como a tesoura americana na Europa, tesoura da costa de Este nos Estados Unidos da América ou apenas por tesoura horizontal. Esta técnica consistiu numa corrida lateral, ou frontal com um pequeno desvio lateral nas últimas passadas, a rotação do corpo era realizada no lado da perna interior. A perna de chamada deu uma clara vantagem ao deslocamento do centro de gravidade em salto e neste salto o tronco manteve-se direito. Através desta técnica, o atleta Mike Sweeney conseguiu a marca de 1,97 metros, no ano de 1895. A técnica de tesoura horizontal sofreu pequenas alterações e obteve bons resultados com a atleta romena “Yoli” Balas, que foi campeã do mundo por catorze vezes e teve os seus melhores resultados em 1956 e 1961, com 1,75 metros e 1,91 metros, respectivamente.

A última evolução da técnica do salto à tesoura teve o nome de tesoura californiana. Nesta técnica, tal como sucedeu na anterior, a fase de chamada é feita com a parte

exterior da perna, a corrida passa a ser um pouco mais diagonal e o tronco gira para o lado da perna de chamada. A técnica apareceu a primeira vez pelo norte-americano Richmond Landon onde alcançou a marca de 1,94 metros, dando-lhe o recorde olímpico em 1920. O atleta francês, Pierre Lewden, utilizou esta técnica (figura 2) e obteve uma distinção considerável em 1925, com uma marca de 1,95 metros. O atleta alcançou este resultado, pois introduziu uma melhoria na posição do corpo enquanto passava a fasquia. O máximo histórico da técnica de tesoura californiana teve como representante o finlandês Kaveli Kotdas, com a marca de 2,04 metros em 1936 (*Bravo et al., 2003*).

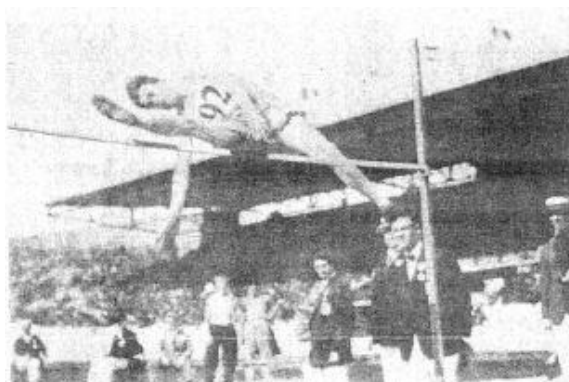


Figura 2 - Atleta Pierre Lewden a executar a técnica de Salto à Tesoura (*Bravo et al., 2003*)

2.1.3 Técnica de Rolamento de Costas

No rolamento de costas ou rolamento californiano a chamada foi feita com o pé interior e o atleta posicionava-se lateralmente à fasquia. Neste caso, o atleta transpõe a fasquia de costas, sendo que nessa altura o corpo fica paralelo à fasquia. Esta técnica terminou quando o atleta alcançou o chão com o pé de chamada (figura 3).

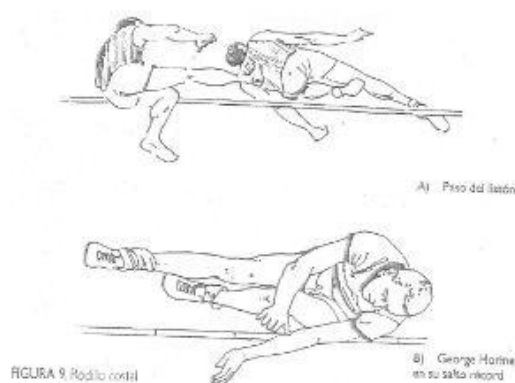


Figura 3 - Esquema da técnica de Rolamento de Costas (*Bravo et al., 2003*)

Surgiu através do atleta norte-americano Dave Martin em 1908. Um outro atleta que mostrou esta técnica foi o também norte-americano George Horine, que alcançou 1,93 metros, em 1911. Com algumas modificações que foram surgindo nos treinos destes atletas, alcançou-se pela primeira vez o feito da transposição dos dois metros, através do atleta Horine, em 1912. Além deste feito, o atleta fica na história por ser o primeiro a utilizar umas sapatilhas de bicos no salto em altura.

Após alguns estudos, na técnica de Horine, foram identificados alguns factores que este realizou antes de efectuar a impulsão do salto, como a forte chamada, o aceleração nas últimas quatro passadas e o agachamento.

A marca de 2,01 metros de Horine foi a primeira a ser registada na Federação Internacional de Atletismo para a modalidade de Salto em Altura. Esta marca subsistiu pouco tempo, pois o atleta Edward Beeson transpôs a fasquia a 2,02 metros, permanecendo na história durante 10 anos. O recorde foi batido pelo atleta Harold Osborne que alcançou os 2,04 metros, em 1924, e teve o reparo do autor Robert Quercentani, que o identificou como o atleta mais espectacular da década de 1920.

A marca máxima que se alcançou com o rolamento de costas foi de 2,16 metros em 1965 pelo atleta Gane Johnson, que assinalou a modalidade de salto em altura como sendo o último praticante desta técnica (*Bravo et al., 2003*).

2.1.4 Técnica de Rolamento Ventral

A técnica de rolamento ventral baseou-se na subida da parte anterior da anca sobre a fasquia, na altura da passagem o tronco está horizontal e paralelo à fasquia e terminou com a descida da perna de chamada e de ambas as mãos, ver figura 4.

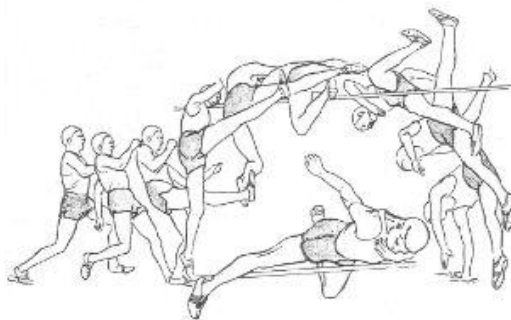


Figura 4 - Esquema da técnica de Rolamento Ventral (*Bravo et al., 2003*)

Não se soube nada em concreto quanto à origem desta técnica, teve-se apenas conhecimento que começou-se a estudar na década 1920, através do livro “Track and Field” escrito por Dr. Ayres em 1926 que descreveu detalhadamente a técnica de rolamento ventral.

Durante alguns anos, utilizou-se a técnica em várias universidades e praticantes, mas a técnica apareceu pela primeira vez numa competição internacional no ano de 1936, por intermédio do atleta negro Dava Albritton, que alcançou a marca de 2,07 metros, igualando o recorde mundial.

A técnica de rolamento ventral continuou a ter modificações positivas e passados alguns anos, o atleta negro Charles Dumas ultrapassou a fasquia com uns fantásticos 2,10 metros, isto quando tinha apenas 17 anos. A técnica utilizada pelo atleta foi o rolamento ventral paralelo, e obteve novo sucesso quando bateu o recorde do mundo em 1956 onde alcançou os 2,16 metros.

Com o passar dos anos a técnica continuou a ser estudada e evoluiu, em 1941 por intermédio de Leslie Steers, que utilizou o rolamento ventral com ambas as pernas flectidas e atingiu um novo recorde do mundo (2,11 metros). Atletas e treinadores criticaram de forma positiva a técnica porque além de ser eficaz, era económica em termos físicos.

Em 1954, o atleta Bob Avant alcançou um novo recorde do mundo, onde bateu os 2,13 metros, o atleta utilizou o rolamento ventral com uma inclinação do tronco mais acentuada na altura da transposição da fasquia. Com menor inclinação do tronco, teve-se o atleta negro de apenas 19 anos, Jonh Thomas, onde bateu o recorde do mundo elevando o valor para 2,23 metros em 1960.

O rolamento ventral com inclinação transversal, ou rolamento perpendicular, ou rolamento em profundidade, ou rolamento rotativo ou rolamento sueco, surgiu pelo atleta sueco Bengt Nilsson (figura 5) no início dos anos 1950, e bate o recorde europeu em 1954 com a marca de 2,11 metros. O seu treinador Gösse Holmer, foi o mentor desta técnica, que teve algumas particularidades especiais, como a corrida de impulso frontal, a chamada perpendicular, a perna livre muito flexionada que obrigou o atleta a colocar o braço ao lado da cabeça e assim facilitou a rotação do tronco e da anca.

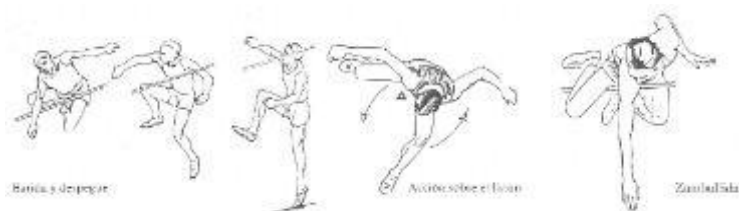


Figura 5 - Esquema do atleta sueco Bengt Nilsson a executar a técnica de Rolamento Sueco (Bravo et al., 2003)

Na década de 1950 também apareceu a sapatilha compensada, que calçou apenas no pé de impulso, permitindo uma chamada mais eficaz, isto porque com uma corrida mais baixa, a chamada tornou-se mais suave. Os melhoramentos deveram-se também a esta sapatilha permitir uma melhor conversão da velocidade horizontal em força de impulsão. Com este tipo de calçado apareceu o atleta Yuri Stepanov, que alcançou os 2,16 metros em 1957 batendo o recorde do mundo de Charles Dumas.

Este tipo de sapatilha tornou-se um passo importante na modalidade de salto em altura, porque além dos melhores resultados alcançados este tipo de sapatilha protegeu os atletas de certas lesões. O exemplo foi o uso da sapatilha por Nilsson, que assim protegeu-o da lesão crónica ao nível dos tendões.

