

**U.** PORTO



FACULDADE DE DESPORTO  
UNIVERSIDADE DO PORTO

Descrição Biomecânica de Saltos  
Específicos do Ballet Clássico:  
Determinação da Influência de Movimentos que  
Antecedem os Saltos com Contra Movimento.

Ana Sofia Monteiro de Almeida Dias

Porto, 2009



**U. PORTO**



FACULDADE DE DESPORTO  
UNIVERSIDADE DO PORTO

Descrição Biomecânica de Saltos  
Específicos do Ballet Clássico:  
Determinação da Influência de Movimentos que  
Antecedem os Saltos com Contra Movimento.

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

Orientadora: Professora Doutora Filipa Sousa  
Ana Sofia Monteiro de Almeida Dias

Porto, 2009

Dias, A. (2009). *Descrição Biomecânica de Saltos Específicos do Ballet Clássico: Determinação da Influência de Movimentos que Antecedem os Saltos com Contra Movimento*. Porto: A. Dias. Dissertação de Licenciatura apresentada à Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.

**PALAVRAS-CHAVE:** BALLET, SALTOS CONTRA MOVIMENTO, CAE.

«The soul of a dancer  
I dance because I must.  
I dance because  
The thoughts, feelings, and responses  
Of my life  
Are best expressed in motion,  
Because  
Life is motion  
And motion is life.

As I move,  
I embrace life  
And sing the joyous song  
Of easeful, expressive movement.

Soaring, twisting, turning  
In every possible combination  
I am defined by movement,  
And actualized through movement.

I AM, therefore I dance  
I Dance, therefore I am.  
Thus I continue to explore, to grow, to be. »

Sally Sevey Fitt. June15, 1995

## **Agradecimentos**

Gostaria de agradecer a todos aqueles que, duma forma ou de outra, contribuíram para a concretização deste trabalho, em particular:

À Prof. Doutora Filipa Sousa, pela paciência, ajuda e compreensão em todos os impasses deste trabalho, bem como por toda a disponibilidade, bibliografia e atenção, sem as quais este trabalho não poderia ter sido feito.

Ao Prof. Doutor Leandro Machado, pela disponibilidade e ajuda em todas as questões técnicas, mesmo quando o seu tempo era escasso.

Ao Eng. Pedro Gonçalves, pela boa disposição constante e a inestimável ajuda electrónica.

Às minhas professoras de dança, pelas horas dispendidas e pela paciência para responderem a todos os meus pedidos e questões.

Às minhas colegas de dança, pelo tempo, boa vontade e boa disposição durante a participação neste estudo.

A todos os meus amigos e familiares, pelo alento e confiança quando as forças já pareciam faltar.

Aos meus pais e ao meu irmão, pelo interesse e preocupação constantes, pelo apoio incondicional a todos os níveis, pelo bom humor e carinho com que sempre sou acolhida.

## Índice

<b>Agradecimentos</b>	<b>6</b>
<b>Índice</b>	<b>7</b>
<b>Índice de Quadros e Tabelas</b>	<b>8</b>
<b>Resumo</b>	<b>9</b>
<b>Lista de Abreviaturas</b>	<b>11</b>
<b>1. Introdução</b>	<b>13</b>
1.1 Pertinência do estudo	15
1.2 Definição de objectivos	17
<b>2. Revisão Bibliográfica</b>	<b>17</b>
<b>2.1 A Dança</b>	<b>17</b>
2.1.1 Breve revisão histórica	21
2.1.2 Caracterização da actividade	24
2.1.3 Importância e caracterização dos saltos no Ballet Clássico	30
<b>2.3 Estudo do Ciclo de Alongamento Encurtamento</b>	<b>37</b>
<b>2.4 Fundamentos biomecânicos para a análise do movimento</b>	<b>43</b>
2.4.1 Estudo biomecânico dos saltos	52
<b>2.5 Da revisão da literatura à formulação dos objectivos</b>	<b>55</b>
<b>3. Material e Métodos</b>	<b>57</b>
3.1 Descrição e caracterização do grupo de estudo	57
3.2 Metodologia utilizada na recolha de dados	58
3.3 Metodologia utilizada no tratamento de dados	59
<b>4. Apresentação e Discussão dos Resultados</b>	<b>65</b>
4.1 Análise e comparação dos saltos	67
<b>5. Conclusão</b>	<b>72</b>
<b>6. Bibliografia</b>	<b>74</b>

## Índice de Quadros e Tabelas

<i>Tabela 1 – Dados relativos ao grupo de estudo .....</i>	<i>58</i>
<i>Tabela 2 – Parâmetros estudados .....</i>	<i>62</i>
<i>Tabela 3 – Factores de relacionamento entre os saltos .....</i>	<i>63</i>
<i>Quadro 1 – Valores das médias e desvios padrão (DP) das componentes estudadas para cada salto. ....</i>	<i>65</i>
<i>Quadro 2 – Valores de correlação entre os pares de saltos comparados .....</i>	<i>67</i>



## Resumo

Este trabalho teve como objectivos: 1) fazer a recolha de valores que contribuam para o alargamento de uma base de dados ainda reduzida; 2) analisar o “comportamento” de algumas das componentes mecânicas dos saltos de Ballet; 3) comparar saltos de natureza semelhante, ou o mesmo salto inserido em “contextos” diferentes; e 4) determinar a influência dos movimentos que antecedem os saltos com contra movimento na execução dos mesmos. Para tal, foram seleccionados alguns dos saltos elementares e algumas das sequências mais comuns das aulas de Ballet. Os dados relativos à execução destes saltos foram obtidos através de cinematografia, plataforma de forças e acelerómetro. A partir dos dados recolhidos foi feita a análise cinemática dos vários saltos. Os valores utilizados correspondiam às seguintes componentes: intervalos de tempo de aplicação de força, força produzida contra a plataforma, impulso realizado e aceleração do CM. Todas estas componentes foram determinadas para as fases de propulsão e de recepção, sempre que tal era possível. Foram também determinados, para a maioria dos saltos, o deslocamento vertical do CM e a duração da fase de voo. Para os saltos que eram iniciados fora da plataforma, apenas foram determinadas as componentes referentes à fase de recepção. Foi utilizado o *software* APAS para o tratamento das imagens de vídeo, o MatLab para os valores da plataforma e do acelerómetro, e o Excel e o SPSS para o tratamento estatístico dos dados. O grupo de estudo não foi, de forma alguma, representativo de qualquer população; porém, os dados que proporcionou permitem-nos inferir certas conclusões: numa forma geral, os elementos que antecedem os saltos com contra movimento contribuem para o aumento da prestação no próprio salto, à excepção dos elementos que exigem uma acção mais demorada no solo entre os elementos. Também a fadiga parece ter tido alguma influência na prestação das bailarinas.

**Palavras-Chave:** Ballet Clássico; Saltos com Contra Movimento; Cinemática; Dinamometria.



## **Lista de Abreviaturas**

CAE – Ciclo de Alongamento Encurtamento

CES – Componentes Elásticos em Série

CG – Centro de Gravidade CM – Centro de Massa

CMT – Complexo Musculo Tendinoso

EMG – Electromiografia

EF – Extra Fusais

FNM – Fusos Neuro Musculares

IF – Intra Fusais

OTG – Órgãos Tendinosos de Golgi

SJ – Squat Jump

CMJ – Counter Movement Jump

DJ – Drop Jump

M.I. – Membro Inferior

SNC – Sistema Nervoso Central

UM – Unidade Motora



## **1. Introdução**

«Citius, Altius, Fortius! - Não é apenas o apelativo e fascinante lema olímpico, é uma irrecusável e vinculativa intimação, exortação e máxima da profissionalidade académica, da missão dos seus sujeitos, de todos os palcos e meios de conferir sentido à vida e superar os vazios e crepúsculos do quotidiano, para visar a arte e a performance, a excelência e a excelsitude. É um lema do desporto e faz deste uma norma sem tecto, uma configuração filosófica e pedagógica de um modelo subido de viver e realizar os rituais imperativos do existir.» (Bento, 2009)

Cada vez mais se torna do conhecimento geral e se apresentam aos olhos de todos as semelhanças e os pontos comuns entre várias modalidades desportivas e a dança. Muito embora esta última se insira, maioritariamente, num contexto mais ligado ao mundo das artes, as formas de treino pelas quais se gere e o facto de ser cada vez mais uma presença assídua nas modalidades que integram uma componente artística (como a Ginástica), fazem da dança, e em particular do Ballet Clássico, uma área sobre a qual vale a pena as ciências do desporto se debruçarem.

Trata-se duma actividade de elevada exigência física, com séculos de existência, mas cujo rigor dos treinos se foi baseando na experiência empírica dos professores.

Uma das componentes mais presentes no Ballet é a dos saltos. A sua realização procura transmitir uma imagem de leveza e ausência de gravidade, ocultando as forças que actuam durante a execução de cada movimento. Este objectivo é comum aos saltos realizados noutras áreas da dança (Dança Moderna, Dança Jazz, Contemporâneo, etc.) e noutras modalidades (Ginástica Artística, Rítmica e Acrobática), nas quais o Ballet é utilizado como ferramenta auxiliar no treino dos atletas.

Este estudo pretende levar a cabo a análise biomecânica ou, de forma mais precisa, a análise cinemática, de alguns dos saltos elementares do Ballet Clássico, contribuindo

para o conhecimento e compreensão dos principais mecanismos mecânicos que influem na correcta e bem sucedida execução técnica destes elementos. Trata-se de saltos que englobam um mecanismo de contra movimento, pelo que também pretendemos avaliar a possível influência da existência de movimentos que antecedam estes saltos.

Estes elementos são executados com elevada frequência durante os treinos. Nos exercícios mais elementares são executados de forma isolada ou em sequência, mas nas composições de dança e nos exercícios mais avançados são introduzidos por outros movimentos, os quais podem apresentar uma componente horizontal mais acentuada ou tratar-se de outros saltos de menor amplitude.

Diferentes tipos de treino ou de actividade têm os seus efeitos na modelação do Controlo Motor, o qual, segundo Shumway-Cook & Woollacott (2003; cit. por Melo, 2009), consiste na capacidade de controlar, regular ou orientar os mecanismos essenciais para a execução do movimento. Para melhor compreendermos a actuação deste controlo, devemos entender como o SNC coordena e controla esses processamentos não lineares em diversos níveis de organização, gerando movimentos lineares (Almeida, 1999; cit. por Melo, 2009), e ter presente que o movimento surge da interacção entre 3 elementos: o indivíduo, a tarefa e o ambiente.

O Ballet, manteve-se, durante largos anos, longe da alçada das Ciências do Desporto, pelo que os bailarinos sofriam lesões recorrentes, sem que os processos de treino tivessem em conta a sua prevenção e recuperação.

No entanto, apesar da sua natureza empírica, a técnica utilizada nos saltos parece proteger a estruturas dos bailarinos, uma vez que há um amortecimento da recepção que se inicia nos dedos e se estende até aos calcanhares, sendo o reverso do movimento executado na impulsão.

Além disso, o facto de se tratar de um elemento com contra movimento sugere a intervenção do CAE, ciclo directamente ligado às respostas reflexas de protecção do

nosso organismo. Como se sabe, o reflexo é tido como o modelo mais simples de controlo motor, sendo desencadeado por um estímulo.

Para compreendermos realmente os mecanismos inerentes à execução dos saltos com contra movimento executados no Ballet e, a partir desse conhecimento, debatermos os efeitos da sua realização frequente nas estruturas corporais dos bailarinos, de modo a melhor prevenirmos lesões e adequarmos a forma como estes elementos são abordados e trabalhados nos treinos, vamos recorrer à realização dum estudo biomecânico, que consistirá na descrição cinemática dos saltos seleccionados.

Para podermos realizar estas caracterizações e comparações, iniciaremos o trabalho pela revisão bibliográfica, na qual estará englobada uma descrição geral do Ballet Clássico, bem como a descrição específica dos saltos que vão ser observados. Será também feita uma revisão dos estudos mais recentes relativos ao CAE e ao estudo dos saltos no Ballet.

Posteriormente, passaremos à caracterização do grupo de estudo, seguida da descrição da metodologia utilizada para a recolha e tratamento de dados.

Prosseguimos com a apresentação e discussão dos resultados, onde confrontamos os dados relativos aos saltos isolados com os dos saltos inseridos numa sequência. A discussão encontra-se organizada em função das variáveis analisadas.

Por fim, serão reveladas todas as conclusões obtidas pelo nosso estudo, enquadradas no contexto específico do Ballet.

## **1.1 Pertinência do estudo**

Este trabalho foi realizado no âmbito da disciplina de Seminário, integrado no 5º ano da Licenciatura em Desporto e Educação Física da Faculdade de Desporto da Universidade do Porto. Tem como objectivo fazer a descrição biomecânica dos saltos fundamentais existentes no Ballet Clássico e determinar a influência do movimento que antecede os saltos.

«O estudo do movimento auxilia na compreensão dos problemas e na possibilidade de diferentes intervenções positivas e é fundamental na análise objectiva dos padrões de movimento normais do corpo.» (Melo, 2009)

Tendo por base as relações acima referidas, ao longo deste estudo pretendemos investigar, caracterizar e interpretar as diferenças e semelhanças entre os vários saltos e, em particular, fazer a comparação entre os saltos realizados de forma isolada e os que se enquadram numa sequência de movimentos.

Não existe muita literatura relativa à análise de saltos no contexto específico da Dança. No entanto, podemos fazer algumas transferências a partir de outros estudos que apresentem elementos semelhantes, como é o caso de alguns dos elementos gímnicos.

Além disso, a nível fisiológico, existem determinadas características que são comuns a todos os saltos realizados com contra movimento, como acontece com os saltos que aqui analisamos.

A análise da mecânica dos movimentos no Ballet reveste-se de uma enorme importância, na medida em que se trata duma área extremamente exigente e desgastante do ponto de vista psicológico. Segundo Fitt (1996), há, entre os bailarinos, uma tendência elevada para se centrarem nas suas falhas e limitações, o que se torna no foco obsessivo de todas as percepções. Os bailarinos devem compreender que o corpo 'perfeito' para a dança não existe, devido à abrangência das suas exigências, mas também devem entender, tanto quanto possível, o funcionamento mecânico dos seus corpos, para que possam tirar deles o melhor proveito. O mesmo se aplica aos seus professores.