Com o aparecimento de um calçado apropriado surgiu uma nova técnica, de nome rolamento ventral diagonal, que visou o cruzamento do rolamento ventral paralelo e o rolamento sueco. Nos anos 1960, a técnica foi usada pelo atleta Valeri Brumel que elevou o recorde do mundo para 2,23 metros em pista coberta e em 1963 este atleta elevou novamente os números para 2,28 metros. O seu treinador Diachtkov, baseou-se no salto de Stepanov, de Nilsson e de Gilbert Guter para realizar esta eficaz técnica (Bravo et al, 2003).

2.1.5 Técnica de Fosbury Flop

A técnica *Fosbury Flop* (figura 6) foi utilizada pela primeira vez por Dick Fosbury, nos Jogos Olímpicos do México de 1968, onde alcançou o recorde olímpico com a marca de 2,24 metros. Com a técnica *Fosbury Flop* alcançaram-se os recordes mundiais em feminino pela atleta Stefke Kostadinova com a marca de 2.09 metros em 1987 e em masculino pelo atleta Javier Sotomayor com a marca de 2,45 metros em 1993 (Bravo et al., 2003).

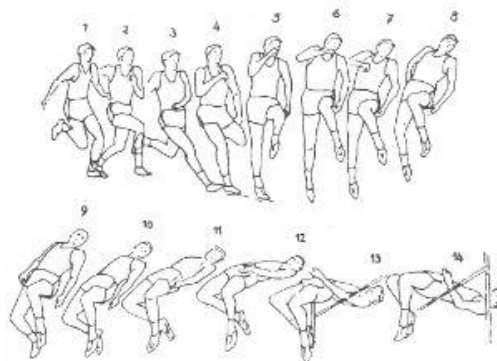


Figura 6 - Esquema da técnica utilizada pelo Dick Fosbury (Bravo et al., 2003)

Dapena e Ficklin (2007) consideraram que esta técnica podia ser dividida em três partes, a fase de corrida, a fase de chamada e a fase de voo ou de passagem da fasquia.

A fase de corrida é a fase que estabelece as condições apropriadas para o início da fase de chamada. Por norma esta fase tem cerca de 10 passadas e é dividida em duas partes, a primeira segue uma linha recta perpendicular à fasquia com uma corrida forte e a última parte segue 4 a 5 passadas em curva. Esta última parte é feita em curva para que o atleta se incline de forma apropriada de modo a efectuar da melhor forma a fase de chamada. Uma corrida rápida ou uma curva apertada, originam a direcção da inclinação no centro da curva.

A fase de chamada é considerada por todos os autores que estudaram a técnica *Fosbury Flop* da fase mais importante (Ae et al, 2008; Coh e Supej, 2008; Dapena e Ficklin, 2007). Esta fase consiste no atleta exercer uma determinada força no solo, que determinará a altura máxima do centro de massa do atleta na fase em que deixará de existir contacto com o solo. A fase de chamada também será fundamental para o momento de rotação ou momento angular, pois é este momento que dará ao atleta a rotação devida para ultrapassar a fasquia (Dapena e Ficklin, 2007).

A fase de voo ou de passagem da fasquia é considerada por todos os autores a fase menos importante no salto em altura, porque caso o atleta não realize um bom salto, os erros na maioria da parte encontram-se na fase de corrida e na fase de chamada (Dapena e Ficklin, 2007).

Capítulo 3

3.1 ESTADE DE ARTE – BIOMECÂNICA

Na actualidade existem diversos estudos biomecânicos e para um melhor enquadramento do trabalho realizou-se uma análise de alguns estudos relacionados com a temática. Os estudos analisados foram os de *Dapena et al. (1990)*; *Kersting et al., (1998)*; *Blazevic et al., (2006)*; e *Ae et al., (2008)*.

3.1.1 Estudo biomecânico de *Dapena et al., 1990*

Dapena et al em 1990 analisaram 77 atletas de elite no salto em altura, em que 37 eram do sexo feminino e os restantes masculinos. Os autores consideraram a velocidade horizontal, a altura do centro de massa no final da corrida de aproximação e o balanço dos braços, como os parâmetros essenciais de modo a verificar a sua importância na velocidade vertical no final da fase de chamada.

O método usado para a realização desta análise biomecânica consistiu na filmagem a três dimensões. Foram utilizadas duas câmaras a 50 Hz, sendo que estas não estavam sincronizadas. Este facto conduz a uma inexactidão da análise.

Em termos de resultados, ao ser comparada a velocidade horizontal com a velocidade vertical no final da fase de chamada, verificou-se que os atletas com uma maior velocidade horizontal são os que têm a maior elevação no salto. Em relação à altura do centro de massa, concluiu-se que quanto menor a sua altura, melhor são os valores da velocidade vertical no final da fase de chamada. No último parâmetro estudado, reparou-se que quanto maior for o balanço exercido dos braços, melhor a velocidade vertical no final da fase de chamada. Deste modo, através de *Dapena et al. (1990)*, conclui-se que um bom atleta no salto em altura é aquele que consegue conjugar da melhor maneira, a velocidade horizontal, a altura do centro de massa e o balanço dos braços.

3.1.2 Estudo biomecânico de *Kersting et al., 1998*

Kersting et al. (1998) efectuaram uma análise biomecânica do salto em altura no Campeonato do Mundo de Atletismo em Atenas, 1997. Os autores estudaram os vinte saltos válidos dos doze finalistas. Para realizar o método proposto pelos autores usaram-se quatro câmaras fixas a gravar a 50 Hz, duas para o pé esquerdo e as restantes para o pé direito. As câmaras foram calibradas com um cubo de 2 m³ de volume. Os dados foram digitalizados com o programa *Peak.Motus* e os parâmetros calculados (posição do centro de massa, ângulo do corpo, velocidades do centro de massa e a energia total) foram tratados através de um programa desenvolvido pela Universidade de Desporto Alemã de Colónia. As coordenadas espaciais dos dezanove pontos digitalizados por frame foram calculadas através do método DLT.

O autor dividiu o grupo em dois (não explicou como foi feita esta divisão) e verificou que para o parâmetro da energia inicial e da velocidade horizontal do centro de massa na aterragem, o grupo 1 apresentou valores superiores que os do grupo 2. Para os parâmetros no ângulo do tronco, aterragem e ângulo de chamada, ângulo do pé, joelho e anca, bem como a altura do centro de massa não ocorreram diferenças significativas. Na chamada o grupo 2 teve uma maior perda de energia em relação ao grupo 1. A diminuição da velocidade horizontal do centro de massa foi maior no grupo 2, enquanto o grupo 1 produziu um elevado índice de transformação. Nos restantes parâmetros estudados não se obtiveram correlações significantes.

Através dos resultados foi possível obter uma correlação exponencial entre a diminuição da energia e o índice de transformação. Um indicou que o máximo da velocidade vertical do centro de massa ocorreu num valor específico para a perda de energia. A outra indicou que uma maior redução da energia total do centro de massa e a velocidade horizontal do centro de massa não resultou de um aumento da velocidade vertical do centro de massa.

Em título de conclusão, os autores verificaram nos dois grupos uma variação das condições iniciais e uma variação no comportamento do salto. Ao observar os resultados do grupo 2 obteve-se uma elevada energia de iniciação e uma elevada perda de energia durante a fase de chamada. Para o grupo 2 também houve um menor índice de transformação. Em relação aos valores da energia final e ângulo no final da fase de chamada, os dois grupos obtiveram valores próximos. A elevada perda

de energia no grupo 2 não lhes trouxe nenhuma vantagem, onde se pode identificar um importante erro.

No grupo 1, a menor perda de energia e o elevado índice de transformação, mostrou um défice na energia inicial, quando comparado com o segundo grupo. Ao comparar a velocidade horizontal do centro de massa, o grupo 1 obteve um valor menor, isto sem produzir um grande aumento na velocidade vertical do centro de massa. Esta comparação levou-nos a uma questão: “Como é que se alcançou uma diferente perda de energia, senão ocorreram diferenças na posição do corpo na aterragem?”, a explicação esteve na rigidez dos músculos, porque a rigidez altera a coordenação do músculo-tendão, assim teve-se diferentes perdas de energia.

Os autores concluíram que é possível calcular o índice de transformação através da perda de energia, o grupo 1 esteve perto da fase de chamada óptimo, enquanto o grupo 2 foi menos eficiente para este parâmetro, o valor óptimo de perda de energia esteve entre os 4 e 5 J/Kg, o ângulo de chamada esteve entre os 47,8° e os 49,3° e o valor óptimo de velocidade vertical esteve compreendido entre os 3,13 m/s e os 3,35 m/s no grupo 1 e entre os 3,40 m/s e os 3,61 m/s para o grupo 2. Este último dado indicou que uma alta velocidade de aproximação, levou-nos a uma maior perda de energia por parte dos atletas, com o intuito de alcançarem a velocidade de chamada óptimo.

3.1.3 Estudo biomecânico de *Blazevic et al., 2006*

Blazevic *et al* em 2006 realizaram um estudo onde a sua amostra consistiu numa atleta de elite no salto em altura da selecção Croata.

O trabalho de pesquisa baseou-se no estudo de sete saltos que a atleta efectuou de 19 de Fevereiro de 2000 até 7 de Julho de 2003. O método deste estudo consistiu na utilização de duas câmaras digitais e a gravação realizou-se a 60 Hz.

No decorrer dos setes saltos a atleta obteve uma evolução positiva, isto é, ao longo destes sete saltos a atleta teve uma evolução positiva, no primeiro salto em 2000 a atleta ultrapassou a fasquia em 1,80 m e no último salto que efectuou em 2003 superou a fasquia a 2,00 m.

Os autores analisaram vinte e cinco parâmetros cinemáticos, onde caracterizaram-os como fundamentais na modalidade de salto em altura. Os parâmetros estudados foram os seguintes:

- 1 - a altura da fasquia (HB);
- 2 - o comprimento da penúltima passada durante a corrida (L2SRU);
- 3 – o comprimento da última passada durante a corrida (L1SRU);
- 4 - a distância entre o ponto de chamada e a projecção da fasquia (DTPBP);
- 5 - a distância do centro de gravidade e a projecção da fasquia no momento do posicionamento da perna de chamada (DCGBPLP);
- 6 - a duração da chamada (DTO);
- 7 - a velocidade horizontal do centro de gravidade na terceira passada durante a corrida (HV3RU);
- 8 - a velocidade horizontal do centro de gravidade na segunda passada durante a corrida (HV2RU);
- 9 - a velocidade horizontal do centro de gravidade do corpo até no momento do posicionamento da perna de chamada (HVLPL);
- 10 - a velocidade horizontal do centro de gravidade no final da chamada (HVTO);
- 11 - a velocidade vertical do centro de gravidade no momento do posicionamento da perna de chamada (VBLPL);
- 12 - a velocidade vertical do centro de gravidade no final do posicionamento da chamada (VVETO);
- 13 - a velocidade resultante (RESV);
- 14 - a altura do centro de gravidade na terceira passada durante a corrida (CG3S);
- 15 - a altura do centro de gravidade na segunda passada durante a corrida (CG2S);

16 - a altura do centro de gravidade no momento do posicionamento da perna de chamada (CGLP);

17 - a altura do centro de gravidade na amortização (CGAMORT);

18 - a altura do centro de gravidade no final da chamada (CGETO);

19 - a altura máxima do centro de gravidade no momento que percorre a fasquia (CGMAX);

20 - a altura da anca acima da barra (HHIP);

21 - o ângulo de amortização (ANAMORT);

22 - o ângulo no momento de entrada na chamada (ANETO);

23 - o ângulo de chamada (ANTO);

24 - a altura de voo do centro de gravidade (H2);

25 - a altura acima da fasquia (H3).

Após o estudo e tratamento destes vinte e cinco parâmetros, os autores concluíram que o salto do atleta aumenta quando, o HHIP, o ANTO, o CGMAX aumentaram, isto quando se observaram os parâmetros básicos da cinemática, isto é, a corrida de aproximação, a chamada e a fase de voo.

O autor sugeriu ainda, após leitura de diversas bibliografias, que o parâmetro que mais influenciou o tamanho do salto foi a velocidade vertical do centro de gravidade no final da chamada. Em formato de conclusão os autores afirmaram sem quaisquer dúvidas que a velocidade de aproximação e a acção da chamada para uma melhor trajectória de voo aumentaram a qualidade do salto.

3.1.4 Estudo Biomecânico de *Ae et al., 2008*

Ae et al. (2008), seguiram as análises biomecânicas que outros autores realizaram na modalidade de Salto em Altura nos campeonatos do Mundo de Tóquio 1991, Atenas 1997, Helsínquia 2005 e reportou a sua análise que realizou em Osaka 2007.

A competição ficou marcada por ambos vencedores atingirem a mesma marca (2,35 m), assim o autor seleccionou estes três atletas, Donald Thomas, Yaroslav Rybakov e Kyriakos Ioannou, onde realizou uma análise cinemática da técnica de *Fosbury Flop*.

O método deste trabalho consistiu na utilização de duas câmaras de alta velocidade a operar a 250 Hz no pé esquerdo e duas câmaras normais a operar a 60 Hz para o pé direito.

Os autores digitalizaram vinte e três marcas no melhor salto de cada atleta, a digitalização ocorreu cinco frames antes da penúltima passada do pé de apoio e terminou dez frames a seguir ao final da chamada, isto é, quando o pé deixou de ter contacto com o solo. A reconstrução tridimensional foi feita através do método DLT (Direct Linear Transformation) e usou um filtro digital *Butterworth*, com um corte de frequência entre os 5 Hz e os 7,5 Hz.

O centro de massa estimou-se através dos parâmetros dos segmentos dos atletas e através da sua derivada calculou-se a altura e a velocidade do centro de massa. Os autores distinguiram três tipos de altura centro de massa, a primeira caracterizou o centro de massa quando o atleta inicia a fase de chamada (H1), a segunda contabilizou-se quando o atleta iniciou a fase de voo (H2) e a terceira foi a diferença entre o tamanho máximo do centro de massa do atleta e a altura da fasquia (H3).

Neste estudo *Ae et al.*, (2008) ainda definiram o ângulo da articulação do joelho como o ângulo entre a coxa e a perna. Para a avaliação da fase de chamada utilizou-se o ângulo de inclinação inverso (*backward lean angle*) e o ângulo de inclinação interior (*inward lean angle*).

Através de uma sequência de imagens os autores realizaram uma primeira avaliação e consequente comentário sobre o melhor salto de cada atleta.

Os autores verificaram que Thomas inclinou o corpo fortemente para a frente, especialmente na penúltima passada, dando ao atleta uma técnica muito diferente da de Rybakov e de Ioannou. Esta forma de salto caracterizou-se de nova e diferente dos outros saltadores, isto porque, ao longo de toda a fase de aproximação Thomas foi levantando o tronco e o corpo, de modo a preparar uma forte chamada na última passada. Na inclinação inversa do tronco obteve uma ligeira diferença em relação aos outros saltadores. Verificou-se que o balanço dos braços foi praticamente vertical na fase de chamada e o aumento da coxa no balanço da perna revelou esta técnica de excelente. A característica mais notável deste atleta esteve no posicionamento das pernas enquanto passou a fasquia.

Rybakov exibiu uma técnica de livro, com o balanço de ambos os braços a acompanhar uma nítida inclinação inversa do corpo na aterragem do pé de chamada. Na penúltima passada observou-se de forma apropriada um avanço do corpo, levantou o tronco, assim baixou o seu centro de massa e preparou um bom balanço com os seus braços da penúltima para a última passada. O joelho flectiu menos que o de Thomas. Na fase de chamada, Rybakov inclinou a sua perna de chamada, inverteu o tronco, balanceou os seus braços e perna onde ocorreu um aumento da distância do movimento. Na vista de trás verificou-se que a sua inclinação interior do corpo na última passada é melhor que a de Thomas.

Ioannou usou a técnica, *semi-double arm swing*, para o balanço dos braços e demonstrou uma boa técnica, semelhante à de Rybakov. No corpo observou-se um ligeiro aumento do movimento para cima, isto na penúltima passada. Na última passada o seu corpo flutuou, podendo isto ter causado um pequeno atraso da penúltima passada para a aterragem do pé de chamada, devido ao pé ter batido em “chapa” no solo. Através da vista de trás, a inclinação interior do corpo na última passada foi bastante nítida, concluindo assim, que este factor levou a um ligeiro atraso no instante de aterragem do pé de chamada.

Os autores neste trabalho apresentaram diversos valores. Na primeira tabela estão expostos os valores da altura do centro de massa e o tempo da fase de chamada. Nesta competição Thomas foi quem apresentou o centro de massa máximo mais elevado (2,49 m); Rybakov foi quem alcançou o maior H1. Em relação a H2, temos novamente Thomas a ser o mais forte nesta componente (1,10 m). No entanto, este mesmo atleta apresenta uma desvantagem para H3 onde obteve o valor menos eficiente (-0,14 m). Neste parâmetro (H3) quem teve uma maior eficiência foi Ioannou (-0,03 m). Em relação ao tempo da fase de chamada todos os atletas apresentaram valores dentro da normalidade, sendo o mais rápido Ioannou com (0,148 s) e o mais demorado Rybakov (0,192 s).

Em relação à velocidade do centro de massa horizontal, Thomas teve um elevado valor na última passada e na aterragem do pé de chamada, sendo mais lento que os atletas do campeonato do Mundo de 1991 e mais rápido que os atletas do campeonato do Mundo de 2005. Thomas e Rybakov aumentaram a velocidade da última passada para a aterragem do pé de chamada, onde a maioria dos saltadores em altura têm a tendência em diminuir a velocidade do centro de massa, de modo a preparar uma boa fase de chamada, esta tendência verificou-se em Ioannou, que também obteve um valor superior ao dos atletas do campeonato do Mundo de 1991.

Na aterragem, a velocidade vertical dos atletas Thomas e Rybakov foram menores que a dos atletas do campeonato do Mundo de 1991 e 2005 e do próprio atleta Ioannou, este último obteve um valor positivo, não sendo comum em atletas de salto em altura.

O ângulo de projecção do centro de massa foi idêntico ao dos atletas do campeonato do Mundo de 2005 e maior que os de 1991.

No ângulo de inclinação do tronco, os atletas comportaram-se de maneira semelhante. O ângulo de inclinação inverso os atletas também foi muito semelhante, mas obteve-se um valor superior do que os atletas do campeonato do Mundo de 1991. A maior discrepância de valores esteve no ângulo de inclinação interna, onde Thomas atingiu um valor muito superior ($8,2^\circ$), comparando ao de Rybakov ($2,9^\circ$), Ioannou ($3,5^\circ$) e dos atletas do campeonato do Mundo de 1991 ($3,2^\circ$), fazendo os autores concluir que esta inclinação interna do corpo no instante de aterragem do pé de chamada para a fase de chamada é um dos recursos do estilo de Thomas.

Através da sequência de imagens e dos valores do ângulo da articulação do joelho, conclui-se que todos os atletas flectiram o joelho durante a última passada, embora quando se comparou os valores padrões estes fossem diferentes. Na fase de suporte Thomas e Ioannou flectiram os seus joelhos, enquanto Rybakov não flectiu o joelho, mas em compensação adoptou uma técnica de inclinação da perna para diminuir o centro de massa. *Ae et al. (2008)* ainda analisaram que todos os atletas inclinavam a anca demasiadamente para a frente independentemente do ângulo do joelho durante a última passada, esta técnica é um factor crítico porque diminuiu a força de travagem negativa. Os autores finalizaram que esta pode ter sido uma das razões pelas quais os três saltadores não diminuíram a velocidade do centro de massa horizontal durante a fase final de aproximação.

Com o tratamento de resultados os autores ainda observaram que Rybakov teve uma maior extensão do joelho, enquanto o Ioannou teve uma maior flexão do joelho no instante da aterragem do pé de chamada. Thomas foi atleta que mais flectiu o joelho (133°) durante a fase de chamada, valor muito distante dos atletas do campeonato do Mundo de 2005 e 1991.