Para obter esse entendimento, o bailarino pode socorrer-se da cinesiologia, que desempenha um papel importante no auto-direccionamento: através da análise cuidada do alinhamento e desequilíbrios musculares, o bailarino pode identificar as suas limitações e os seus pontos fortes. Fazendo uso desta análise dos movimentos, os praticantes de dança podem reduzir a dor crónica causada por desalinhos corrigíveis



ou desequilíbrios musculares, e podem iniciar a transformação de certas limitações em mais-valias (Fitt, 1996).

## **1.2 Definição de objectivos**

O objectivo geral do presente estudo é a caracterização cinemática de saltos fundamentais do Ballet Clássico e a determinação da influência do movimento que antecede alguns saltos.

Pretendemos:

- Fazer a recolha de valores que contribuam para o alargamento de uma base de dados ainda reduzida;
- Analisar o “comportamento” de algumas das componentes mecânicas dos saltos de Ballet;
- Comparar saltos de natureza semelhante, ou o mesmo salto inserido em “contextos” diferentes;
- Determinar a influência dos movimentos que antecedem os saltos com contra movimento na execução dos mesmos.

## **2. Revisão Bibliográfica**

### **2.1 A Dança**

Para além de antecedentes históricos comuns à dança e ao desporto, a realidade desportiva actual aponta para a presença cada vez mais efectiva da dança clássica no contexto desportivo de modalidades constituintes do grupo do Desporto de Composição Artística (DCA).

Segundo um estudo apresentado por Martins (1999), a dança clássica é apresentada como componente do processo de preparação desportiva das modalidades analisadas (DCA), onde é utilizada na procura da melhoria da qualidade técnica e estética do movimento desportivo (tendo uma função pragmática ou utilitária).

Durante muitos anos, os bailarinos não se preocuparam com o estudo consciencioso das ciências do movimento humano. As artes e as ciências nem sempre andam de mãos dadas devido a certas suposições. Presume-se que o artista é intuitivo, tentando por vezes alcançar pensamentos, sentimentos e percepções do mundo indescritíveis. Em contraste, presume-se que o cientista é lógico e racional, procedendo com cuidada investigação de uma conclusão para a investigação da questão seguinte.

A dança é uma forma de arte que depende completamente do movimento humano para a comunicação; enquanto forma de arte expressiva, está totalmente dependente das capacidades físicas do bailarino.

Assim, a dança encontra-se numa posição única, devido à síntese absolutamente essencial da arte com a ciência. O bailarino deve trabalhar o seu instrumento (o seu corpo) para conseguir alcançar os objectivos de elegância e perfeição, uma vez que ninguém tem um corpo perfeito face à elevada exigência dos ideais da dança. O importante é o bailarino conhecer o seu corpo (e adaptar-se às imperfeições) de forma a poder otimizar o seu rendimento.

No passado, esta ligação da arte com a ciência era feita a um nível subconsciente e governada maioritariamente pelo acaso. Há menos de 10 anos, as áreas da medicina da dança e da ciência da dança não existiam (Clarkson & Skrinar, 1988). No entanto, o conhecimento consciente das ciências do movimento pode contribuir para alcançar a excelência de execução e prevenir lesões. Este conhecimento providencia ao bailarino informações essenciais sobre estrutura, função e aquisição duma execução óptima. Apenas um treino rigoroso, mas assente em regras de prevenção, irá permitir ao bailarino trabalhar e dançar com maior liberdade (Fitt, 1996).

Os grandes mestres da dança têm uma sabedoria instintiva para produzir artistas, a qual tem tido sucesso ao longo dos anos. A maior parte das vezes, os métodos intuitivos destes professores dotados estão significativamente correctas. Infelizmente, estes professores são a excepção e não a regra. A dança, actualmente, é mais complexa do que era no passado. Tornou-se quase impossível desenvolver a técnica

de forma segura sem um entendimento aprofundado das leis biomecânicas, tal como acontece com qualquer outra actividade física de elevada exigência.

A popularidade e o poder de atracção da dança florescem agora a nível universal, e indivíduos de todas as origens, tipos corporais e idades são atraídos para os seus ritmos e movimentos como nunca antes havia acontecido. Consequentemente, o número de lesões aumentou. As causas destas casualidades são o treino inadequado e os abusos resultantes da falta de verdadeiro entendimento das técnicas de dança e das estruturas físicas.

Ao longo da História, os bailarinos actuaram apesar das lesões, não ousando reconhecer face seus directores ou professores – por vezes nem mesmo a eles próprios – a extensão da sua lesão ou da dor. Esta situação foi exacerbada por uma classe médica que muito ignorava das suas necessidades especiais enquanto pacientes e pelas companhias, indiferentes aos seus problemas (Meyers, 1988).

Independentemente das operações ou tratamentos aplicados, ninguém procurava as causas das lesões ou dos problemas, pelos padrões de movimento e limitações físicas que para tal haviam contribuído. Reabilitação inadequada e desrespeito pela etiologia da lesão (tais como técnicas de execução específicas ou fraca mecânica dos movimentos) comprometeram ainda mais o sucesso de muitas destas operações e levaram à reincidência da lesão. Com ou sem cirurgia, a prescrição comum de repouso prolongado com reabilitação insuficiente permitia aos músculos atrofiar e à propriocepção cinestésica e à coordenação, o seu declínio (Myers, 1988).

*A ciência do treino da dança* é o resultado de importantes pesquisas e estudos realizados por autores individuais em diversos campos relacionados com a educação na dança (Gelabert, cit. por Clarkson & Skrinar, 1988).

Os cuidados médicos dos bailarinos, que eram deixados ao auto-tratamento ou a tratamentos alternativos, por vezes dados por charlatães, estão agora inseridos na medicina desportiva, e a prevenção de lesões e a optimização da técnica estão ligadas às várias ciências do Desporto.

Estudos científicos do treino de dança apareceram apenas recentemente na literatura. Nos últimos anos, estes estudos têm-se tornado mais frequentes devido ao interesse de vários cientistas do exercício na área da dança. As companhias de ballet e de dança moderna estão agora a ser convidadas a participar como sujeitos de estudos de investigação. Sob a égide de cientistas, os bailarinos foram medidos da cabeça aos pés, correram em passadeiras e preencheram questionários sobre dietas (Clarkson & Skrinar, 1988).

Durante séculos, as audiências observaram a dança como uma colagem estética de movimentos com permutações aparentemente infinitas de passos, velocidades e forças. Mas a transformação do movimento em arte requer um corpo bem treinado. As práticas de treino devem ser baseadas em princípios fisiológicos sãos a par das escolhas estéticas, para conduzir a uma eficiência e facilidade de treino com menor risco de lesão.

Os músculos dos bailarinos são a principal parte trabalhadora. Os bailarinos não deveriam aspirar a executar apenas movimentos bonitos mas também a aplicar princípios fisiológicos, para que possam actuar bem por muitos anos (Clarkson, 1988).

A dança encerra uma dupla dimensão, o que em tempos a pode ter separado das várias vertentes do Desporto, mas que actualmente é visto como um ponto de encontro:

- Dança como actividade artística, ligada ao mundo da arte e da criação e, muitas vezes, afastada do universo das preocupações do técnico desportivo;
- Dança vista enquanto um meio para o desenvolvimento de determinadas especificidades técnicas e artísticas de movimentos; como mais uma área de conhecimento possuidora de um conjunto de procedimentos teórico/práticos necessários ao desenvolvimento do desporto.

No estudo levado a cabo por Martins (1999) relativo à dança clássica enquanto parte integrante dos processos de treino da Ginástica Rítmica Desportiva (GRD), Ginástica Artística (GA) e Patinagem Artística (PA), além de se constituir um fenómeno

observável, chegou-se também às seguintes conclusões relativas às modalidades e categorias analisadas:

- Na categoria salto, o *plié* no início e no final dos saltos é o elemento mais utilizado.

- No conjunto das categorias analisadas (salto, giro e postura), o salto reuniu a maior presença de indicadores técnicos da dança clássica, independentemente da modalidade em causa.

- O sentido de elevação e a facilidade de execução foram os indicadores estéticos presentes mais observáveis nos saltos.

- Em carácter conclusivo, puderam afirmar que a função da dança clássica no contexto desportivo dos Desportos com Componente Artística está associada à necessidade de desenvolver e/ou aprimorar características particulares das modalidades incluídas neste grupo desportivo.

### **2.1.1 Breve revisão histórica**

A dança inclui uma grande variedade de formas de movimentos físicos rítmicos, normalmente executados com acompanhamento musical, sendo uma forma popular de busca de lazer, forma importante de diligência artística e actividade competitiva com muitos elementos atléticos.

O Homem sempre sentiu o impulso de dançar, de exprimir aquilo que unicamente através do movimento pode ser expresso. Esse impulso deu origem a diferentes formas de dança ao longo da História e através do Globo (Ryman, 2002). Nas suas muitas formas ao longo da História, foi parte vital de rituais religiosos, uma importante arte performativa e uma significativa forma de descontração. Teve frequentemente um papel importante na vida das mulheres.

Num contexto social, e considerando vastas diferenças contextuais em períodos temporais e culturas, podemos identificar quatro razões principais porque as pessoas dançaram ao longo da História:

1. Para agradar aos Deuses – inclui a dança do milho do sudoeste nativo americano do Jemez Pueblo, uma dança ritual executada por toda a comunidade; *los seíes* do século quinze, uma dança de coro de rapazes católicos romanos, executada durante os dias santos na catedral de Sevilha, Espanha.
2. Para agradar aos outros – vai desde aquelas encontradas numa performance de *Kabuki* contemporâneo, só de homens, no Japão, passando pelo tradicional *legong* do Bali para raparigas jovens, até à dança vista numa performance da Martha Graham *Dance Company* no *Joyce Theatre* de Nova Iorque.
3. Para agradar a si próprio – é familiar à maioria das pessoas – dança aeróbica pelo bem estar aeróbico ou pelo simples prazer cinestésico do movimento levado pela música.
4. Para construir a comunidade dentro de um grupo étnico – inclui *la marcha*, uma dança de grupo tradicionalmente executada nos casamentos hispânicos; *Kalamatianos*, uma dança social grega; o *Mayim*, uma dança popular israelita; o *koko sawa*, uma dança brincalhona do oeste africano, para rapazes e raparigas. (Myers, 1988)

De acordo com a descrição de Meyers (1988), os estilos de dança variam de cultura para cultura; características identificáveis podem ser associadas com culturas individuais.

Já no Renascimento, membros da nobreza organizavam uma vida elaborada na corte para si, para os seus associados e para os seus servos. Florença era a capital cultural da Europa no século quinze, com a corte dos Médici como proeminente força cultural; havia então uma grande demanda de mestres de dança. Embora os espectáculos fossem elaborados, os executantes eram todos bailarinos amadores da nobreza. A

dança era uma das poucas formas aceitáveis das mulheres da nobreza participarem em actividades fisicamente extenuantes. A habilidade na execução destas danças era considerada essencial para uma senhora ou senhor digno da nobreza.

O rei Louis XIV de França (1638 – 1715) usava a dança como uma ferramenta de poder. Os elementos da nobreza que cometessem erros nos passos sofriam consequências graves. O ballet da corte francesa atingiu o auge durante o reinado do rei Louis XIV; o rei era ele próprio um bailarino. O seu professor, Pierre Beauchamps (1631 - 1705), era o principal mestre de dança da época. Os fundamentos do ballet, incluindo as cinco posições dos pés e movimentos dos braços estandardizados, foram classificados sob a alçada de Beauchamps. À medida que os passos de dança se tornaram mais complicados, foi desenvolvido o uso na barra nos treinos de ballet.

A *barra* é um corrimão preso ao chão ou à parede que os bailarinos agarram gentilmente enquanto praticam, de forma a terem algum apoio nas fases iniciais do treino de alguns elementos. Ainda hoje são utilizadas em praticamente todas as aulas.

Em meados do século dezassete o ballet tinha atingido tão elevado nível técnico que apareceram os primeiros bailarinos profissionais na Europa. (Myers, 1988).

### **Dança hoje**

O treino de dança, actualmente, tem muito em comum com os desportos atléticos: um plano de treino repetitivo, focado em padrões musculares específicos, sessões de prática com ênfase na força, coordenação e equilíbrio, a necessidade de sessões de treino de grupo e individuais. A necessidade dum treino rigoroso, bem como duma estética baseada na magreza, levou a que alguns bailarinos desenvolvessem desordens alimentares ou problemas de adição.

Alguns coreógrafos que desejam encontrar novas fontes de passos virtuosos desviaram-se das técnicas estabelecidas da dança para o desporto, a acrobática, o levantamento de pesos e a ginástica. A companhia americana Pilobolus combina movimentos de ginástica com dança moderna em danças graciosas e esculturais.

Independentemente de quão inclinados os coreógrafos possam estar para enfatizar movimentos atléticos, os bailarinos continuam a refinar a sua técnica de dança de forma tradicional. Para ganhar força e versatilidade, os bailarinos profissionais treinam frequentemente tanto a técnica de dança moderna como de Ballet Clássico. A técnica de ballet desenvolve a rapidez, a linha, a leveza e o trabalho de pé articulado. A dança moderna enfatiza a força, o peso, o uso flexível da coluna e movimentos assimétricos e fora do eixo (em desequilíbrio). Na dança contemporânea, espera-se que tanto os homens como as mulheres tenham força e flexibilidade para levantar outros bailarinos e para serem levantados. (Myers, 1988)

Nos dias que correm, e de forma cada vez mais notória, as alegrias da dança recreacional aumentaram o seu interesse, com o cultivo do bem estar físico e satisfação social.

### **2.1.2 Caracterização da actividade**

#### **Ballet clássico**

O Ballet começou como um entretenimento sumptuoso da corte, executado pelos cortesãos para deleite do monarca e dignatários visitantes. Com o passar do tempo, a dança tornou-se tão intrincada e fisicamente exigente que os executantes treinavam de forma rigorosa durante vários anos antes de fazerem o seu debuto profissional em palco.