Os autores concluíram que o atleta que flectiu o seu joelho durante a primeira fase de chamada, a velocidade vertical do centro de massa foi aumentando através do instante da aterragem da chamada. Ocorrendo um paradoxo que indicou que a velocidade vertical do centro de massa aumentou com a rotação do corpo em torno do

pé de chamada, mesmo que o joelho tenha flectido na fase de chamada. Ao comparar com as competições de 1991 e 2005, os três atletas alcançaram valores mais baixos. Quanto a Thomas os autores finalizaram que este usou uma boa rotação do corpo, uma forte extensão do joelho, de modo a obter uma velocidade vertical do centro de massa na fase de chamada.

Com este estudo os autores propuseram, um novo desafio para atletas e treinadores, que ao combinar as técnicas de Thomas e Ioannou poderíamos obter uma nova técnica com excelentes resultados.

Capítulo 4

4.1 METODOLOGIA

4.1.1 Amostra

Para a realização da análise biomecânica do salto em altura, a amostra foi constituída por quatro atletas, sendo um deles do sexo feminino, saltadores do clube Juventude Vidigalense e correspondentes às camadas jovens do clube (ver tabela 1). Foram filmados durante um treino, no qual se realizou uma simulação de competição, onde foram assinalados os saltos alcançados e não alcançados.

Tabela 1 - Características dos atletas estudados

	Idade (anos)	Lado	Sexo	Estatura (m)	Massa Corporal (Kg)	Recorde Pessoal (m)
Atleta A	13	Esq.	Masc.	1,66	48,20	1,66
Atleta B	14	Dir.	Fem.	1,66	51,20	1,50
Atleta C	15	Dir.	Masc.	1,76	61,70	1,83
Atleta D	17	Dir.	Masc.	1,88	79,80	2,00

A melhor marca obtida pelos atletas foi automaticamente seleccionada para estudo. Como cada atleta realiza uma técnica diferente, a comparação baseou-se num salto em que o atleta não ultrapasse a fasquia. Para melhor comparação, definiu-se que o salto não alcançado tinha um valor semelhante ao alcançado, por exemplo o atleta A no primeiro salto da série de três da marca de 1,60 metros falhou e no seguinte alcançou. Assim foram seleccionados os saltos a analisar.

4.1.2 Métodos

Para o dimensionamento do método utilizado nesta análise biomecânica, baseou-se nos métodos propostos por *Isolehte et al., (2007)* e por *Coh e Supej, (2008)*.

4.1.2.1 Método de *Isolehte et al., 2007*

Para a colheita de dados os autores utilizaram três câmaras fixas, com distâncias apropriadas. Duas das câmaras realizaram as filmagens a 50 Hz, enquanto a outra filmou a 200 Hz. A sincronização das câmaras foi feita através do som (ver figura 7).

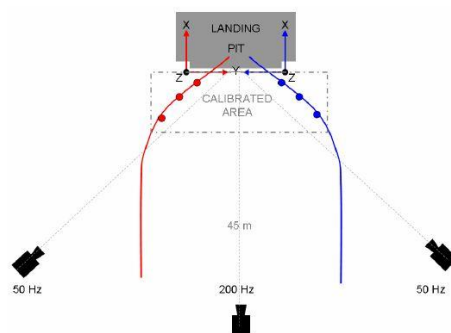


Figura 7- Modelo de *Isolehte et al., (2007)*

4.1.2.2 Método de *Coh e Supej, 2008*

Neste método os autores utilizaram duas câmaras sincronizadas, colocando uma a 90° e outra a 45°. As duas câmaras estavam a filmar a 50 Hz. O método ainda mostra a utilização de uma câmara de frequência e outras duas a gravar a 500 Hz (ver figura 8), sendo que estas últimas três câmaras não serviram de referência para a realização do novo método.

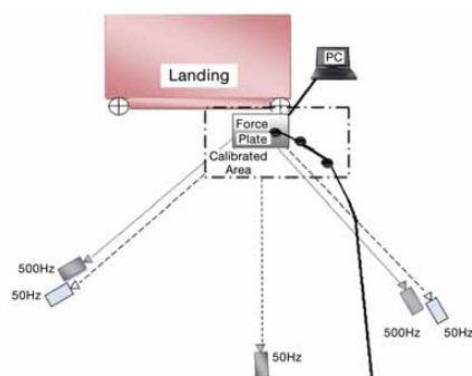


Figura 8 - Modelo de Coh e Supej, (2008)

4.1.2.3 Método Utilizado

Após análise dos métodos anteriores, definiu-se um novo método. Este método consistiu na utilização de 4 câmaras sincronizadas pelo bater de uma bola. Estas câmaras gravaram numa média de 30 a 300 Hz e os filmes obtidos continham 59 Hz. Não se deu relevância à distância das câmaras, dando-se ênfase ao ângulo de visão.

Como se verifica na tabela 1, um dos atletas salta pelo lado esquerdo e os restantes do lado direito. Desta forma dimensionaram-se dois métodos, correspondentes a cada lado. A figura 9 representa um esquema para um atleta que salte do lado esquerdo e a figura 10 corresponde a um esquema para um atleta que salte do lado direito.

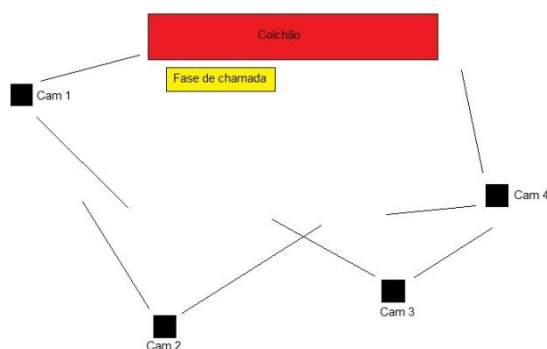


Figura 9 - Esquema do método dos atletas que saltam do lado esquerdo

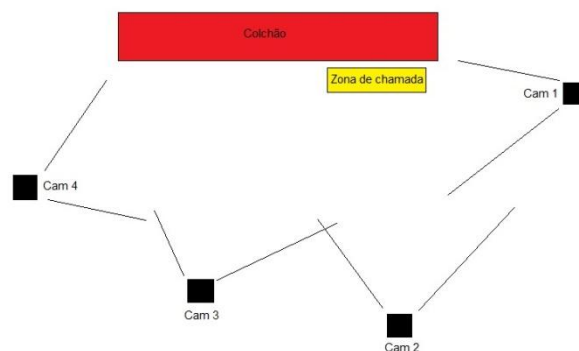
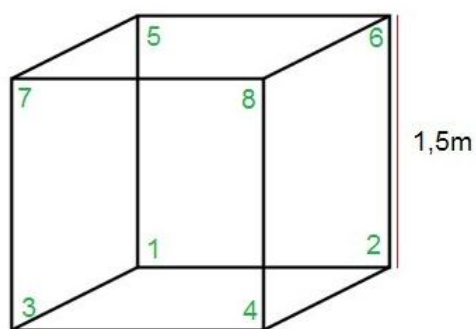


Figura 10 - Esquema do método dos atletas que saltam do lado direito

4.1.3 Volume de Calibração

Neste estudo utilizou-se um volume de calibração em forma de cubo com as dimensões 1,5x1,5x1,5 m (ver figura 11) e com as coordenadas espaciais indicadas na tabela 2. A localização do volume de calibração correspondeu à zona onde o atleta realizou a fase de chamada.

Tabela 2 - Coordenadas espaciais, em metros



Ponto	X	Y	Z
1	0	0	0
2	0	1,5	0
3	1,5	0	0
4	1,5	1,5	0
5	0	0	1,5
6	0	1,5	1,5
7	1,5	0	1,5
8	1,5	1,5	1,5

Figura 11 - Exemplo do Volume de Calibração

4.1.4 Fases da técnica *Fosbury Flop* a estudar

Como anteriormente enunciado, para se realizar a técnica *Fosbury Flop* é necessária a corrida de aproximação, a fase de chamada e a fase de voo. Assim, com o intuito de tornar o trabalho de pesquisa mais completo decidiu-se retirar parâmetros para estas três fases. Mais especificamente, a última passada da corrida de aproximação, a fase de chamada e a fase de voo. Dando uma maior ênfase à fase de chamada, esta é caracterizada como a mais importante nesta modalidade desportiva (*Dapena e Ficklin, 2007*).

4.1.5 Programa Utilizado

Os vídeos obtidos foram tratados e capturados através do programa APAS System.

O sítio da Ariel define este programa como uma ferramenta que realiza o estudo do movimento humano em 3D, com o objectivo de obter dados biomecânicos.

As marcas nos segmentos do corpo foram marcadas manualmente e, neste caso, foram seleccionadas 17 marcas (Pé, tornozelo, joelho, anca, ombro, cotovelo, pulso, mão e cabeça) (ver figura 12).

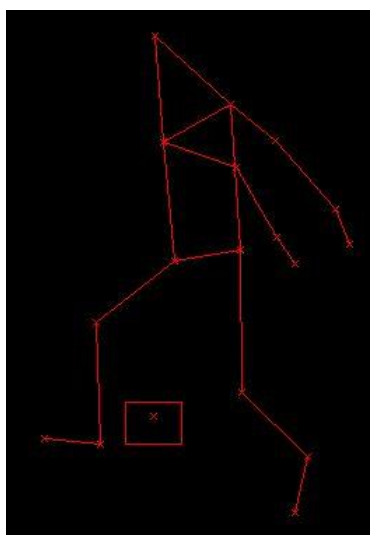


Figura 12 - Esquema dos segmentos do corpo humano utilizados

Após a obtenção do modelo 3D, filtraram-se os dados usando o modelo *Butterworth* a uma frequência de 5 Hz. O modelo *Butterworth* consiste num filtro digital que faz uma

transformação bilinear dos filtros clássicos analógicos. Este modelo é dos mais utilizados pois tem como vantagem as suas fórmulas (*Selesnick e Burrus, 1998*).

Capítulo 5

5.1 RESULTADOS

Este capítulo tem como objectivo apresentar os resultados obtidos através do programa *APAS System* e sua respectiva discussão.

5.1.1 Tratamento dos Resultados

A marca alcançada pelos atletas em treino, o salto não alcançado nesse mesmo treino, que serviu de comparação, e o modelo e tipo de sapatilha utilizados estão representados na seguinte tabela 3.

Tabela 3 - Valores obtidos em treino pelos atletas

	Marca Alcançada (m)	Marca Não Alcançada (m)	Sapatilhas (Modelo)	Sapatilha (Tipo)
Atleta A	1,60	1,60	Misuno	Bicos à frente
Atleta B	1,37	1,40	Nike	Bicos à frente e atrás
Atleta C	1,65	1,65	Adidas High Jump	Bicos à frente e atrás
Atleta D	1,80	1,80	Adidas High Jump	Bicos à frente e atrás

5.1.1.1 Atleta A

Como se pode visualizar na tabela 3 o atleta A alcançou a marca dos 1,60 metros, mas no salto antecedente não o conseguiu fazer. Assim, para melhor compreensão foram verificados os parâmetros dos dois saltos efectuados, de forma a comparar e observar as suas diferenças.

As três fases escolhidas para esta análise incidiram na última passada da corrida de aproximação (tabela 4), na fase de chamada (tabela 5) e na fase de voo (tabela 6) realizadas pelo atleta.

Tabela 4 - Resultados obtidos para a última passada, atleta A

Atleta A	Válido	Nulo
Tempo de duração (s)	0,259	0,259
vi do CG (m/s)	0,299	0,545
vf do CG (m/s)	2,798	3,196
vmax do CG (m/s)	13,734	15,215
vix do CG (m/s)	0,213	0,277
vfx do CG (m/s)	1,956	1,965
vmaxx do CG (m/s)	9,939	9,811

Em que vi do CG é a velocidade inicial do centro de gravidade, o vf do CG representa a velocidade final do centro de gravidade e vmax do CG significa a velocidade máxima do centro de gravidade. O vix do CG define a velocidade inicial horizontal do centro de gravidade, o vfx do CG é a velocidade final horizontal do centro de gravidade e o vmaxx do CG designa a velocidade máxima horizontal do centro de gravidade.

Tabela 5 - Resultados obtidos para a Fase de Chamada, atleta A

Atleta A	Válido	Nulo
Tempo de duração (s)	0,075	0,067
vi do CG (m/s)	1,121	1,412
vf do CG (m/s)	4,067	2,404
vmax do CG (m/s)	4,067	2,404
viy do CG (m/s)	-0,155	-0,619
vfy do CG (m/s)	2,906	1,899
vmaxy do CG (m/s)	2,906	1,899

ai do CG (m/s²)	189,367	209,549
af do CG (m/s²)	218,771	214,476
amax do CG (m/s²)	218,771	214,476
aiy do CG (m/s²)	-38,396	-17,452
afy do CG (m/s²)	129,147	116,951
amaxy do CG (m/s²)	129,147	116,951
Angi entre a coxa e a tibia (°)	152,136	144,715
Angf entre a coxa e a perna (°)	150,317	141,308
hi do CG (m)	1,005	0,874
hf do CG (m)	1,021	0,863

Onde v_{iy} do CG define a velocidade inicial vertical do centro de gravidade, o v_{fy} do CG é a velocidade final vertical do centro de gravidade e o v_{maxx} do CG designa a velocidade máxima vertical do centro de gravidade. O a_{i} do CG, o a_{f} do CG e o a_{max} do CG são as acelerações iniciais, finais e máximas, ambas do centro de gravidade. O a_{iy} do CG mostra a aceleração inicial vertical, o a_{fy} do CG define a aceleração final vertical e o a_{maxy} é a aceleração máxima vertical. O Ang_i representa o ângulo inicial e o Ang_f mostra o ângulo final. O h_i do CG designa a altura inicial do centro de gravidade e o h_f do CG define a altura final do centro de gravidade.

Tabela 6 - Resultados obtidos para a Fase de Voo, atleta A

Atleta A	Válido	Nulo
Tempo de duração (s)	0,651	0,659
h_{max} do CG (m)	1,910	1,851

Em que h_{max} do CG é a altura máxima do centro de gravidade.

Através do gráfico 1 pode-se ver a variação da amplitude do ângulo entre a perna e a coxa e a fase em que o atleta se encontra na técnica de *Fosbury Flop*.

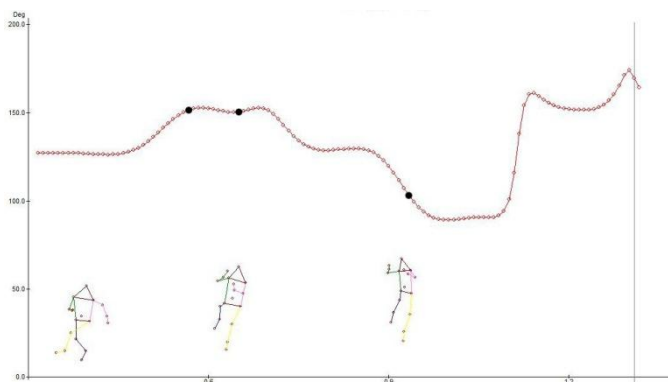


Gráfico 1 - Variação do ângulo entre a perna e a coxa, atleta A

5.1.1.2 Atleta B

O atleta B alcançou a marca dos 1,37 metros, no entanto, o salto para comparação correspondeu aos 1,40 metros (tabela 1), porque o atleta alcançou os 1,37 metros na primeira tentativa.

As fases de estudo correspondem às mesmas aplicadas ao atleta A, ver as tabelas 7,8 e 9.

Tabela 7 – Resultados obtidos para a última passada, atleta B

Atleta B	Válido	Nulo
Tempo de duração (s)	0,250	0,250
vi do CG (m/s)	0,463	0,558
vf do CG (m/s)	5,003	4,858
vmax do CG (m/s)	14,799	14,028
vix do CG	0,102	-0,367

(m/s)		
vfx do CG (m/s)	-3,688	-3,491
vmaxx do CG (m/s)	1,102	1,031

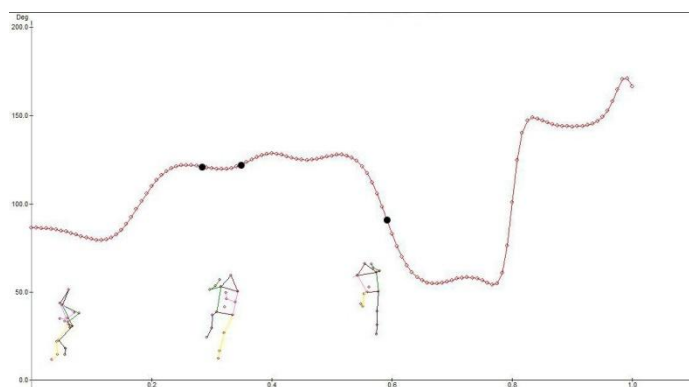
Tabela 8 – Resultados obtidos para a Fase de Chamada, atleta B

Atleta B	Válido	Nulo
Tempo de duração (s)	0,075	0,083
vi do CG (m/s)	2,904	2,361
vf do CG (m/s)	2,889	3,533
vmax do CG (m/s)	2,904	3,533
viy do CG (m/s)	0,108	0,036
vfy do CG (m/s)	1,416	2,212
vmaxy do CG (m/s)	1,416	2,212
ai do CG (m/s²)	242,234	227,437
af do CG (m/s²)	216,370	203,224
amax do CG (m/s²)	242,234	227,437
aiy do CG (m/s²)	-29,923	-38,203
afy do CG (m/s²)	92,097	102,655
amaxy do CG (m/s²)	92,097	102,655
Angi entre a coxa e a perna (°)	121,432	149,83
Angf entre a coxa e a tibia (°)	119,783	149,725
hi do CG (m)	0,968	1,031
hf do CG (m)	0,955	1,033

Tabela 9 - Resultados obtidos para a Fase de Voo, atleta B

Atleta B	Alcançou	Não Alcançou
Tempo de Duração (s)	0,659	0,709
hmax do CG (m)	1,705	1,650

Tal como sucedeu no atleta A, dimensionou-se um gráfico (gráfico 2) com as fases da última passada, fase de chamada e fase de voo e a variação do ângulo da perna e coxa durante todo o salto.

**Gráfico 2 - Variação do ângulo entre a perna e a coxa, atleta B**

5.1.1.3 Atleta C

Através da tabela 1 pode observar-se que o atleta C alcançou a marca dos 1,65 metros, mas tal como sucedido no atleta A, não o conseguiu efectuar na primeira tentativa.

De forma a tornar o estudo semelhante optou-se por estudar as mesmas fases (tabela 10, 11, 12) que os atletas anteriormente citados.

Tabela 10 - Resultados obtidos para a última passada, atleta C

Atleta C	Válido	Nulo
Tempo de duração (s)	0,259	0,242

vi do CG (m/s)	0,256	0,263
vf do CG (m/s)	2,671	6,853
vmax do CG (m/s)	13,508	14,045
vix do CG (m/s)	-0,018	0,195
vfx do CG (m/s)	-1,632	-4,839
vmaxx do CG (m/s)	0,897	1,071

Tabela 11 - Resultados obtidos para a Fase de Chamada, atleta C

Atleta C	Válido	Nulo
Tempo de duração (s)	0,075	0,075
vi do CG (m/s)	1,025	4,734
vf do CG (m/s)	4,337	0,589
vmax do CG (m/s)	4,337	4,734
viy do CG (m/s)	-0,336	0,984
vfy do CG (m/s)	2,689	0,529
vmaxy do CG (m/s)	2,689	0,984
ai do CG (m/s²)	191,674	252,211
af do CG (m/s²)	237,955	170,329
amax do CG (m/s²)	237,955	252,211
aiy do CG (m/s²)	-36,442	-65,771
afy do CG (m/s²)	123,805	79,864
amaxy do CG (m/s²)	123,805	79,864
Angi entre a coxa e a tibia (°)	148,173	131,211
Angf entre a coxa e a tibia (°)	146,041	129,526
hi do CG (m)	0,973	1,2

hf do CG (m)	0,977	1,183
---------------------	-------	-------

Tabela 12 - Resultados obtidos para a Fase de Voo, atleta C

Atleta C	Válido	Nulo
Tempo de duração (s)	0,651	0,667
hmax do CG (m)	1,898	1,770

No gráfico 3 visualiza-se a variação do ângulo do joelho nas diferentes fases do salto executado pelo atleta C.