Actualmente, as aulas de Ballet podem ser apreciadas por qualquer pessoa que deseje experimentar a alegria do movimento - seja para embarcar numa carreira profissional ou para melhorar a postura e condição física em geral. Todas as crianças podem beneficiar dum bom treino, baseado num entendimento sólido dos ideais baléticos que evoluíram ao longo de quatro séculos.

Filósofos observaram que o ballet é baseado em valores estéticos clássicos de simplicidade, equilíbrio e harmonia. Também objectifica valores de verticalidade,



abertura, rectidão e empenhamento. Estas palavras fornecem uma visão importante daquilo que torna o ballet clássico numa forma de dança única e distinta.

Como forma de arte, abrange o drama, a música e as artes visuais.

Muito frequentemente, as correcções anatómicas e mecânicas são acentuadas à custa da expressão individual e artística; o desafio é afinar cada instrumento/corpo cuidadosamente. Todas as posições e movimentos no Ballet devem encarnar uma qualidade estética ou artística particular. O professor deve ajudar cada aluno a compreender o produto final ideal, e encorajar cada um a encontrar a sua forma de dar vida a esse ideal. A disciplina que modula o corpo num instrumento de precisão dá ao bailarino, em última análise, o poder e liberdade da auto-expressão.

Podemos fazer o seguinte resumo da situação actual do Ballet (Sousa, 2006):

- É tecnicamente complexo. Desenvolve uma técnica segura através do entendimento das leis biomecânicas, princípios de treino e fisiologia do exercício.
- Existe muito pouca informação disponível sobre a forma como os bailarinos usam os seus músculos.
- É caracterizado pela ilusão da ausência de esforço, apesar da exigência física dos movimentos.

A Escola do Ballet Clássico implica uma elevada disciplina e uma abordagem sistemática.

Com um entendimento dos princípios fundamentais, cada movimento deve ser estudado de forma cuidada desde o início e seguir uma progressão lógica até à sua forma mais avançada (Ryman, 2002).

Todas as acções das pernas se desenvolvem a partir de uma das cinco posições fundamentais dos pés. Cada movimento dos braços é construído a partir duma posição básica de braços. Ao combiná-los, temos uma variedade aparentemente infinita de

posições e movimentos, todos possuindo as qualidades que caracterizam o Ballet Clássico.

Por outro lado, qualquer movimento de dança pode ser decomposto nas suas partes componentes.

Desde as primeiras fases de treino, é essencial que o bailarino entenda o que é a posição ou movimento, porque é importante e como deve ser executado.

O *turn-out* do Ballet – **rotação externa da articulação da anca** – foi, originalmente, uma adaptação da posição de esgrima. Os mestres de dança descobriram que o *turn-out* não só permitia ao executante uma maior abertura perante a audiência como também aumentava a flexibilidade das ancas.

Esta rotação dos MI tem um ângulo de abertura limitado na anca ao nível ósseo, capsular e ligamentar, e muscular, podendo ser trabalhado e aumentado apenas até um certo ponto.

A posição de *turn-out* requer que o bailarino avance/caminhe a um passo cadenciado, calmo, com pouca disrupção das ancas e do corpo acima. Também criou uma maior estabilidade para acções laterais, permitindo aos bailarinos moverem-se de forma mais abrangente sem virarem as suas costas ao monarca. Esta abertura física espelhava a atitude extrovertida dos executantes aristocráticos que usavam a sua dança para atrair a atenção e os favores do rei.

O *turn-out* está presente em todos os elementos do Ballet Clássico, incluindo os saltos, e o seu controlo é fundamental à técnica do ballet (Ryman, 2002). Este pormenor é extremamente relevante para a análise dos movimentos de Ballet, uma vez que se trata de uma componente exclusiva desta actividade, raramente encontrada em saltos doutras modalidades.

A rotação externa é controlada pelos grandes glúteos, obturadores internos e, mais importante, os adutores, ou músculos interiores da coxa. Estando a pélvis equilibrada, estes músculos interiores da coxa são fortemente activados, pressionando as coxas

uma contra a outra, rodando-as para a frente e alisando/achatando a coxa à frente. Com esta acção o resto da perna roda e o pé é mantido num *turn-out* que corresponde ao da anca. O *turn-out* deve ser particularmente bem reforçado no trabalho de pontas e nos saltos em que o contacto com o solo é reduzido (Ryman, 2002).

O posicionamento do corpo deve vir do seu centro. Deve haver força dentro do tronco antes de os membros se poderem mexer com facilidade. A pélvis é o ponto de ligação entre a coluna e os membros inferiores e, quando correctamente posicionada, dá força às costas e facilita o controlo das ancas.

Na técnica clássica, a pélvis deve manter-se nivelada. Este nivelamento é controlado pelos músculos abdominais oblíquos de cada lado da cintura, que segura a pélvis em relação ao tórax. A pélvis também é mantida “em equilíbrio”. Isto é controlado pelo músculo recto abdominal a puxar para cima à frente e pelos glúteos a puxar para baixo atrás. Os músculos posteriores da coxa (Bicípite crural, semitendinoso e semimembranoso) também têm um papel importante na manutenção desta inclinação ajustada sem enrolar (Ryman, 2002).

A técnica que vemos hoje estica as capacidades físicas até ao seu máximo, com as suas extensões elevadas e saltos atléticos. O uso do *turn-out* é fundamental, mas a menos que o controlo da pélvis e a transferência de peso estejam perfeitamente compreendidos irá desequilibrar o corpo.

O alinhamento dos segmentos é outro dos factores centrais da técnica de Ballet. Ao realizar movimentos com os MI flectidos, ou seja, em fondu, a rótula é mantida em linha com a tibia e o pé. A estabilidade da articulação do joelho depende de um suporte igual dos principais grupos musculares que a controlam: os quadríceps puxam para cima na frente da coxa controlando a rótula, enquanto os músculos posteriores da coxa seguram a parte de trás do joelho. O joelho também depende do suporte dos músculos interiores da coxa equilibrando os músculos exteriores da coxa (Ryman, 2002).

Posicionamento do peso: o peso corporal deve ser distribuído pelo terço anterior do pé e parte anterior dos calcanhares (e não na parte posterior). Isto cria uma posição mais

alerta dos músculos posteriores da coxa e para o músculo gastrocnémio, intensamente activado para manter o equilíbrio. Este uso dos músculos posteriores da perna, dos músculos do terço anterior do pé e dos músculos internos da coxa liberta a parte anterior do tornozelo de tensão, dando força e controlo à perna do bailarino, e equilibra a musculatura do membro inferior (Ryman, 2002).

Tal como já foi referido, numa forma geral, no Ballet Clássico todos os elementos começam e terminam numa das posições de pés pré-definida.

### **Posições dos pés:**

1ª Posição – uma posição fechada, em que o bailarino tem os pés juntos de forma a que os calcanhares se toquem

2ª Posição – uma posição aberta, em que o bailarino se encontra com os pés afastados aproximadamente à largura dos ombros

3ª Posição – uma posição fechada em que o bailarino se encontra com os pés juntos, com um pé à frente do outro, de forma que o calcanhar do pé da frente esteja colocado a meio do pé de trás

4ª Posição – uma posição aberta em que o bailarino se encontra com um pé à frente da 5ª posição e o outro atrás. O espaço entre os pés é aproximadamente o comprimento do pé do bailarino

5ª Posição – uma posição fechada em que o bailarino se encontra com os pés juntos, um à frente do outro, de forma que o pé da frente esteja colocado em linha com a articulação do dedo grande do pé de trás (Ryman, 2002).

As evidências sugerem que a intensidade e duração dos exercícios executados nas aulas não se assemelham aos do trabalho coreográfico (Clarkson, 1988). A natureza

anaeróbica da maioria dos exercícios de dança nem sempre consegue uma adaptação para as situações coreográficas.

O mesmo se passa com o caso específico dos saltos; mesmo os exercícios mais complexos e alargados não têm uma extensão que se equipare à das sequências realizadas em trabalhos coreográficos, principalmente quando estas não são apresentadas de forma isolada.

Apesar de parecer correcto que o coreógrafo estude mais atentamente não apenas as limitações dos membros dos bailarinos mas também a limitação da sua estamina geral, como referido por Howse & Hancock (1988), é também vital que os professores e os próprios bailarinos treinem tendo sempre em mente o objectivo final da dança, que é a sua apresentação em bailados, e não se centrem nos exercícios como um fim em si mesmos.

No *plié* (elemento que consiste na flexão dos MI), a postura e a posição da pélvis mantêm-se inalteradas. O *turn-out* é mantido pelos adutores. A flexão da anca é acompanhada pela flexão dos joelhos, realizada através do relaxamento progressivo e controlado (mas nunca completo) dos quadríceps. A flexão dorsal ao nível do tornozelo é maioritariamente passiva e os músculos dos gêmeos relaxam gradualmente.

Para subir do *plié*, é necessária a contracção activa do músculo quadríceps e dos músculos extensores da bacia. Esta “subida” é conseguida empurrando o solo com os pés e não através da simples extensão dos joelhos. Os pés e joelhos devem manter-se sempre alinhados, principalmente durante a descida. É também importante manter uma distribuição correcta do peso ao subir, não deixando que passe para a parte posterior dos pés (manter sempre o peso na parte anterior).

As causas das lesões relacionadas com faltas técnicas podem ter uma base anatómica, na falta de conhecimento técnico, no mau ensino ou na não-aplicação da técnica correcta (Howse & Hancock, 1988).

### 2.1.3 Importância e caracterização dos saltos no Ballet Clássico

Os saltos são dos elementos mais importantes e comuns, sendo constantemente repetidos, tanto nas aulas de Ballet como nos bailados. A magnitude das forças produzidas durante a execução de alguns saltos pode ultrapassar largamente a massa corporal do sujeito (Amadio e Duarte, 1996).

Alguns estudos confirmam a relação entre a amplitude e a magnitude das forças articulares durante os saltos, bem como reconhecem as consequências potencialmente danosas para os tecidos envolvidos na sua dissipação (Simpson e Kanter, 1997; Simpson e Petit, 1997; cit. por Ryman, 2002).

O *plié* é um movimento de flexão vigorosa e harmoniosa dos joelhos – **contra-movimento**. Trata-se do elemento mais importante, fundamental e básico do ballet clássico, representando a base de toda a técnica de preparação, a partir da qual todos os movimentos acontecem, especialmente em poderosos e sumptuosos saltos de ballet (Clarkson e Skrinar, 1988; Trepmann et al., 1998; Trepmann et al., 1994; cit. por Ryman, 2002).

Durante um salto, o músculo gastrocnémio e a parte anterior do pé fornecem as forças propulsivas necessárias para sair do chão e a força para aterrar com um controlo que absorva o choque (Ryman, 2002).

Quando os atletas saltam, não são avaliados pela leveza da sua recepção; o mesmo não se passa com os bailarinos, e é interessante comparar como uns fazem muito menos barulho no impacto que outros e investigar o porquê. Uns poderão alcançar o resultado desejado através de um treino intensivo, enquanto outros o fazem por puro instinto; mas mais importante que a técnica, é a preconcepção de salto em mente.

«...porque o corpo sente qual a energia necessária para realizar cada movimento é chamada força cinética.» (Newlove & Dalby 2004).

Na realização de saltos no Ballet, estão sempre presentes três componentes distintas mas interligadas e extremamente importantes:

**Ballon:** resistência nas acções de salto, resultando numa qualidade flutuante

**Turn-out:** máxima rotação externa da perna ao nível da articulação da anca

**Demi-plié:** trata-se duma acção de semi-flexão dos joelhos sobre os dedos dos pés, mantendo os calcanhares no chão. Requer uma combinação de força e elasticidade para facilitar a impulsão e recepção nos saltos. Ao flectir, a parte anterior do tornozelo relaxa enquanto os tendões de Aquiles e músculos do tríceps sural alongam. Na recuperação é exercida pressão no solo. As costas são mantidas na vertical ao longo de todo o movimento, o qual deve ser contínuo (Ryman, 2002).

O *plié* é um elemento essencial tanto no início dos movimentos de salto, permitindo uma melhoria da execução do mesmo, como no final do salto, permitindo recepções mais fáceis e graciosas e prevenindo lesões. A sua execução repetida nas aulas de ballet é utilizada para alcançar melhorias de força, “*timing*”, alinhamento, estabilidade do tronco e coordenação dos movimentos articulares (Sousa, 2004).

Devido à sua importância no Ballet em geral, e ao seu papel fundamental na execução específica dos saltos, vamos referir alguns dos aspectos centrais deste elemento.

***Plié:***

- É uma das primeiras destrezas que deve ser ensinada às crianças no começo das aulas.
- Normalmente, após os exercícios de aquecimento, é o primeiro exercício das aulas de ballet.
- Pode ser executado até ao *demi-plié* (semi-flexão dos MI, sem que os calcanhares saiam do chão; utilizado na preparação e recepção dos saltos) ou até ao *grand-plié* (flexão quase total dos MI, sendo que os calcanhares podem sair do chão, com excepção da 2ª posição de pés).
- A maioria dos movimentos de dança começa e acaba com um *plié*, sendo a primeira componente de outros movimentos.

- Um movimento de dança correcto requer a habilidade de executar um *plié* com controlo, força e alongamento, para que o movimento flua sem parar e pareça não ter pontos de emenda (Sousa, 2004).

Os saltos enquadram-se numa categoria de movimentos cuja denominação provém da palavra italiana “Allegría”, significando feliz ou com vivacidade. O termo ***Allegro*** descreve movimentos executados de forma rápida e com exuberância, sobressaindo a velocidade e agilidade do bailarino. Os movimentos do ***Allegro*** exploram a agilidade e mobilidade. Impelem os bailarinos aos seus limites físicos, desenvolvendo velocidade e precisão no trabalho dos pés, poder de salto felino e movimentação expansiva. Geram excitação pelo aparente desafio das leis da gravidade (Ryman, 2002).