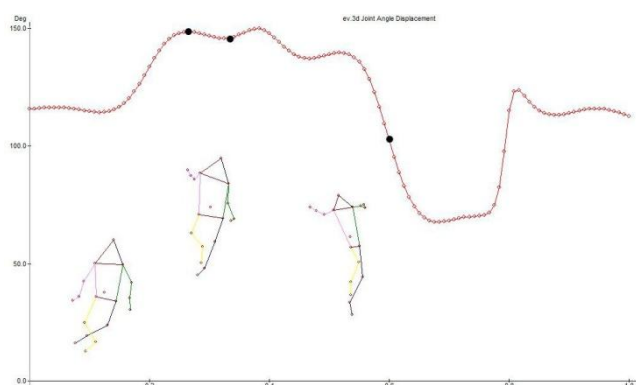


Gráfico 3 - Variação do ângulo entre a perna e a coxa, atleta C

5.1.1.4 Atleta D

Por fim, o atleta D alcançou a fasquia a 1,80 metros e, como já sucedido nos outros atletas em estudo, não o realizou no seu primeiro salto. Assim, o salto de comparação foi o último falhado pelo atleta.

As três fases escolhidas para esta análise foram as mesmas estudadas para os atletas A, B e C e das quais constam a corrida de aproximação (tabela 13), a fase de chamada (tabela 14) e a fase de voo (tabela 15) realizadas pelo atleta.

Tabela 13 - Resultados obtidos para a última passada, atleta D

Atleta D	Válido	Nulo
Tempo de duração (s)	0,267	0,259
vi do CG (m/s)	0,353	0,205
vf do CG (m/s)	1,179	3,133
vmax do CG (m/s)	15,901	15,484
vix do CG (m/s)	-0,120	-0,154
vfx do CG (m/s)	-0,712	-2,016
vmaxx do CG (m/s)	1,054	0,981

Tabela 14 - Resultados obtidos para a Fase de Chamada, atleta D

Atleta D	Válido	Nulo
Tempo de duração (s)	0,251	0,267
vi do CG (m/s)	0,592	1,255
vf do CG (m/s)	0,769	1,907
vmax do CG (m/s)	14,061	12,521
viy do CG (m/s)	-0,275	-0,406
vfy do CG (m/s)	0,718	0,901
vmaxy do CG (m/s)	3,201	6,143
ai do CG (m/s ²)	171,271	213,646
af do CG (m/s ²)	179,332	180,637
amax do CG (m/s ²)	261,782	234,073
aiy do CG (m/s ²)	-0,750	-16,841
afy do CG (m/s ²)	93,416	88,370
amaxy do CG (m/s ²)	93,416	103,091
Angi entre a coxa e a tibia (°)	134,499	147,667

Angf entre a coxa e a tibia (°)	157,708	154,646
hi do CG (m)	0,995	1,007
hf do CG (m)	1,246	1,519

Tabela 15 - Resultados obtidos para a Fase de Voo, atleta D

Atleta D	Válido	Nulo
Tempo de duração (s)	0,667	0,659
hmax do CG (m)	2,017	1,976

Para se analisar a variação do ângulo do joelho, observar o gráfico 4.



Gráfico 4 - Variação do ângulo entre a perna e a coxa, atleta D

5.1.2 Discussão de Resultados

5.1.2.1 Atleta A

Numa primeira fase, ao observar a tabela dos resultados obtidos do atleta A, visualizou-se que o atleta obteve valores menores para a variação da velocidade em módulo e velocidade máxima do centro de gravidade no salto alcançado. A variação da velocidade horizontal em módulo e velocidade máxima horizontal do centro de gravidade também foi menor no salto em que ultrapassou a fasquia com sucesso.

Na fase de chamada, quando alcançou a fasquia, o atleta A, obteve um tempo superior, exibiu valores superiores para a velocidade do centro de massa, para a velocidade vertical e para as acelerações em estudo.

Nesta primeira análise pode-se afirmar que o atleta, no salto em que alcançou a fasquia, conseguiu transformar a baixa velocidade horizontal em valores aceitáveis de velocidade vertical, facultando ao atleta a velocidade suficiente para ultrapassar a fasquia.

Após nova observação das tabelas, relacionou-se com os vídeos em estudo, e pode-se ainda verificar-se que na última passada, a velocidade horizontal positiva implica uma inclinação do corpo do atleta para a frente.

Ao estudar o ângulo do joelho no salto alcançado, isto é, o ângulo entre a perna e a coxa, verificou-se que o atleta A teve valores superiores nos ângulos obtidos, no entanto a sua variação foi menor. Em conclusão, este dado implica que o atleta ocupe um maior tempo na fase de chamada, tenha um ângulo superior e uma variação de ângulo menor e portanto verifica-se que, assim, conseguiu voar da melhor forma sobre a fasquia e alcançar a marca de estudo.

Quando se observaram os valores da altura do centro de massa, o atleta teve um valor menor da altura do centro de gravidade na fase de chamada, obtendo-se uma altura máxima do centro de gravidade superior na fase de voo. Esta característica é uma referência designada como importante na literatura escrita por *Dapena e Ficklin, (2007)*.

5.1.2.2 Atleta B

Para o atleta B, como se observa na tabela 1, os saltos válidos e nulos pelo atleta são diferentes, sendo 1,37 metros e 1,40 metros, respectivamente.

Os resultados obtidos para o atleta B, na última passada indicam uma variação de velocidade em módulo, uma velocidade máxima, uma variação da velocidade horizontal em módulo e uma velocidade horizontal máxima, ambos do centro de gravidade, superiores no salto alcançado. No entanto, na fase de chamada, os valores da velocidade do centro de gravidade e os valores de velocidade vertical foram menores no salto alcançado.

A obtenção destes resultados pode estar relacionado com o facto de o atleta B abordar a fasquia de forma diferente da técnica considerada normal pelos autores que estudam a modalidade, ou seja, através dos vídeos obtidos observou-se que o atleta entra de lado na fasquia.

O valor da variação da aceleração do centro de gravidade em módulo foi superior no salto alcançado, colocando-se a hipótese de ter sido esta a razão pela qual o atleta B ultrapassou a fasquia.

No salto alcançado pelo atleta B, verificou-se uma maior variação dos ângulos do joelho, no entanto o valor dos ângulos é menor neste mesmo segmento. Supõe-se assim, que o atleta não realizou o voo da melhor forma, pois executou uma maior variação do ângulo do joelho num espaço de tempo inferior.

Com o estudo da velocidade horizontal, visualizaram-se valores positivos, o que indica que o atleta inclina o corpo para a frente na altura que aborda a fasquia.

Relativamente à altura do centro de gravidade, o atleta B na fase de chamada obteve um centro de gravidade menor, proporcionando-lhe uma altura máxima do centro de gravidade superior.

5.1.2.3 Atleta C

O atleta C, realizou a última passada com um tempo superior relativamente ao salto nulo e obteve valores menores para os parâmetros de velocidade estudados. Na fase de chamada o atleta executou o movimento com valores de velocidade do centro de gravidade menores, enquanto a velocidade vertical do centro de gravidade foi superior.

Tal como sucedeu no atleta A, o atleta C conseguiu transformar da melhor forma a baixa velocidade horizontal em velocidade vertical. Ao observar os valores da aceleração vertical, verificou-se que foi desta forma que o atleta conseguiu atingir a fasquia com sucesso.

A variação da aceleração do centro de massa em módulo foi inferior no salto válido. Em relação a este parâmetro, no salto nulo, verificou-se que a aceleração decresceu, fazendo o inverso da lógica, pois assim em vez de ganhar aceleração, perdeu-a.

A variação e o próprio valor do ângulo entre a perna e a coxa são superiores no salto alcançado, propondo-se assim que foi desta forma que o atleta ganhou a impulsão adequada para ultrapassar a fasquia.

Na fase de chamada, o atleta tem um menor valor na altura do centro de gravidade, proporcionando-lhe uma altura máxima do centro de gravidade superior na fase de voo, quando comparado um salto com o outro.

Neste caso, a inclinação do corpo do atleta é efectuada para trás, como se observou no vídeo e no seu valor de velocidade vertical negativo.

5.1.2.4 Atleta D

O atleta D, na execução da última passada ocupou mais tempo e alcançou valores menores na variação de velocidade do centro de gravidade e na variação de velocidade horizontal do centro de gravidade. Em compensação, o atleta atingiu valores superiores para a velocidade máxima do centro de gravidade e para a velocidade máxima horizontal do centro de gravidade.

Na fase de chamada, o tempo de execução do atleta D foi inferior no salto válido, quando relacionado com o salto nulo. Comparou-se este valor com os da restante amostra e verificou-se que o valor obtido pelo atleta foi muito superior. Para se detectar um possível erro, analisou-se a literatura de *Ae et al., (2008)* e verificou-se um valor muito próximo com os atletas do Campeonato do Mundo de 2007. A hipótese para este valor deve-se ao atleta D executar treinos técnicos uma vez por semana.

Os valores para a variação de velocidade do centro de gravidade e para a velocidade vertical do centro de gravidade foram menores no salto alcançado. Assim, supõe-se que o atleta D ganhou impulsão devido ao facto de ter valores superiores de aceleração e velocidade máxima do centro de gravidade e esta variação ser baixa.