Hoje praticamos níveis de elevação nos saltos para se adaptarem a diferentes tempos musicais, objectivos técnicos e efeitos dramáticos. Estes são geralmente categorizados como *petit allegro*, *medium allegro* e *grand allegro*.

*Petit allegro*: o bailarino salta o suficiente para os pés esticarem completamente no ar, mas não mais que isso, devido à elevada velocidade de execução dos elementos. Estes saltos são frequentemente executados sem acção dos braços (os quais se mantêm na posição de *Brás bas*), uma vez que a força suficiente para saltos pequenos pode ser aplicada a partir dos tornozelos e pés. Há uma sub-categoria de saltos *terra-a-terra*, executados rapidamente, em que os dedos dos pés ficam sempre próximos do chão, e podem ser realizados no sítio ou com deslocamento em qualquer direcção. Para alcançar isto, o bailarino tem de desenvolver uma sensibilidade no trabalho de pés e dedos. Também inclui passos de ligação, que podem viajar em qualquer direcção, e passos com uma acção de batimento das pernas, conhecidos como *batterie*.

*Medium allegro*: é a categoria que engloba os saltos ligeiramente mais elevados, realizados a um tempo menos rápido e usando o *ballon*, englobando também passos da *batterie* (aqueles em que há batimento das pernas durante a fase de voo).



Grand allegro: consiste em saltos aéreos de grande elevação. Executados com energia e vigor, criando força e resistência – é o teste final, principalmente para os bailarinos masculinos. Os saltos devem mostrar a linha da posição no ar e podem ser embelezados com uma acção de batimento das pernas. Requerem o uso completamente coordenado dos pés, pernas e braços, de forma a gerar a maior força necessária para a grande elevação (Ryman, 2002).

Assim como a maioria dos saltos, pode ser realizada com ou sem um batimento e também com ou sem deslocamento no plano horizontal. (Ryman, 2002).

Independentemente da categoria do salto, todos se conformam aos mesmos princípios mecânicos. É particularmente importante que o bailarino saiba onde se encontra o peso do corpo tanto na impulsão como na recepção. O movimento dos braços e da cabeça podem variar em qualquer salto.

Na sua forma mais avançada, o trabalho do *allegro* é o culminar do treino técnico do bailarino; requer uma coordenação precisa de todo o corpo e um controlo mental e físico exigente. A contínua disciplina que vincula é, em última análise, recompensada quando o bailarino adquire a habilidade para se mover com agilidade, precisão e facilidade (Ryman, 2002).

### **Regras básicas dos saltos:**

- Partem sempre dum *demi-plié*, com os calcanhares firmes no chão; a pressão inicial para sair do chão é feita pelo uso de todo o pé.
- O movimento coordenado de empurrar o solo impele o corpo para o ar. À altura do salto, os joelhos, plantas dos pés e dedos dos pés estão completamente esticados (podendo haver variações das linhas das pernas na fase aérea do salto).
- O retorno deve ser feito com uma aterragem/recepção suave, com os dedos a tocarem o solo primeiro e o peso a ser depois tomado através de todo o pé para um bom *demi-plié*, antes de esticar as pernas (Ryman, 2002).

De seguida apresentamos uma breve descrição dos saltos elementares do Ballet, essencial para a compreensão e visualização dos movimentos que serão o objecto deste estudo:

- ▀ **Sauté** em 1ª, 2ª e 4ª posição: segue as regras básicas acima descritas.
- ▀ **Soubresaut**: um salto partindo de 5ª posição que termina em 5ª posição. À altura do salto, as pernas são forçadas uma contra a outra com os pés completamente esticados em 5ª posição.
- ▀ **Changement**: as pernas começam em 5ª posição e trocam no ar, à altura do salto, separando-se o menos possível, para aterrar na 5ª posição oposta.
- ▀ **Échappé sauté fermé**: consiste em dois *sautés* em que os pés começam numa posição fechada, aterram numa posição aberta, e regressam à posição fechada no segundo salto, com ou sem troca de pés.
- ▀ **Sissone ordinaire**: no sítio, partindo de dois pés e realizando a recepção só num apoio, com o pé de trabalho *sur le cou-de-pied* (sobre o tornozelo).
- ▀ **Temps levé**: salto partindo dum pé e aterrando no mesmo pé.
- ▀ **Petit jeté**: um pequeno salto, sem deslocação, de um pé para o outro.
- ▀ **Jeté ordinaire**: um salto que sai de uma perna para a outra.
- ▀ **Assemblé**: uma acção de salto em que as pernas se juntam no ar, completamente esticadas, em 5ª posição, antes da recepção.
- ▀ **Petit assemblé**: um pequeno salto, no sítio, de um pé para os dois.
- ▀ **Pás de chat**: um passo leve, saltitado, com movimentação lateral de 5ª para 5ª posição, saltando de um pé para o outro antes de fechar em *demi-plié*.
- ▀ **Glissade**: um passo de ligação que pode viajar em qualquer direcção e realizado sempre junto ao solo. Começa com um *demi-plié*, extensão de um pé para *degagé* em 2ª em *fondú*, e neste ponto inicia-se a transferência de peso: a segunda perna empurra o chão e solta-se, estando os dois pés momentaneamente esticados. A transferência do peso continua, descendo através do pé que lidera o movimento para um *fondú*. Há uma sensação de

elevação durante a transferência do peso, mas os dedos não deixam o contacto com o solo em nenhum momento.

- **Batterie**: saltos executados com uma acção de batimento das pernas. Consiste em todos os tipos de *entrechats*, *brisés* e passos que são embelezados por um batimento. Exigem um uso máximo do *turn-out* com as pernas e pés completamente esticados. As pernas afastam-se ligeiramente com o salto e a acção de batimento interno faz com que elas se afastem ligeiramente antes da recepção.
- **Entrechat quatre**: um salto no qual as pernas trocam para realizar o batimento e volta a ficar a mesma perna à frente. Ao sair do solo, as pernas separam-se ligeiramente, para os lados, de forma a poderem executar a acção de batimento. O batimento é feito o mais cedo possível com uma posição bem cruzada (Ryman, 2002).

Nos saltos, há uma ausência de suporte intencional. Os saltos podem exprimir alegria, inquietação, festejo, raiva, fúria, desespero, etc., ou apenas uma acção como fugir, perseguir, desviar, etc. Têm também a capacidade de exacerbar e estilizar, na dança teatral.

Como bem descreve Guest (1983), elevarmo-nos no ar é uma extensão dum movimento ascendente, um movimento que se afasta da gravidade.

### **Aparecimento e desenvolvimento de lesões:**

Embora não seja um exclusivo dos saltos, devido ao seu nível de exigência, estes tornam-se num dos elementos mais propensos ao aparecimento de lesões. Mais no contexto da dança (mas sem deixar de ter a sua aplicabilidade noutras áreas) as principais lesões devem-se a factores como ignorar desalinhos, o que pode levar a dores crónicas devido a um desequilíbrio muscular, ou dançar numa superfície dura, podendo levar à rotura ou fracturas de pressão. Dançar quando nos encontramos em baixo de forma pode conduzir a um leque imenso de lesões. Tentar realizar uma combinação que se encontra acima das nossas habilidades frequentemente leva a

lesão e ignorar os nossos próprios sinais de aviso de fadiga aumenta o risco de lesão. Mas as principais causas, e as mais perigosas são a ignorância e a desatenção (Fitt, 1996).

Podemos tentar prevenir a ocorrência destas lesões com medidas relativamente simples: o bailarino deve prestar atenção às condições que o rodeiam, preocupar-se com o condicionamento do seu corpo, conhecer as suas forças e limitações, concentrar-se com grande intensidade, ter um ritmo e hábitos de vida higiénicos e saudáveis, estar atento aos sinais de fadiga do seu corpo e regular a intensidade da actividade em função das suas necessidades. Ao fazer isto, as lesões que ocorrem passam a ser, na sua maioria, fruto do azar e quanto a isso pouco ou nada podemos fazer (Fitt, 1996).

As lesões traumáticas ocorrem de forma súbita e envolvem frequentemente quedas ou outro acidente: fracturas, luxações, entorses, hematomas e contusões, concussões, cortes, lacerações, punções, deslocamentos e subluxações (Fitt, 1996).

As lesões crónicas são recorrentes ao longo do tempo e são mais frequentemente devidas a desalinhos, sobrecargas, fracos hábitos de treino ou compensação de erros de execução. O sufixo *-ites* refere-se a inflamações. A inflamação de tecidos em áreas de grande tensão é um problema crónico comum. Desalinho, condição física inadequada e desequilíbrios musculares são as causas mais comuns de tendinites, bursites, miosites e fascites (Fitt, 1996).

Algumas das lesões ou problemas mais frequentes na dança são:

- Fissura das canelas – dor muscular (devido a inflamação) na perna causada por exigências excessivas da musculatura (frequentemente causadas por dançar em cimento ou recepções impróprias após os saltos, etc). Músculos mais afectados: tibial anterior, tibial posterior e músculos peroneais.

- Tendinite do Aquiles: dor no tendão de Aquiles ao fazer ponta, *plié*, *releve*, impulsão e recepção. Comumente acompanhada por chinar e trituração nessa área (Fitt, 1996).

A maioria das lesões na dança são crônicas, relacionadas com o sobre-uso, mais do que traumáticas, as quais são mais comuns em desportos de contacto. Isto torna a técnica apropriada (Bergfield et al, 1982; Gelabert, 1980; Howse, 1972; cit. por Fitt, 1996), bem como a progressão de sobrecarga, elementos críticos para a prevenção de lesões na dança. Incorreções subtis na técnica podem colocar uma pressão excessiva nos músculos e articulações e levar a fadiga ou lesões precoces.

Para além de alterar o alinhamento, os erros técnicos influenciam a produção efectiva de força e a sua absorção. Por exemplo, o *timing* e profundidade do *plié* preparatório são muito importantes para o desenvolvimento de força na fase de impulsão dos saltos. De forma semelhante, “trabalhar através de todo o pé” e a profundidade do *plié* são importantes para a absorção da força durante a recepção. Bailarinos com um *plié* inadequado ou outros mecanismos fracos de recepção dos saltos podem ser mais propensos a lesões como fissura das canelas ou fracturas de stress.

Embora a diferença entre técnica biomecanicamente sã ou não sã pareça bastante subtil, as diferenças associadas na produção e absorção da força são bastante profundas.

Considerando a quantidade de *pliés* e saltos realizados por um bailarino, parece provável que estas diferenças sejam importantes para a predisposição de lesões e a sua longevidade. Como frisado por Clippinger-Robertson (1988), futuras investigações sobre as variações técnicas que minimizam o risco de lesão, mantendo a estética da dança desejada, seriam muito úteis.

### **2.3 Estudo do Ciclo de Alongamento Encurtamento**

O CAE representa um tipo de funcionamento muscular relativamente independente das outras formas de manifestação de força (Pardal, 2004). Caracteriza-se primeiramente por uma acção excêntrica dos músculos, de curta duração, ao longo da qual há um armazenamento de energia nos componentes em série do músculo, nomeadamente nas pontes de actina e miosina, aumentando a deformação longitudinal dos sarcómeros. Essa energia é então transferida para os elementos contrácteis que actuam na fase concêntrica. Para que a energia armazenada não se dissipe sob a forma de calor durante a fase excêntrica, é necessário que a mesma tenha uma duração entre 1 e 2 segundos (Komi, 1992; cit. por Carvalho, 2002).

O alongamento forçado dum músculo activo antes de permitir o seu encurtamento conduz a um aumento da resposta durante o encurtamento. Este fenómeno de potenciação da fase de encurtamento numa sequência de alongamento-encurtamento da acção muscular foi anteriormente estudado por vários autores, e é chamado de ciclo de alongamento e encurtamento (CAE) (Norman e Komi, 1979; cit. por Sousa, 2004). Nos movimentos humanos, o CAE é uma acção muscular comumente utilizada. O CAE nas acções excêntricas influencia a performance na subsequente fase concêntrica. A acção concêntrica final pode ser mais forte que a resultante da acção concêntrica sozinha.

A vantagem do CAE é que um músculo pode realizar trabalho mais positivo se for activamente alongado antes de ser permitido que encolha (Cavagna et al., 1968; cit. por Sousa, 2004); pode ser realizada uma maior quantidade de trabalho durante a contracção concêntrica.

Na grande maioria das actividades desportivas, tal como em grande parte dos movimentos naturais, a força rápida em ciclo de alongamento encurtamento (CAE) tem um papel decisivo. Está presente em qualquer tipo de corrida e na grande maioria dos saltos; na verdade, está presente na quase totalidade das acções motoras que implicam um prévio alongamento muscular.

O estudo deste fenómeno baseia-se no conhecimento de que a estrutura muscular é capaz de gerar maior quantidade de trabalho positivo – ou uma maior potência máxima

com que esse trabalho pode ser feito – durante uma contracção concêntrica quando é submetida imediatamente antes a uma contracção excêntrica.

Ao contrário do que vulgarmente é referido na literatura da especialidade, existem dois tipos de CAE: longo e de curta duração.

Longo (por exemplo, salto de bloco em voleibol): é caracterizado por movimentos amplos em que se verificam acentuados deslocamentos angulares e por uma duração de aplicação de força superior a 250ms.

Curto (por exemplo, contacto com o solo nos saltos em altura e comprimento): envolve menores deslocamentos angulares das articulações e uma duração entre 100 e 250ms. (C. Carvalho, Marques e A. Carvalho, 1999).

O músculo esquelético é capaz de realizar vários tipos de contracções, sendo evidente que para a execução de qualquer tipo de exercitação, esta raramente envolverá acções puramente isométricas, concêntricas ou excêntricas; disso são excelentes exemplos os saltos com contra movimento.

Dentre as capacidades motoras dos atletas, a potência muscular, traduzida na habilidade do atleta de saltar mais rápido e mais alto, produzindo movimentos intensos e potentes, é de grande importância para o seu desempenho máximo. Um grande número de saltos implica uma óptima preparação dos atletas, que são expostos a grandes cargas de treino. Por isso, muitas pesquisas têm sido realizadas com o intuito de acompanhar e verificar os efeitos do treino na melhoria da habilidade de saltar.

O salto vertical é um teste popular da potência de pernas. Os mais utilizados são o *squat jump* (SJ) e o *counter movement jump* (CMJ), que possuem características específicas de arranque e velocidade. A principal diferença entre estes dois saltos é que o SJ é iniciado numa posição de flexão dos MI, e é realizado apenas o movimento ascendente. No CMJ, o saltador parte duma posição esticada, faz um movimento preliminar descendente flectindo os joelhos e a bacia, e depois estende imediatamente os joelhos e as ancas novamente para realizar um salto vertical. Tal movimento faz uso

do CAE – os músculos são previamente alongados antes de encurtarem na direcção desejada (Linthorne, 2000).

Num CMJ, os níveis de activação nos músculos das pernas dos saltadores são mais elevados no início da fase ascendente, porque o saltador tem de abrandar e depois inverter o movimento inicial descendente. Um CMJ elimina a amplitude de impulsão vertical que é desperdiçada no SJ enquanto os músculos desenvolvem a força máxima. Assim, o saltador realiza mais trabalho mais cedo na fase ascendente do salto, e o salto tem uma velocidade de impulsão maior e alcança mais altura (Linthorne, 2000).

Komi, (1984; cit. por Carvalho, 2002) refere que um aumento da eficácia da fase excêntrica num ciclo de alongamento encurtamento se reflecte num aumento da velocidade da fase concêntrica do salto.

Existe um padrão de movimento para os dois tipos de saltos. No estudo realizado por Pardal (2004), houve diferenças entre os dois saltos, como valores do pico da actividade eléctrica maiores para os *gêmeos* nos dois tipos de saltos realizados, sendo que a curva deste músculo predomina em relação à curva do vasto lateral, demonstrando então essa maior actividade.

O CAE representa um tipo de funcionamento muscular relativamente independente das outras formas de manifestação de força. Ao contrário do que vulgarmente é referido na literatura da especialidade, existem dois tipos de CAE: de longa e de curta duração.

CAE longo (por exemplo, salto de bloco em voleibol): é caracterizado por movimentos amplos em que se verificam acentuados deslocamentos angulares e por uma duração de aplicação de força superior a 250ms. Alguns autores (C. Carvalho, Marques e A. Carvalho, 1999) definem como movimentos amplos, com deslocamentos angulares acentuados e duração da aplicação de força entre 300 e 600ms.

CAE curto (por exemplo, contacto com o solo nos saltos em altura e comprimento): envolve menores deslocamentos angulares das articulações e uma duração entre 100 e 250ms.

(Pardal, 2004; C. Carvalho, Marques e A. Carvalho, 1999).



Como a produção de força neste tipo de movimentos que envolvem um CAE é maior, comparativamente a contrações concêntricas isoladas, é também legítimo afirmar que este tipo de movimento é mais eficiente (Pardal, 2004).

O CAE é um fenómeno complexo que pode ser atribuído a mecanismos elásticos ou à própria maquinaria contráctil, ou pode resultar de variações na actividade neural com interacção dos compartimentos dos músculos e dos tendões (Sousa, 2004).

### **Armazenamento e libertação de energia elástica:**

De acordo com alguns autores, este fenómeno – o CAE – deve-se à possibilidade de reutilizar, na fase de trabalho positivo do exercício, a energia elástica que foi armazenada nos elementos elásticos em série durante a fase de trabalho negativo, melhorando a eficiência mecânica do trabalho positivo.

Segundo Cavagna et al. (1968) e Ettema et al. (1990) (cit. por Sousa, 2004), parte do trabalho mecânico realizado pelos músculos pode ser armazenado pelos componentes elásticos sob a forma de energia elástica e depois transformada em trabalho externo, durante a subsequente fase de encurtamento da contração. Um aumento da energia disponível irá aumentar a quantidade de trabalho que pode ser realizado depois.

As fibras musculares não só transmitem força aos tendões como também interagem com eles. Quando o músculo e o tendão exercem força, o tendão externo e a aponevrose são alongados e armazenam energia elástica. O tendão tem uma maior complacência do que as fibras musculares activas, o que faz com que seja responsável por uma maior porção da energia armazenada.

A elasticidade do tendão pode ser muito mais importante que a elasticidade muscular. Segundo Alexander e Bennet-Clarck (1977; cit. por Sousa, 2004) a capacidade de armazenamento de energia de tensão dum tendão está entre os 2000 e os 9000 J/kg (cerca de 5 a 10 vezes maior do que a dos músculos).

O sistema musculotendinoso tem a capacidade de armazenar energia elástica durante a fase de impacto, energia essa que pode vir a ser utilizada na subsequente fase propulsiva, quer para incrementar a performance em condições de esforço máximo (Bosco et al., 1982; Komi, 1984; cit. por Santos, 1987), quer para aumentar a eficiência da qualidade da contração em condições submáximas (Bosco et al., 1982; Thys et al., 1972; cit. por Santos, 1987). Ambos os mecanismos só são possíveis se o tempo de transição entre fase excêntrica e fase concêntrica for curto (Komi, 1986; cit. por Santos, 1987). Este fenómeno aplica-se nas sequências de saltos de Ballet, como naquelas que vão ser observadas ao longo deste estudo.

O valor máximo da componente vertical das forças de reacção do solo é obtido próximo dos 22±4 m/s após o contacto, o que reforça a necessidade de elevados níveis de pré-activação muscular e o contributo de reflexo de alongamento como meio de regular a resistência ao alongamento e, em última análise, a produção final de força (Santos, 1987).

Constatações doutros estudos sugerem que a carga de alongamento esperada pelo sujeito talvez seja o mecanismo que pode explicar a regulação da pré-activação muscular. Aura e Viitasalo (1989; cit. por Santos, 1987) constataram uma forte correlação (0.93) entre os níveis de pré-activação e a velocidade do alongamento muscular.

Neste tipo de contração, os músculos continuam a puxar, mas há uma diminuição gradual do número de unidades motoras activas e a gravidade vai ganhando terreno.

Existem duas excepções: quando simplesmente relaxamos o músculo e a gravidade faz o que tem a fazer ou quando o músculo faz com que o movimento seja mais rápido do que a gravidade conseguiria fazer (Fitt, 1996).

Num CMJ, os níveis de activação nos músculos das pernas dos saltadores são mais elevados no início da fase ascendente porque o saltador tem de abrandar e depois inverter o movimento inicial descendente. Um CMJ elimina a amplitude de impulsão vertical que é desperdiçada no SJ enquanto os músculos desenvolvem a força máxima.

Assim, o saltador realiza mais trabalho mais cedo na fase ascendente do salto, e o salto tem uma velocidade de impulsão maior e alcança mais altura (Linthorne, 2000).

Komi, (1984; cit. por Carvalho, 2002) refere que aumento da eficácia da fase excêntrica num ciclo de alongamento encurtamento se reflecte num aumento da velocidade da fase concêntrica do salto.

## **2.4 Fundamentos biomecânicos para a análise do movimento**

A **Biomecânica** é a disciplina, entre as ciências derivadas das ciências naturais, que se ocupa de análises físicas de sistemas biológicos e, conseqüentemente, que se ocupa de análises de movimentos do corpo humano. Estes são estudados através de leis e padrões mecânicos, em função das características específicas do sistema biológico humano, incluindo conhecimentos anatómicos e fisiológicos.

O actual desenvolvimento da biomecânica é expresso pelos novos procedimentos e técnicas de investigação, nos quais podemos reconhecer a tendência crescente de se combinarem várias disciplinas científicas na análise do movimento. Testemunhamos um progresso das técnicas de medição, armazenamento e processamento de dados, recorrendo a um complexo de disciplinas científicas, o que consolida a dependência multidisciplinar na formação de um domínio de conhecimentos com estreitas relações interdisciplinares.

Por motivos teórico-metodológicos, os aspectos mecânicos e biológicos podem ser tratados separadamente, sem que se esqueça que a análise de movimentos do corpo humano se ocupa de movimentos complexos de organismos biológicos.

Segundo Donskoy (1975), Winter (1979), Zatsiorsky et al. (1982) (cit. por Amadio & Duarte, 1996) é objectivo da biomecânica para análise do movimento humano a descrição da técnica de movimento, ocupando-se dos principais factores que a determinam: leis da mecânica do movimento e propriedades do sistema locomotor

humano. Num sentido mais amplo da sua aplicação, é ainda tarefa da biomecânica a caracterização e optimização das técnicas de movimento. Procura-se a interpretação do rendimento do movimento através do método da optimização ou mesmo da redução de variáveis intervenientes na estrutura em análise, com a ajuda dos meios e procedimentos que possibilitam a resolução de sistemas dentro do campo de actuação da biomecânica através de modelos físico-antropométricos.

Embora haja falta de consenso relativamente à definição exacta da Biomecânica, é ponto assente que através desta e das suas áreas de conhecimento correlatas podemos analisar as causas e fenómenos vinculados ao movimento – trata-se, sem dúvida alguma, de uma ciência de natureza multidisciplinar.

Groh et al. (1976; cit. por Amadio & Duarte, 1996) falam deste procedimento na medida em que deve envolver todos os métodos de pesquisa e biomecânica determinados pelas variáveis a serem observadas na análise do movimento (por exemplo, a combinação simultânea e sincronizada de procedimentos cinemáticos e dinâmicos são comuns e necessários para a interpretação de movimentos).

Os procedimentos para cada estudo são definidos a partir das áreas básicas da investigação biomecânica, no contexto da complexa investigação do movimento. Existe, no entanto, a necessidade de padronização metodológica compatível com o controle experimental na investigação de grupos típicos do movimento humano.

Hochmuth (1974), Donskoj (1975), Marhold (1976) e Hay (1981) (cit. por Amadio & Duarte, 1996): a biomecânica pode ser classificada, de forma esquemática, em interna e externa, segundo a determinação quantitativa ou qualitativa da força que actua sobre os corpos, assim como da interacção do corpo com o meio onde o movimento acontece.

Tanto Miller (1979) como Donskoj (1975) (cit. por Amadio & Duarte, 1996) referem esta distinção, e de certa forma junção, que relaciona a biomecânica interna e externa. O primeiro refere que a biomecânica investiga os efeitos internos e externos das forças que agem sobre os corpos vivos, enquanto o segundo autor não deixa de sublinhar que

pode acontecer que uma mesma força, dependendo do corpo ao qual nós a relacionamos, se apresente como força interna ou como força externa, o que significa que a diferença entre elas é relativa.

Áreas de actuação:

Biomecânica interna - determinação das forças internas (articulares e musculares) e as consequências resultantes dessas forças (tensões) do biomaterial, frente às diferentes formas de solicitação mecânica (pressão, tracção, torção, flexão, etc.); as grandezas não são observáveis, assim como dificilmente serão passíveis de serem medidas directamente, mas podem ser calculadas por intermédio de parâmetros da cinemática e da dinâmica do movimento, que são registados de forma sincronizada, bem como das características físicas (mecânicas) do aparelho locomotor e das suas estruturas funcionais (Amadio & Duarte, 1996).

Biomecânica externa - representa os parâmetros de determinação qualitativa e/ou quantitativa referente às mudanças de lugar e posição do corpo humano em movimentos desportivos, com auxílio de medidas descritivas cinemáticas e dinâmicas (por exemplo, trajectória, velocidade, aceleração, força, etc.); referem-se às características observáveis exteriormente na estrutura do movimento (Amadio & Duarte, 1996).

As forças internas são transmitidas pelas estruturas biológicas internas do corpo; estão intimamente relacionadas com a execução dos movimentos e com as cargas mecânicas exercidas pelo aparelho locomotor, e representadas pelo stress, o estímulo mecânico necessário para o crescimento e desenvolvimento das estruturas do corpo.

O conhecimento destas forças pode ter aplicações, por exemplo, no estudo clínico da marcha patológica (com diferentes origens) e no aperfeiçoamento da técnica de movimento, tal como a determinação de cargas durante as actividades físicas em desportos de alto nível ou em actividades laborais do quotidiano.

A determinação das forças internas dos músculos e das articulações, segundo Chao (1993; cit. por Amadio & Duarte, 1996), ainda é um problema não totalmente resolvido da biomecânica, mas constituem-se na base fundamental para a compreensão de critérios para o controlo do movimento. A compreensão dos fenómenos internos é de extrema importância, uma vez que somente os fenómenos externos têm sido passíveis de medição directa.

Assim, podemos dizer que a Biomecânica interna é complexa, principalmente se tivermos em conta a possibilidade de abranger outros estudos, como: fluxo no interior de vasos, forças produzidas nas estruturas do coração, modelos matemáticos aplicados aos diversos tecidos e biomateriais, biomecânica neuromuscular e determinação de forças internas ao sistema locomotor (Amadio & Duarte, 1996).

Os métodos para abordar as diversas formas de movimento consistem em: antropometria, cinemetria, dinamometria e electromiografia (Winter 1979, Amadio 1989, Baumann 1995; cit. por Amadio & Duarte, 1996) - utilizando estes métodos, o movimento pode ser descrito e modelado matematicamente, permitindo a maior compreensão dos mecanismos internos reguladores e executores do movimento do corpo humano.

## **CINEMETRIA**

A Cinemetria é constituída pelo conjunto de métodos que procuram medir os parâmetros cinemáticos do movimento, através do cálculo das variáveis dependentes dos dados observados nas imagens, como posição, orientação, velocidade e aceleração do corpo ou de seus segmentos.

Esta área interessa-se pela descrição de como um corpo se move, não se preocupando em explicar as causas desses movimentos, e é composta por

procedimentos de natureza basicamente óptica, onde as medições são realizadas através de indicadores indirectos obtidos através de imagens.

Numa fase inicial, esta área de estudo permite análises qualitativas a partir da observação das imagens obtidas. Posteriormente, permite a mensuração e determinação do deslocamento de segmentos representados pelos pontos seleccionados no corpo humano, a determinação do tempo através da frequência de aquisição e da massa por procedimentos da antropometria. Assim, podemos derivar grandezas cinemáticas como o valor da velocidade de deslocamento instantâneo ou a sua aceleração linear ou angular, a partir do cálculo diferencial ou integral (contribuindo para uma análise quantitativa dos movimentos humanos).