O ângulo do joelho teve uma variação superior, podendo este ser um ponto importante devido ao atleta obter esta grande variação num curto de espaço de tempo inferior. Este pode ser um bom factor para o atleta ganhar impulsão, de modo a obter uma boa fase de voo.

Como se sucedeu em todos os atletas em estudo, os que realizaram uma altura menor do centro de gravidade durante a fase de chamada, alcançaram um valor de centro de gravidade máximo superior na fase de voo.

5.1.2.5 Discussão global dos resultados

O parâmetro que tem uma maior semelhança com a literatura é o ângulo obtido pelos atletas entre a perna e a coxa. Assim, apresentou-se um gráfico para cada atleta, com a sua variação ao longo do tempo de salto e também o comportamento da animação criada nas fases diferentes da técnica *Fosbury Flop*.

A discrepância dos resultados obtidos quando se compara esta análise biomecânica, com os dos artigos científicos estudados pode dever-se à metodologia ser diferente, ou por os atletas ainda se encontrarem nas camadas jovens e praticarem diversas modalidades em competição.

Capítulo 6

6.1 MÉTODOS DE TREINO

Este capítulo tem como objectivo o dimensionamento de alguns métodos de treino desenvolvidos por treinadores e biomecânicos importantes, como *Bravo et al., (2003)* e *Dapena e Ficklin, (2007)*.

6.1.1 Aprender a técnica *Fosbury Flop*

Segundo o autor *Bravo et al, (2003)*, o treino de aprendizagem do treino *Fosbury Flop*, tem oito passos fundamentais, tais como:

- **Saltar a Toçar**

O atleta deve alcançar objectos suspensos em alturas diferentes, realizando uma corrida curta em linha recta.

- **Saltar ultrapassando um objecto**

Realizar uma corrida com três ou cinco passos em linha recta e ultrapassar um obstáculo com o tronco vertical e as pernas flectidas.

- **Corrida e chamada**

O objectivo desta fase de treino passa por o atleta efectuar uma corrida com 3 a 5 passos em linha recta, mas desviada a 30-40 graus do colchão. O salto deve ser realizado com as mãos na cintura e aterragem feita com o pé livre.

- **Salto à tesoura**

Executar o salto à tesoura, com uma corrida de 3 a 7 passadas. A fase de aterragem deve ser executada com ambos os pés.

- **Aperfeiçoamento da corrida em curva**

O atleta quando alcança esta fase tem três formas de melhorar a sua corrida. Na primeira deve executar uma corrida em circunferência, com o treinador no centro para avaliar o gesto técnico. Na segunda, o atleta deve executar uma corrida com diferentes tipos de velocidade em curva. A última, visa o melhoramento das últimas passadas, ou seja, realizar uma corrida em linha recta e com marcas no chão para

treinar a amplitude das últimas fases da corrida em curva, isto é, preparação para a fase de chamada.

- **Assimilação do movimento dos braços**

O atleta coloca-se de pé e parado, balanceando os braços da mesma maneira que os utiliza na corrida. Quando estiver a alcançar o máximo de elevação dos pés, coloca-se em bico de pés.

O atleta para assimilar um melhor movimento de braços, também deve caminhar com um movimento alternado de braços, mas sincronizados com as pernas. E quando sincronizado deve executar o exercício em corrida.

- **Assimilação do movimento coordenado da perna de chamada, perna livre e dos braços**

Nesta fase, o atleta deve executar uma corrida com 3 a 5 passos em linha recta e depois em curva, realizando um movimento de braços, semelhante ao do exercício anterior, de modo a tocar num cesto de basquete, por exemplo.

- **Assimilação do movimento do corpo**

O atleta deve seguir as diversas etapas de modo a assimilar o movimento do corpo na altura em que passa a fasquia. Na primeira fase, o atleta coloca-se de pé e deixa-se cair. De seguida, o atleta coloca-se na posição sentado, com as costas no colchão e deve estender para cima as pernas e o tronco. Numa fase mais avançada deve partir da posição de pé. Na terceira e última fase o atleta deve colocar-se de pé sobre o colchão e impulsionar para trás ambas as pernas e aterrar com a parte superior das costas, estendendo posteriormente as pernas.

- **Assimilação global da técnica *Fosbury Flop***

Na última fase de aprendizagem, o atleta deve executar saltos fáceis com marcas atingíveis, com uma corrida em curva com 4 a 6 passos e bater num trampolim de ginástica. Deve manter a técnica de corrida e acelerar na fase de chamada.

6.1.2 Aperfeiçoamento da técnica *Fosbury Flop*

O autor *Bravo et al, (2003)*, também propõe um trabalho de aperfeiçoamento para os bons praticantes da técnica e segue as próximas etapas.

- **Assimilação técnica da corrida de impulsão**

Para se otimizar a corrida de impulsão há diversos tipos de treino, sendo explicados neste tópico.

- 1- Exercícios de corrida: todo o tipo de skipings com e sem trabalho de braços em distâncias de 30 a 40 metros. Executar sucessivamente em linha recta e curva e terminar com um círculo de 12 metros de raio.
- 2- Corrida com perna estendidas, numa distância de 30 a 50 metros. Em linha recta, curva ou circular.
- 3- Corrida de coordenação em curva colocando os pés numa das linhas que separam as pistas de atletismo, durante 40 a 60 metros.
- 4- Corrida em “S”, tendo como referência as linhas em recta da pista de atletismo. Aumentar e diminuir o raio e a velocidade da corrida e a inclinação lateral do corpo do atleta.
- 5- Executar uma corrida com 10 a 20 marcas, separados com 7 a 8 pés. Neste percurso, executar primeiro uma corrida em linha recta, seguida por uma corrida em curva, passando por uma corrida em círculo, terminando a corrida com a fase de chamada.
- 6- Corrida completa ou alargada em 2-4 apoios, subindo o apoio verticalmente sobre um colchão.

- **Assimilação técnica da preparação e execução da fase de chamada**

Para uma melhor performance na fase de chamada pode-se realizar os treinos abaixo descritos.

- 1- Exercícios que emitam a fase de chamada, isto é, saltos verticais com uma acção seca do pé de apoio e utilização específica da perna livre. Os exercícios podem ser contínuos, utilizando alternadamente cada perna com as mãos à cintura, passada e chamada realizando a impulsão apenas com uma perna e com as mãos à cintura, duas passadas e chamadas e mãos na cintura, três passadas e chamadas e mãos na cintura e três passadas chamada e coordenação na acção dos braços.

- 2- Marcar a fase de chamada com uma corrida de impulsão previamente calculada.
- 3- Executar a chamada passando um par de obstáculos, com corrida de impulsão prevista.
- 4- Bater e tocar num objecto em suspensão, com uma corrida de impulsão prevista.
- 5- Bater e na queda, sentar ou deitar na posição de queda, em cima de uma elevação de colchões.
- 6- Salto em altura em condições normais, isto é, realizar os passos 2,3,4,5 e 6 com uma corrida de impulsão de 1 a 6 passos.
- 7- Imitar exercícios de chamada com obstáculos, com a aterragem sobre a mesma perna e a aterragem com a perna livre, depois de ultrapassar cada obstáculo.

- **Assimilação técnica das fases de transposição e aterragem**

O autor deste método de treino apenas visa que as fases que interessam na técnica *Fosbury Flop*, são a fase de corrida e a fase de chamada, mas indica que em atletas muito jovens podem ter problemas nesta fase porque ainda não sabem rentabilizar a sua técnica. Muitas vezes por receio, para isso, pede-se ao treinador para voltar aos exercícios de aprendizagem.

- **Estratégias para o aperfeiçoamento do gesto técnico global e o ritmo do *Fosbury Flop***

O atleta deve ser colocado em condições facilitadas e com marcas definidas, porque desta forma o atleta vai-se familiarizando com as alturas, evitando problemas psicológicos que, por norma, os perturba em prova. Este tipo de treino deve ter uma fase executada em condições facilitadas que é transformada em condições normais e termina quando o atleta alcança uma marca objectivamente traçada.

6.1.3 Exercícios para diminuir o centro de gravidade nas últimas passadas da corrida de impulsão

Os autores *Dapena e Ficklin, (2007)*, dimensionaram dois tipos de treinos para que os atletas sejam capazes de diminuir o seu centro de massa nas últimas passadas da corrida de impulsão.

Através da figura 13, verifica-se que o atleta inicia o exercício numa posição estática com uma barra (cerca de 10Kg) sobre as costas e a perna de chamada colocada para trás. Lentamente o atleta avança até colocar praticamente a perna paralelamente ao chão e termina quando a perna de chamada está totalmente estendida.

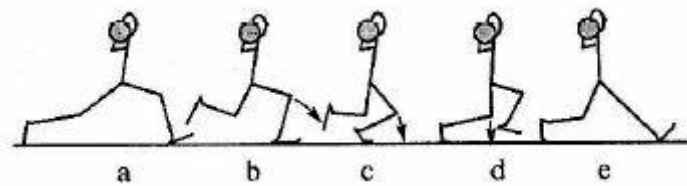


Figura 13 - Exercício proposto por *Dapena e Ficklin, 2007*

O segundo tipo de treino visa numa corrida de 30 a 50 metros a executar cerca de metade da velocidade máxima com uma barra enrolada com uma toalha às costas (cerca de 20-25Kg), com a anca mantida em baixo. Deve ter-se em atenção se o atleta executa a corrida sem ressaltos, porque assim terá de se reajustar o seu treino.

6.2 BASE DE DADOS

6.2.1 O que faz uma base de dados?

De forma sintética, uma base de dados tem o intuito de armazenar dados em formato digital, permitindo ao utilizador personalizar, extrair registos específicos e adicionar, alterar, remover e relacionar todo o conjunto de dados. Desta forma, o acesso torna-se mais fácil e rápido.

Para a realização da base de dados, teve de se ter em conta alguns conceitos, tais como as entidades, os atributos e o seu relacionamento. Ou seja, as entidades, são a representação de alguma coisa que se pretenda armazenar do mundo real, como por exemplo o nome de um CD de música. Os atributos são designados como a característica ou propriedade da entidade dos dados que pretendemos armazenar, isto é, por exemplo no CD de música estão envolvidos o autor, o ano e a editora. O relacionamento permite realizar uma ligação entre uma ou mais entidades (*Elmsri e Navathe, 1994*).