A importância da medição precisa dos parâmetros cinemáticos prende-se, mais uma vez, com a utilidade dos cálculos subsequentes para a dinâmica, uma vez que um erro na aquisição dos dados cinemáticos se propaga de forma exponencial à medida que se vão derivando outros parâmetros (Amadio, & Duarte, 1996). Daí que o controle do método de medição deva ser o mais rigoroso possível.

### **Medição directa:**

A medição directa das variáveis cinemáticas do movimento pode ser obtida através dum Goniómetro ou através dum Acelerómetro.

O *Goniómetro* é o nome dado a um potenciador eléctrico que pode ser acoplado para medir o ângulo numa articulação. (Winter, 2005)

Um *Acelerómetro*, tal como o nome indica, é um aparelho que mede a aceleração. A maior parte dos *acelerómetros* não é mais do que transdutores de força desenhados para medir as forças de reacção associadas a uma dada aceleração. A massa é acelerada contra um transdutor de força que produz um sinal de voltagem  $V$ , que é proporcional à força  $e$ , dado que a massa é constante, então  $V$  é também proporcional à aceleração (Winter, 2005).

O *Acelerómetro* mede a componente normal da aceleração, sendo que para a obtenção de todas as componentes seria necessária a utilização de um *acelerómetro* triaxial. Este factor faz com que o *acelerómetro* esteja limitado aos movimentos que não mudam drasticamente de direcção no espaço.

A vantagem deste método é que o sinal de saída está imediatamente disponível para ser gravado ou convertido num computador. No entanto, apresenta também desvantagens, uma vez que a aceleração é relativa de acordo com a posição do aparelho no segmento do membro, quando usados em grande número podem dificultar a execução do movimento e muitos destes engenhos são sensíveis ao choque e estragam-se facilmente (Winter, 2005).

Durante o contacto do pé com o solo são geradas ondas de impacto. Estas podem ser medidas por acelerómetros leves, montados em diferentes localizações (perna, pélvis ou cabeça) ao longo do sistema locomotor.

Na biomecânica, a aceleração é comumente expressa em múltiplos da gravidade –  $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ .

### **Técnicas de medição de imagem:**

Devido à complexidade da maioria dos movimentos, o único sistema que pode captar todos os dados é o sistema de imagens. Isto inclui a necessidade da captação de muitas imagens, a intervalos regulares, durante um evento.

Podem ser utilizados vários tipos de sistemas de imagem, mas iremos debruçar-nos apenas sobre o das câmaras de vídeo. O tipo de filme necessário depende da luz disponível, a qual vai depender da velocidade de obturação da própria câmara.

As câmaras recolhem imagens um determinado número de imagens por segundo e, de acordo com a velocidade do movimento que está a ser observado, esta velocidade de captação ganha uma relevância acrescida. Na gravação de movimentos mais rápidos é extremamente importante a captação do maior número de imagens por segundo, para que não haja uma parte significativa do movimento que não fique registada.



O processamento de imagem pode decorrer através de procedimentos ópticos ou óptico-electrónicos: estes fazem uma representação óptica e geométrica do objecto a ser analisado.

No processo de captação das imagens é necessário controlar determinados parâmetros:

Internos - distância principal, posição do ponto principal na imagem, curva da distorção da lente

Externos - três coordenadas  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , determinando o centro da projecção externa da câmara, dois ângulos que definam a projecção das câmaras, e um ângulo que defina a projecção do feixe de raios vindos de um objecto no espaço

Para a determinação do número e disposição da(s) câmara(s) em relação ao objecto/corpo é necessário ter em conta:

- A determinação de variáveis cinemáticas e dinâmicas depende da reconstrução das coordenadas dos pontos marcados no corpo do sujeito, uma vez que a imagem obtida não reflecte a situação real do movimento

- A reconstrução das coordenadas dos pontos necessita do sincronismo da aquisição das imagens e deste sistema de referência para a calibração (no mínimo 6 pontos não coplanares) - (reconstrução 3D da imagem)

- Recuperação das coordenadas dos pontos das imagens colectadas: necessária a digitalização dos pontos, através de dispositivos que o fazem quadro a quadro ou que partem para um reconhecimento automático destas marcas (Amadio & Duarte, 1996)

Uma desvantagem de recorrer a este método está relacionada com o processo de digitalização das imagens, a qual é executada manualmente para cada *frame* nas análises quantitativas.

## DINAMOMETRIA

A Dinamometria engloba todos os tipos de medidas de força e distribuição da pressão, preocupando-se em entender como a força de interação entre o corpo e o meio é distribuída. Podemos interpretar as respostas de comportamentos dinâmicos do movimento humano.

Esta área assenta as suas bases nos seguintes pontos:

- A principal dificuldade de compreensão da natureza da força é a dosagem ou controlo da sua grandeza e função tempo, que exercem grande influência nos diferentes movimentos.
- A fase de apoio de qualquer movimento é um fenómeno complexo, que tem influência de variáveis dinâmicas, forças internas e externas (Amadio, 1989).
- A força resultante de qualquer movimento conta com a acção de forças de frenação, alongamento e impulso de aceleração.
- Segundo Djatschkow (1967; cit. por Amadio, 1989) a força muscular é responsável por colocar em equilíbrio o sistema, pois age contra a força de reacção do solo, a qual, por sua vez, age sobre o CG do sujeito.
- De acordo com Debrunner (1985; cit. por Amadio, 1989), é incontestável a importância biomecânica desta grandeza de medida (a força de reacção do solo).
- A partir dos fenómenos determinantes da sobrecarga do aparelho locomotor, podemos passar a interpretar as variáveis, dentro do domínio da biomecânica, que possam ser controladas com a natureza do movimento, principalmente os aspectos da estrutura externa da técnica de execução do movimento, que interferem, em última análise, na determinação e controlo da sobrecarga mecânica (Amadio, 1989).
- Segundo Stucke (1984; cit. por Amadio & Duarte, 1996), a força de reacção do solo como um dos parâmetros externos a destacar tem influência na quantificação da sobrecarga mecânica.

## **PLATAFORMA DE FORÇA:**

A Plataforma de Força é o instrumento básico mais usado em dinamometria. Mede a força de reacção do solo e o ponto de aplicação desta força. Mede-se a acção deformadora da força sobre os corpos através de um método directo, onde se determinam as forças externas, pré-requisitos necessários para o cálculo das forças internas (forças musculares, ligamentares e articulares) (Amadio & Duarte, 1996; Bartlett, 1997).

As forças obtidas podem ser utilizadas para avaliar padrões de movimento, e podem servir para o cálculo de momentos e forças angulares.

As plataformas fornecem dados relativos ao corpo como um todo, sem informações explícitas relativas às forças entre segmentos corporais. Daí que, regra geral, sejam utilizadas em associação com a recolha de imagens de vídeo ou outra técnica alternativa de análise do movimento (Bartlett, 1992; cit. por Bartlett, 1997). Isto permite fazer a ligação entre a cinemática e a cinética do movimento.

Uma limitação das plataformas de força é que não mostram a distribuição da força aplicada na superfície de contacto (Bartlett, 1997). Esta informação pode ser conseguida através de outros aparelhos específicos.

As medições válidas e fiáveis da plataforma de força dependem de sistemas de sensibilidade adequada, um limiar baixo de detecção de força, elevada linearidade, baixa histerese, baixa interferência e a eliminação de interferências por cabos e eléctricas, ou variações da humidade ou temperatura.

## **ANTROPOMETRIA**

A Antropometria é a área de estudo que envolve a medição do corpo e dos membros; preocupa-se em determinar características e propriedades do aparelho locomotor. Trata-se de um ramo da antropologia que estuda as medições físicas do corpo humano para determinar diferenças em indivíduos e grupos. Os dados que permite recolher,

relativos à massa de segmentos dos membros, localização dos centros de massa, comprimento dos segmentos corporais, centros de rotação, ângulos de tracção muscular, massa e área seccionada musculares, momentos de inércia, entre outros, tornam possível a evolução dos modelos biomecânicos. (Winter, 2005)

A dimensão corporal mais básica é o comprimento dos segmentos entre as articulações.

Para a realização de cálculos cinéticos e cinemáticos mais exactos, devem ser tiradas directamente as medidas antropométricas do sujeito que está a participar no estudo.

## **ELECTROMIOGRAFIA (EMG)**

O electromiograma é a representação do sinal eléctrico associado com a contracção muscular. Este sinal é influenciado pela velocidade de contracção ou alongamento das fibras musculares, pela taxa de aumento de tensão, pela fadiga e pela actividade reflexa.

A EMG é o sinal primário que descreve a entrada de energia no sistema muscular. Fornece informações relativas ao músculo ou músculos responsáveis por um momento muscular ou se está a decorrer alguma actividade antagonista. Permite também recolher informações relativas ao recrutamento de diferentes tipos de fibras musculares e ao estado de fadiga do músculo (Winter, 2005).

O principal objectivo do processamento do EMG básico é derivar uma relação entre estes registos e alguma medição da função muscular.

### **2.4.1 Estudo biomecânico dos saltos**

A aplicação da instrumentação biomecânica de análise do movimento, a fim de melhor entender aspectos relacionados ao uso do calçado e da música num movimento do

ballet clássico: o *sauté* em primeira posição. Este é um movimento de salto amplamente utilizado no treino de bailarinos. Foi submetido à análise da força de reacção do solo resultante da sua execução (em plataforma de força), bem como à análise do padrão de distribuição plantar em diferentes regiões do pé (sistema F-scan). (Picon, Lobo da Costa, Sacco, e Amadio, 2004)

Os estudos de Tani et al. (1988), Payne (1991) e Copetti (1996) (cit. por Fitt, 1996) afirmam que o saltar requer movimentos mais extensos e rigorosos, sem apoio, além de exigir mais do que força para impulsionar o corpo e grande capacidade para coordenar movimentos mais elevados, como o equilíbrio, o que o torna num dos movimentos mais complexos a ser executado pelo ser humano.

O projectil de um bailarino é o seu corpo, e a análise dos vectores de força é feita interna e automaticamente pelo próprio sujeito enquanto dança. Um bailarino que não tenha um entendimento cinestésico dos vectores de força numa recepção de um salto não poderá dançar durante muito tempo. Mais cedo ou mais tarde as quedas desamparadas irão terminar a sua carreira (Fitt, 1996).

À semelhança do que acontece na dança, os saltos podem ser encontrados em várias disciplinas desportivas, e as técnicas de execução dependem das especificidades dos diferentes eventos. No caso da ginástica rítmica desportiva (GRD), os saltos estão ligados ao uso de equipamento, enquanto na ginástica artística e na acrobática são mais executados como elementos de ligação ao longo dos esquemas. No entanto, em qualquer dos casos, cada salto tem de ter uma forma determinada nas regras e uma fase de voo longa torna possível a execução do salto com a forma desejada (Sousa & Eunice, 1997), tal como sucede nos saltos de Ballet.

Pesquisas da estrutura do *take-off* dos saltos são referidas como formas de identificar factores que contribuem para alcançar os maiores comprimentos e alturas nos saltos (Aura & Viitasalo, 1989; Dowling & Vamos, 1993; Janiak, Eliaz & Gajewski, 1997, cit. por Sousa & Eunice, 1997), mas poucos trabalhos tratam da fase de recepção e das cargas resultantes no sistema de movimento.

O estudo realizado por Sousa e Lebre (1997) teve como objectivo analisar os parâmetros cinemáticos fundamentais e a técnica utilizada na GRD para executar o *leap jump*, o *leap jump* com extensão do tronco e pé à cabeça, o salto de *corsa* com extensão do tronco e pé à cabeça e o *lateral removal jump*, e identificar o grau de importância dos parâmetros cinemáticos considerados, tendo em conta o nível de competição das ginastas estudadas. (Sousa & Eunice, 1997)

Os saltos estudados eram os mais básicos em GRD e os mais comuns nos esquemas de alto nível das ginastas de GRD. No caso específico desta modalidade, os saltos são o grupo de habilidades técnicas que as ginastas mais executam durante os seus esquemas (Lebre & Sousa, 1997). No entanto, a maioria dos treinadores de GRD tem dificuldade em analisar os erros mais comuns na sua execução. (Sousa & Eunice, 1997)

Os parâmetros observados foram os seguintes: duração do *take-off*, da fase de voo e tempo total do salto; distância horizontal; altura do centro de massa no *take-off*, no ponto mais alto e altura total dos saltos; velocidade linear do CM no *take-off*; ângulo do “*outlet*” no *take-off*; ângulo de maior remoção dos membros inferiores durante a fase de voo; ângulo tronco/coxa no ponto mais alto do salto; menor ângulo tronco/coxa alcançado durante a fase de voo. (Sousa & Eunice, 1997)

Os resultados deste estudo apontam para uma certa antecipação dos membros inferiores sobre o tronco, enfatizado pelo dobrar do eixo longitudinal da ginasta em relação ao plano horizontal do movimento. Esta antecipação é um elemento característico de todos os saltos, permitindo às ginastas atrasar a duração do *take-off* e obter a maior elevação do CM para executar confortavelmente diversas habilidades motoras durante a fase de voo. (Sousa & Eunice, 1997)

Quanto aos principais resultados dos parâmetros cinemáticos, estes mostraram que a estrutura cinemática dos saltos básicos em GRD pode ser descrita de acordo com os seguintes parâmetros: duração do *take-off*, duração da fase de voo, altura do CM no *take-off*, altura do CM no ponto mais alto, velocidade linear do CM no *take-off* (componentes vertical e horizontal), ângulo de saída no *take-off* e maior ângulo de

remoção dos MI durante a fase de voo. O ângulo de saída no *take-off* foi o parâmetro cinemático com maior influência na performance das ginastas durante a execução destes saltos. (Sousa & Eunice, 1997)

De acordo com Picon, Lobo da Costa, Sacco e Amadio (2004) e a revisão bibliográfica, ambos apontaram para a grande lacuna na pesquisa de sobrecargas resultantes do treino em dança, frente ao grande número de lesões já documentadas e à grande exigência física do treino de um bailarino clássico.

## 2.5 Da revisão da literatura à formulação dos objectivos

A descrição mecânica dos saltos de Ballet é de enorme importância para podermos inferir sobre as consequências da sua execução a médio e longo prazo. Dada a sua relativa escassez, é importante proceder à recolha de dados, ainda que de abrangência algo limitada.

Por outro lado, não está ainda claramente descrita a influência de movimentos antecessores na execução dos saltos com contra movimento.

Com base nestas duas ideias, seleccionámos os saltos ou as sequências de saltos mais elementares e executados com maior frequência, para que pudesse ser feita a análise das suas componentes biomecânicas e posterior comparação.

Os saltos executados pelas bailarinas que participaram neste estudo foram os seguintes:

- SJ – o *squat jump* foi executado com *turn out* dos membros inferiores, para uma maior aproximação aos restantes saltos.
- CMJ ou *sauté* – salto simples com contra movimento, executado com os pés em primeira posição e os membros inferiores em *turn out*.

- S2 ou *Temps levé* – este salto realiza-se de um apoio para esse mesmo apoio. Neste caso, a perna livre manteve-se estática (com o pé colocado atrás e à altura do tornozelo da perna de impulsão).
- S3 ou *Jeté Temps levé* – trata-se de um conjunto de dois saltos; o primeiro salto realiza-se de um apoio para o outro, e o segundo salto mantém o mesmo apoio.
- S4 ou *Assemble* – este é um salto com impulsão de um apoio e recepção nos dois apoios. Neste caso, foi executado com deslocação lateral, pelo que teve início fora da plataforma, para que a recepção fosse realizada sobre a mesma.
- S5 ou *Glissade Assemble* – trata-se de um conjunto de dois saltos; o primeiro é um elemento de ligação, que consiste num salto bastante baixo de um apoio para o outro, e o segundo salto (que continua a ter início fora da plataforma) realiza-se de um apoio para os dois. Entre os dois saltos, ocorre uma troca de apoios, para que o deslocamento possa prosseguir na mesma direcção.
- S6 – sequência de oito *Sautés*, uma vez que este é o salto mais básico e fundamental do Ballet, sendo o mais executado, principalmente nas classes de iniciação, normalmente em sequências de 4, 8 ou 16. Optámos pelos oito saltos por ser um valor intermédio, no qual pensamos ser possível avaliar as consequências da sua execução contínua sem grande interferência da fadiga.
- S7 – sequência de seis *Jetés Temps levés*. Também esta é uma sequência muito utilizada nas aulas no treino e execução de saltos com um apoio.
- S8 ou *Entrechat quatre* – trata-se de um salto semelhante ao *Sauté*, sendo executado de dois para dois apoios. No entanto, durante a fase aérea, ocorre um batimento de pernas, os MI trocam de posição e regressam à posição inicial antes da recepção. Esperamos, através da observação deste salto, ficar com uma ideia da possível influência da existência de movimentos na fase aérea na execução dos respectivos saltos.
- S9 – sequência de seis *Entrechats quatre*. A observação desta sequência tem o mesmo objectivo da sequência de *Sautés*: avaliar a execução contínua de saltos.



- S10 ou *Assemblé Entrechat quatre* – uma vez que o *Assemblé* é quase sempre seguido de outro salto, é importante determinar até que ponto pode influenciar a execução do mesmo.

### 3. Material e Métodos

O grupo de estudo consistiu em seis raparigas praticantes de Ballet, nenhuma delas a nível profissional. No entanto, todas realizam uma prática regular há alguns anos.

Após um período de aquecimento, cada uma realizou seis repetições de cada um dos dez saltos previamente definidos. Estes foram determinados quer pela sua relevância no treino da modalidade quer pelas limitações espaciais do laboratório e do próprio material utilizado.

#### 3.1 Descrição e caracterização do grupo de estudo

O grupo que participou neste estudo era composto por seis bailarinas do sexo feminino, com idades entre os 16 e os 25 anos, e com anos de prática de ballet clássico entre os 8 e os 16 anos.

Quatro das bailarinas frequentam, para além do ballet clássico, aulas de dança moderna, e duas delas bailarinas participam também em danças de salão.

No que toca a lesões, uma das bailarinas afirmou já ter sofrido várias entorses na articulação do tornozelo, tendo a última ocorrido há aproximadamente um ano, e outra sofreu uma lesão que envolveu coxa, virilha e anca, há cerca de cinco meses.

Bailarina	Idade	Massa Corporal (kg)	Anos de prática
1	17	52,269	13
2	16	59,515	8

3	17	56,117	11
4	16	48,321	12
5	24	65,187	16
6	25	54,085	8
<b>Média</b>	<b>19</b>	<b>55,916</b>	<b>11</b>
Desvio padrão	4	5,887	3

Tabela 1 – Dados relativos ao grupo de estudo

### 3.2 Metodologia utilizada na recolha de dados

Devido às contingências do espaço e às características do trabalho pretendido, foram seleccionados apenas saltos com deslocamento exclusivo no plano vertical ou com deslocamento lateral e vertical. Uma vez que apenas íamos estudar as componentes verticais dos saltos, foi determinado um único plano de filmagem. Apesar de termos utilizado duas máquinas distintas, essa opção teve por base as diferentes características de cada uma. Assim sendo, foram recolhidas imagens para um tratamento bidimensional (análise de movimentos apenas no plano vertical).

Antes de se iniciar a recolha de dados, foi dado tempo para que as bailarinas realizassem um aquecimento prévio e inspecionassem o local onde iriam executar os saltos, para prevenir lesões que daí pudessem advir. Durante este período foi-lhes dada a informação de quais os saltos que lhes seria pedido que realizassem. Cada bailarina realizou seis repetições de cada salto, tendo sido dado tempo para descansar e beber água sempre que pedisse.

Após o posicionamento das câmaras foi feita uma primeira captação de imagens, que consistiu na filmagem da escala bi-dimensinal que iria servir de referência na digitalização dos saltos. Foram colocados dois marcadores ao nível das articulações coxo-femorais das bailarinas, para que, na digitalização das imagens, se pudessem obter valores o mais próximo possível do deslocamento do CM.

As duas câmaras utilizadas na recolha das imagens dos saltos foram uma Casio Exilim Pro EX-F1 (300/s) e uma Sony DCR-HC42E (50Hz).

Para a avaliação das forças de reacção do solo, recorreremos à utilização duma plataforma de força. Assim, pudemos obter os valores relativos à fase de recepção dos saltos que eram iniciados fora da plataforma e os valores das forças de reacção antes e após a fase de voo, nos saltos que já eram iniciados sobre a plataforma.

A plataforma de força utilizada para a recolha dos dados foi uma Bertec 4060-15. Esta plataforma é composta por células com carga de não-linearidade e histerese inferiores a 1%. Este valor baixo de histerese é importante para que a relação entre a força e a voltagem quando é aplicada carga sobre a plataforma seja a mesma que quando a carga é retirada (Grimshaw, Lees, Fowler e Burden, 2006).

A sincronização entre a filmagem com a gravação dos dados recolhidos na plataforma foi feita através dum sinal luminoso (LED).

Como já foi referido, a desvantagem da utilização das filmagens encontra-se no acesso não imediato aos valores pretendidos. Assim sendo, recorreremos também à utilização dum acelerómetro, que permite a obtenção mais célere dos valores com que iremos depois trabalhar.

O aparelho em questão foi um Tri-Axial série TDS109, com um output de +/-50g (40mV/g), a 500Hz, que foi colocado sobre a coluna, ao nível da cintura. Optámos por esta localização, uma vez que o nosso objectivo era avaliar a aceleração do CM das bailarinas, e este era o ponto mais próximo onde a fixação do acelerómetro era possível.

### **3.3 Metodologia utilizada no tratamento de dados**

Após serem transferidas para um computador, demos início à digitalização das imagens gravadas. Primeiro foi feita a digitalização da escala, para que servisse de referência ao deslocamento dos marcadores aquando da digitalização dos saltos.

A digitalização das imagens foi feita com o programa APAS System - APAS2Excel MFC Application – versão 1.0.0.1.

Ao digitalizar a escala, o computador cria uma grelha onde cada pixel corresponde a uma determinada medida (neste caso, uma medida de comprimento). Posteriormente, ao serem digitalizados os pontos assinalados pelos marcadores, o computador vai fazer a correspondência entre quantos pixels se desloca cada ponto ao longo dos *frames* e o seu correspondente em centímetros.

Ao assinalar os dois pontos dos marcadores em cada *frame*, com o rato do computador, este traça automaticamente uma linha que une os dois pontos. Na situação adoptada neste estudo, esta linha irá encontrar-se ao nível da bacia, o que deverá consistir numa aproximação aceitável ao CM de cada bailarina.

Para além da marcação dos pontos referidos, ao iniciar a digitalização temos que seleccionar um ponto fixo qualquer, que será assumido pelo computador em todos os *frames*, e que servirá como ponto de referência ao deslocamento dos dois marcadores.

Após a digitalização das imagens de alguns saltos, os dados recolhidos foram comparados com os valores recolhidos pelo acelerómetro. Uma vez testada a viabilidade destes valores (a qual não estava definida antes do início deste estudo), o restante tratamento de dados cingiu-se exclusivamente aos valores obtidos pela plataforma e pelo acelerómetro, sendo abandonados os das filmagens, uma vez que, do seu tratamento, não iria advir nenhuma informação suplementar e o seu processamento seria uma tarefa muito mais extensa.

Quanto à plataforma de força, em teoria existe uma relação linear entre a força aplicada na plataforma e a voltagem apresentada (Grimshaw, Lees, Fowler e Burden, 2006). Assumindo esta linearidade, o gradiente desta relação é efectivamente o coeficiente de calibração, que é utilizado para converter os *Volts* em *Newtons*.

Para que a plataforma não vibre aquando da aplicação da força, o que iria afectar a magnitude da força detectada, é importante que a frequência natural da plataforma seja muito superior à do sinal que está a ser medido; de preferência deve rondar os 800Hz,

e neste caso os dados recolhidos foram amplificados e filtrados analogicamente a 100Hz.

Quanto à referida amplificação, esta refere-se aos valores de saída da voltagem e antecede a gravação dos dados. A sua importância prende-se com a tentativa de que sejam detectadas mesmo as mais pequenas alterações da força aplicada (Grimshaw, Lees, Fowler e Burden, 2006).

Os valores obtidos foram tratados recorrendo ao MATLAB 7.0. Este foi programado com uma frequência de corte de 50Hz e a fracção de corte utilizada para os saltos com imobilização prévia sobre a plataforma encontrava-se entre os 0.99 e os 0.97, sendo de 0.95 para os saltos que eram iniciados fora da plataforma.

Através da utilização deste programa são obtidos gráficos representativos dos valores encontrados.

De cada vez que um valor originado é derivado, o efeito de qualquer pequeno erro na sua aquisição é multiplicado (Grimshaw, Lees, Fowler e Burden, 2006). Para o cálculo da aceleração a partir da posição, os valores são derivados duas vezes, o que pode levar ao aumento de pequenos erros iniciais. Daí que, após confirmação de que os dados fornecidos pelo acelerómetro eram viáveis, este método seja mais “seguro” no que toca à contenção de erros.

Os acelerómetros mais usados em estudos na área do desporto têm um mecanismo capacitativo ou piezoeléctrico, fornecendo uma medição contínua e directa da aceleração do ponto no qual estão fixados.

Após a sua obtenção, todos os valores foram organizados em folhas de Excel, quer por salto quer por bailarina, para facilitar a organização do seu tratamento estatístico. Neste programa, foram calculadas as médias e respectivos desvios padrão. Primeiro, foram calculados os valores médios de todos os saltos para cada bailarina, e depois esses mesmos valores foram agrupados por salto.

Os valores recolhidos após o processamento dos dados no MatLab diziam respeito às seguintes componentes: a) intervalos de tempo de aplicação da força, em segundos – o primeiro intervalo inicia-se quando a bailarina começa a fazer força contra o solo até ao momento em que perde o contacto com o mesmo (fase de propulsão), e o segundo intervalo de tempo inicia-se quando a bailarina retoma o contacto com o solo e termina quando se volta a imobilizar no final do salto (fase de recepção); b) força exercida contra o solo (expressa em função do PC), tanto para “empurrar” o chão e realizar o salto como para abrandar e inverter o movimento na recepção do mesmo; c) impulso (expresso em PC/s), que representa a taxa de alteração da força aplicada em função do tempo; d) aceleração (expressa em função da força da gravidade -  $g$ ), tanto no sentido positivo durante a propulsão, como no sentido negativo durante a fase de recepção; e) duração da fase de voo, ou seja, intervalo de tempo durante o qual o sujeito perde o contacto com o solo (expresso em segundos); f) estimativa da altura máxima alcançada durante a fase de voo (expressa em centímetros), ou seja, determinação do deslocamento vertical do sujeito, calculado com base nos valores das componentes na altura em que “abandona” o solo e o tempo que demora a voltar a ter contacto com o mesmo.

Resumindo, os dados recolhidos eram relativos às seguintes componentes dos saltos:

T1	Intervalo de tempo que antecede a fase de voo
T2	Intervalo de tempo que precede a fase de voo
F1	Força aplicada durante a fase de repulsão do solo
F2	Força aplicada durante a fase de recepção
I1	Impulsão que antecede a fase de voo
I2	Impulsão que precede a fase de voo
ac1	Aceleração do CM na fase de repulsão do solo
ac2	Aceleração do CM na fase de recepção
h	Altura máxima estimada para a fase de voo
d	Duração da fase de voo

**Tabela 2 – Parâmetros estudados**

O tratamento estatístico dos dados foi realizado nos programas *Excel 2007* e *SPSS Statistics 17.0*. Como já foi referido, no Excel foram calculadas as médias e os desvios padrão para cada salto.

Em seguida, esses dados foram inseridos noutra programa – *SPSS Statistics* – para o cálculo da correlação entre diversos pares de saltos.

A determinação do emparelhamento dos saltos teve por base o facto de se tratar do mesmo salto, em sequências diferentes ou isolado, ou serem saltos com alguma semelhança relativa aos factores específicos da sua execução.