6.2.2 A criação da Base de Dados

A ideia de criar uma base de dados surgiu num encontro com o director Paulo Reis, onde este comentou que algumas equipas finlandesas estão tão desenvolvidas nos aspectos biomecânicos que guardam os seus estudos em Bases de Dados, com o intuito de terem um acesso mais fácil, organizado e rápido dos seus estudos. Então surgiu um pensamento momentâneo: “Porque não criar uma Base de Dados?”.

Desenvolveu-se então uma Base de Dados com um formato simples, com o intuito de inserir a bibliografia com os estudos biomecânicos na modalidade de Salto em Altura realizados, indicando o respectivo autor, ano e referências bibliográficas (figura 14). O programa utilizado foi o Microsoft Access 2007.

O modo de funcionamento desta base de dados, a descrição da entidade e os seus atributos podem ser consultados no anexo A.

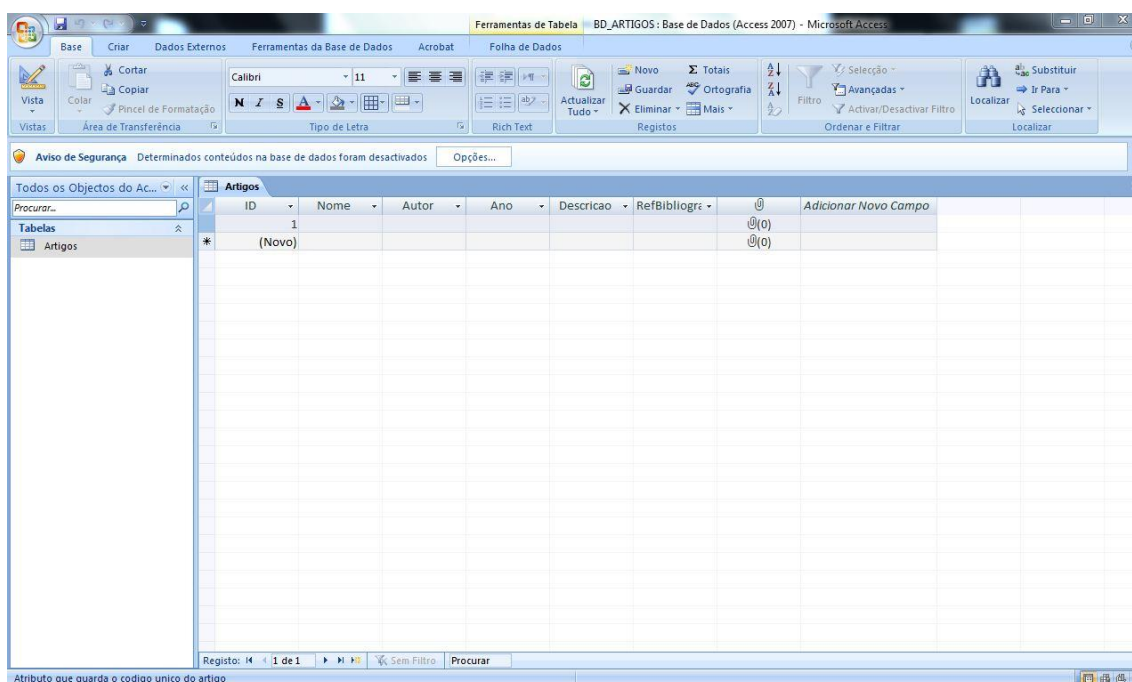


Figura 14 - Formato da base de dados de bibliografia

Dimensionou-se ainda uma base de dados que tem como objectivo a inclusão dos dados de um determinado treinador e atleta, para posteriormente colocar os resultados dos atletas de uma dada análise biomecânica (Anexo B).

Capítulo 7

7.1 CONCLUSÕES

A interligação do desporto com a biomecânica está a tornar-se uma área com cada vez mais adeptos, devido aos seus resultados poderem fazer a diferença numa determinada modalidade. Neste caso, o estudo biomecânico analisa os detalhes dos atletas da Juventude Vidigalense do salto em altura.

Este trabalho pretendeu estudar a modalidade relativamente à sua evolução e pormenores técnicos e ter o conhecimento acerca da metodologia e parâmetros de alguns estudos biomecânicos realizados na modalidade.

Avaliando os atletas de forma individual, verificou-se que o atleta A e atleta C, alcançaram os seus resultados em treino com uma velocidade horizontal menor, mas conseguiram transformá-la da melhor maneira em velocidade vertical. O atleta B, com uma velocidade horizontal maior e com uma velocidade vertical menor, conseguiu superar uma primeira marca, diferente da que não alcançou, mas obteve melhores resultados em relação ao seu centro de gravidade quando comparados ambos os saltos. É ainda de referir que o atleta não executa a técnica de forma idêntica à narrada na literatura. O atleta D, com menores valores de variação de velocidade atingiu valores de velocidade máximos superiores. O facto de o seu tempo de execução da fase de chamada ser idêntica aos atletas profissionais leva a crer que o treino técnico que o saltador executa fá-lo alcançar melhores resultados. A variação do seu joelho é elevado e a variação da amplitude dos ângulos também é grande, e realizada num curto de espaço de tempo, podendo ser este o factor para o atleta ganhar impulsão.

Em ambos os atletas, sucedeu-se que quando estes obtiveram um valor menor do centro de gravidade na fase de chamada, obtinham melhores valores da altura do centro de gravidade na fase de voo. Na generalidade, o ângulo obtido pelos atletas foi o parâmetro que mais se assemelhou aos estudos biomecânicos estudados. A velocidade horizontal implica uma inclinação do corpo dos atletas na altura que abordam a chamada.

Os resultados dos parâmetros escolhidos para cada atleta não obtiveram semelhanças com os artigos estudados, devendo-se a uma metodologia diferente ou aos atletas estudados pertencerem às camadas jovens.

Ao longo deste trabalho houve dificuldade numa primeira fase em perceber uma nova modalidade, devido à complexidade da sua técnica. Foram encontradas limitações para se obter todo o material necessário para a realização da parte prática e embora o grupo de treinadores e atletas demonstrasse sempre disponibilidade, foi de certa forma complexo reunir um grupo de grandes dimensões, com vista à realização de toda a análise biomecânica.

De modo a enriquecer o projecto, realizou-se uma metodologia de treino em salto em altura e dimensionou-se uma base de dados, de forma satisfatória.

A realização deste trabalho apesar de exaustiva e exigente tornou-se numa experiência bastante enriquecedora para a formação do autor, tanto a nível pessoal como profissional. Assim, pode concluir-se que as análises biomecânicas são úteis para obter com melhor pormenor o estudo dos atletas, sendo uma mais valia para os clubes, treinadores e atletas.

7.2 PERSPECTIVAS FUTURAS

As perspectivas que o autor tem para este trabalho passam por identificar o erro, ou seja, se é pelo facto dos atletas serem jovens ou se em alguma fase da metodologia existiu algum engano.

Ganhar experiência em estudos biomecânicos, para se recomendar aos atletas treinos específicos com o intuito de corrigir as falhas identificadas na sua técnica.

Acompanhar trimestralmente os atletas, tendo assim o conhecimento de que os treinos propostos estão a obter uma progressão satisfatória.

Recomendar os estudos biomecânicos para esta modalidade, como sendo ainda mais vantajosa porque por muito semelhante que seja a técnica de cada atleta, esta difere consoante as suas individualidades.

Caso a base de dados seja considerada uma ideia válida, está em perspectiva o desenvolvimento de uma base de dados mais específica (Anexo B).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ae, M., Nagahara, R., Ohshima, Y., Koyama, H., Takamoto, M., Shibayama, (2008), "Biomechanical analysis of the top three male high jumpers at the 2007 World Championships in Athletics", *IAAF*, nº2, pp 45-52

ARIEL DYNAMICS, disponível em www.arielnet.com [consultado em 13-07-2011]

Bartlett, R. (1999), "Sports Biomechanics – Reducing Injury and Improving Performance", 1ª Edição, E & FN SPON, Londres e Nova Iorque

Blazevic, I., Antekolovic, L., Mejevsek, (2006), "Variability of high jump kinematic parameters in longitudinal follow-up", *Kinesiology*, nº38, pp 63-71

Bravo, J., Ruf, H., Vélez, M., (2003), "Saltos Verticales: atletismo 2", 2ª Edição, Real Federación Española de Atletismo

Coh, M., Supej, M., (2008), "Biomechanical modelo f take-off action in the high jump – A case study", *IAAF*, nº4, pp 63-73

Dapena, J., McDonald, Cappaert, J. (1990), "A Regression Analysis of High Jumping Technique", *International Journal Of Sport Biomechanics*, nº6, pp 246-261

Dapena, J., Ficklin, T., (2007) "High Jump", *Biomechanics Laboratory, Dept. of Kinesiology, Indiana University, USA*

Freivalds, A. (2004) "Biomechanics of the upper limbs – Mechanics, Modeling and Musculoskeletal Injuries", 1ª Edição, CRC Press, Boca Raton, Londres, Nova Iorque, Washington, D.C.

Isolehto, J., Virnava, M., Kyrolainen, H., Komi, P., (2007), "Biomechanical Analysis of the high Jump", *Neuromuscular Research Center, Dept. of Biology of Physical Activity, University of Jyväskylä, Finlândia*

Kersting, U., Arampatzis, A., Brüggemann, G., (1998), "Biomechanical Analysis of the High Jump at the VIth WCA in Athens", *Deutsche Sporthochschule, Köln, Alemanha*

Selesnick, I., Burrus, S., (1998), "Generatized Digital Butterworth Filter Design", *Transactions on Signal Processing*, nº6

Elmsri, R., Navathe, S., (1994), "Fundamentals of Database System", 2ª Edição, The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc., Redwood City, California

ANEXO A

ANEXO B