Par	Saltos	Factores de relacionamento
1	<i>SJ – CMJ</i>	Avaliar a influência do contra movimento na execução do salto que o sucede.
2	<i>CMJ – S6</i>	Avaliar as diferenças e semelhanças da execução dum salto isolado ou em sequência.
3	<i>CMJ – S4</i>	Comparação dos valores de um salto de dois para dois apoios com um salto de um para dois apoios.
4	<i>S2 – S3</i>	Avaliação da influência de um movimento antecessor na execução de um salto com um apoio.
5	<i>S2 – S7</i>	Comparação dos valores de um salto de um apoio isolado ou inserido numa sequência.
6	<i>S3 – S7</i>	Comparação de um conjunto de dois saltos com uma sequência de repetição desse mesmo conjunto.
7	<i>S4 – S5</i>	Avaliação da influência de um movimento antecessor num salto de um para dois apoios.
8	<i>S8 – S10</i>	Avaliação da influência de um movimento antecessor na execução do salto.
9	<i>S8 – S9</i>	Comparação dos valores de um salto isolado ou executado de forma sequenciada.
10	<i>S9 – S10</i>	Comparação dos valores de um salto quando executado em sequência ou apenas com um movimento antecessor.

**Tabela 3 – Factores de relacionamento entre os saltos**

Cada um destes pares teve os seus valores inseridos no programa. Uma vez que o objectivo era avaliar a possível influência dos elementos que antecedem ou enquadram estes saltos, a interpretação dos resultados obtidos teve como base os seguintes pontos: o nível de significância foi estabelecido em 5%, pelo que **p** era igual a 0.05. Ou seja, qualquer comparação de valores na qual a correlação dos saltos fosse inferior a 0.05 queria dizer que os saltos apresentavam diferenças significativas. Daí poderíamos inferir que a variável considerada em cada caso tem influência na prestação dos saltos. Por outro lado, se o valor da correlação for superior a 0.05 (sendo que o seu valor

máximo possível é 1) quer dizer que não se encontram diferenças significativas entre os saltos. Logo, podemos deduzir que a variável que os distingue não influencia de forma significativa a sua execução.

Nos saltos que incluem mais do que um elemento, a comparação foi feita entre o mesmo elemento (o último, em caso de sequências) em diferentes contextos, não tendo sido tidos em conta quaisquer valores relativos aos elementos que antecedem os saltos em questão.



## 4. Apresentação e Discussão dos Resultados

No quadro seguinte são apresentados os dados relativos às várias componentes avaliadas em cada salto.

		t1	t2	F1	F2	I1	I2	ac1	ac2	h	d
SJ	Média	0,132983	0,100917	2,616083	2,881217	0,232317	0,146850	1,524433	1,790283	15,44188	0,354200
	DP	0,0156606	0,0049374	0,2044142	0,4598226	0,0317475	0,0166708	0,2839188	0,6030363	1,680793	0,001926
CMJ	Média	0,157450	0,103717	2,695700	2,834083	0,300900	0,162617	1,508450	1,582683	18,01360	0,382667
	DP	0,0190150	0,0082800	0,2145739	0,3244998	0,0422668	0,0142688	0,3438319	0,4512427	2,068401	0,0224656
S2	Média	0,182333	0,132733	2,049133	2,522717	0,228717	0,151617	0,791183	1,466883	6,51352	0,22928
	DP	0,135597	0,0016078	0,1720508	0,2508458	0,0229670	0,0257584	0,1741434	0,3385920	1,102706	0,019213
S3	Média	0,206550	0,1266	2,432717	2,630400	0,212000	0,0972967	1,147033	1,498467	6,80988	0,22863
	DP	0,472780	0,00813	0,3462305	0,2492727	0,1105083	0,6409859	0,2429590	0,2611917	1,826896	0,037638
S4	Média		0,108938		2,742797		0,108938		1,769995		
	DP		0,0152978		0,3883694		0,0164964		0,5634204		
S5	Média		0,095500		2,877500		0,139000		1,808833		
	DP		0,0073959		0,4500421		0,0174700		0,6964124		
S6	Média	0,178967	0,093267	3,476400	3,120417	0,396883	0,124867	2,511750	2,424500	15,69902	0,356333
	DP	0,0208918	0,0066120	0,3756938	0,4491581	0,0622083	0,0096147	0,6186323	0,7522035	2,476595	0,0291464
S7	Média	0,207400	0,122250	2,662550	2,343167	0,337733	0,138967	1,561100	1,246250	6,40390	0,226267
	DP	0,0307054	0,0098246	0,0330511	0,2131414	0,0368776	0,0072965	0,2414592	0,3848376	1,122248	0,0203792
S8	Média	0,141167	0,100167	2,940000	3,061667	0,263667	0,154833	1,828833	1,915333	16,58883	0,367000
	DP	0,0092826	0,0044008	0,2629692	0,2623750	0,0159958	0,0068532	0,4126012	0,4047126	1,892239	0,0218906
S9	Média	0,165000	0,090667	3,583333	3,140333	0,359333	0,130000	2,575167	2,215833	16,58350	0,366000
	DP	0,0199299	0,0097297	0,5267583	0,3904995	0,0463968	0,0104307	0,4179758	0,5246604	2,850822	0,0337165
S10	Média	0,129167	0,093667	3,360833	3,063333	0,275833	0,147833	2,298333	2,015667	17,55917	0,376667
	DP	0,0098675	0,0074207	0,5342993	0,3562828	0,0438505	0,0100482	0,4575171	0,4777056	3,160403	0,0356913

Quadro 1 – Valores das médias e desvios padrão (DP) das componentes estudadas para cada salto: t1 – duração da fase de propulsão; t2 - duração da fase de recepção; F1 – força produzida durante a fase de propulsão; F2 - força produzida durante a fase de recepção; I1 – taxa de impulsão durante a fase de propulsão; I2 - taxa de impulsão durante a fase de recepção; ac1 – aceleração do CM durante a fase de propulsão; ac2 – aceleração do CM durante a fase de recepção; h – deslocamento vertical máximo alcançado na fase de voo; d – duração da fase de voo.

A vermelho estão assinalados os valores mais elevados de cada componente e a azul os mais baixos.

Como podemos observar, o S7 (sequência de 6 *jeté temps levé*) é o salto que apresenta mais componentes com o valor médio mais baixo. Isto pode dever-se ao facto de serem saltos efectuados apenas com um apoio, mas também ao facto de serem, no total, 12 saltos, o que pode ter provocado alguma fadiga. Outra possibilidade é que, devido ao trabalho de pés no solo do elemento de transição, é possível que a técnica de execução do salto acabe por ser condicionada e a energia desaproveitada.

Já os saltos que apresentaram mais componentes com os valores mais elevados foram o CMJ (*Sauté*) e o S9 (6 *Entrechat quatre*). Em relação ao CMJ, pensamos que é compreensível e vai ao encontro da maioria dos estudos realizados, principalmente no que respeita à duração e elevação da fase de voo, visto que se trata de um salto simples com contra movimento, sem nenhuma acção colateral. Quanto ao S9, pensamos que vem reforçar a possível justificação dos valores tão baixos do S7; embora o S9 também seja uma sequência de saltos, não inclui nenhum movimento ao nível do solo que possa alterar a rápida transição entre os saltos, o que potencia um maior aproveitamento da energia elástica.

Podemos também observar que ambos os saltos que incluem o *Jeté* têm um intervalo de tempo superior na fase de propulsão, o que, muito provavelmente, se justifica pela acção de deslizamento do pé no solo. Esta acção exige mais tempo de contacto com o solo, o que se traduz numa perda de energia que não chega a ser aproveitada para a ligação ao salto seguinte. Este factor pode ser atenuado com trabalho técnico, fazendo com que o movimento de deslize do pé no solo seja rápido e com continuidade para as acções ascendentes do salto.

No quadro seguinte são apresentados os dados relativos à correlação entre os pares de saltos cujas médias foram comparadas.

Par	Saltos	t1	t2	F1	F2	I1	I2	ac1	ac2	h	d
1	SJ – CMJ	0,028	0,173	0,345	0,753	0,028	0,046	0,917	0,463	0,028	0,028
2	CMJ – S6	0,173	0,028	0,028	0,116	0,046	0,028	0,046	0,028	0,028	0,028
3	CMJ – S4		0,917		0,753		0,249		0,249		
4	S2 – S3	0,173	0,249	0,046	0,345	0,917	0,116	0,028	0,753	0,600	0,917
5	S2 – S7	0,116	0,249	0,028	0,249	0,028	0,249	0,028	0,917	0,753	0,753
6	S3 – S7	0,173	0,463	0,116	0,345	0,345	0,462	0,075	0,249	0,345	0,345
7	S4 – S5		0,075		0,173		0,173		0,753		
8	S8 – S10	0,115	0,080	0,116	0,917	0,345	0,052	0,116	0,093	0,173	0,173
9	S8 – S9	0,116	0,046	0,046	0,600	0,028	0,028	0,046	0,075	0,917	0,917
10	S9 – S10	0,028	0,141	0,116	0,917	0,028	0,027	0,046	0,463	0,075	0,075

Quadro 2 – Valores de correlação entre os pares de saltos comparados

Os valores assinalados a amarelo são aqueles em que a correlação entre os dois saltos se encontra entre 0 e 0.05 e os valores sublinhados a azul são aqueles em que se encontra entre 0.051 e 0.099 (inclusive).

Tal como foi referido, o valor de  $p$  foi estabelecido em 0.05 (sendo o nível de significância de 5%).

#### 4.1 Análise e comparação dos saltos

No que respeita aos valores relativos a cada salto, verificámos o seguinte:

- CMJ (*sauté*) – apresenta os valores mais elevados para a impulsão após a fase de voo, bem como para a altura do salto e duração da mesma.
- S2 (*temps levé*) – apresenta o maior intervalo de tempo durante a recepção, e os valores mais baixos de força e de aceleração durante a fase de propulsão.

- S3 (*jeté temps leve*) – apresenta o maior intervalo de tempo na fase de propulsão, e os valores mais baixos no que respeita à impulsão, tanto antes como após a fase de voo.
- S6 (8 *sautés*) – apresenta o valor mais elevado para a impulsão na fase de propulsão e para a aceleração da fase de recepção, mas também o menor intervalo de tempo durante a recepção.
- S7 (6 *jeté temps levé*) – apresenta os menores valores no que respeita à força e à aceleração durante a fase de recepção, sendo também o salto em que a fase de voo teve menor duração e atingiu menor altura.
- S9 (6 *entrechat quatre*) – apresenta os maiores níveis de força antes e após a fase de voo, e também para a aceleração da fase de propulsão.
- S10 (*assemble - entrechat quatre*) – apresenta o menor intervalo de tempo antes da fase de voo.

Os restantes saltos, que não foram mencionados, apresentam valores intermédios, em relação aos acima referidos.

No que respeita a cada um dos parâmetros avaliados e à sua correlação entre os saltos comparados, podemos observar que o impulso na fase de propulsão é aquele em que mais vezes encontramos uma correlação inferior ao nível de significância. Logo a seguir temos a força e a aceleração na fase de propulsão e o impulso na fase de recepção, com uma correlação significativa em quatro das comparações. Podemos inferir que estas serão as componentes que mais influência têm na execução dos saltos.

Já no caso da força durante a fase de recepção dos saltos, a sua correlação não apresenta valores significativos para nenhum dos pares de saltos. Ou seja, independentemente da natureza do salto, da sua forma, duração e altura alcançadas, o corpo das bailarinas consegue controlar a chegada ao solo, normalizando a força aplicada.

Os dois parâmetros que parecem estar mais interligados são a altura alcançada durante a fase de voo e a duração da mesma. Os pares de saltos que apresentam valores significativos para estes parâmetros são os mesmos, casos em que os valores de correlação são iguais para a altura e para a duração. Tal como seria de esperar, ao alcançar uma maior altitude durante a fase de voo, o sujeito está fora do contacto do solo durante mais tempo.

Já a força da fase de propulsão parece estar mais relacionada com a aceleração nessa mesma fase. Mais uma vez, estes valores vão ao encontro das conclusões bibliográficas de que a aplicação de uma força mais elevada que se opõe à gravidade irá proporcionar um aumento mais acentuado da velocidade de deslocamento por unidade de tempo (aceleração).

Ao contrário do que poderíamos supor, não parece haver uma ligação entre os saltos em que a força de impulsão é maior e aqueles que atingem uma maior altura.

Relativamente ao SJ, os seus valores foram comparados com os do CMJ; tal como aconteceu nos estudos encontrados na revisão bibliográfica, a média das alturas alcançadas é bastante superior no CMJ (18,01cm) em relação ao SJ (15,4cm). O mesmo acontece com a maior parte dos restantes parâmetros, embora não apresentem diferenças tão acentuadas.

No que respeita à influência de movimentos que antecedem os saltos com contra movimento, e com base nas comparações entre os saltos, pudemos observar o seguinte:

- O CMJ e o S6 são aqueles que apresentam uma correlação significativa num maior número de parâmetros (dos quais se excluem apenas o intervalo de tempo na fase de propulsão e a força aplicada na fase de recepção). No entanto, os sujeitos não parecem ir ganhando mais altura à medida que vão saltando, ou seja, a altura atingida é superior no salto isolado, embora as forças aplicadas, o impulso antes da fase de voo e a aceleração sejam superiores na sequência de

saltos. Estes valores podem ser o reflexo de haver um maior aproveitamento da energia elástica nos saltos isolados.

- Relativamente aos saltos 2 e 3, estes apresentam valores de correlação significativos apenas em dois parâmetros: na força e na aceleração da fase de propulsão. Os valores obtidos nos dois saltos em questão são bastante semelhantes, sendo, no entanto, quase sempre superiores no S3. Ainda assim, os valores não nos indicam um aumento da utilização de energia elástica, resultante de um salto antecedente.
- Comparando os valores dos saltos 2 e 7, encontramos uma correlação significativa em três parâmetros, sendo estes a força, o impulso e a aceleração na fase de propulsão. No entanto, estes dados não se reflectem num aumento da altura de salto, a qual apresenta uma média inferior na sequência de saltos.
- Relativamente aos saltos 3 e 7, não apresentam nenhuma correlação significativa, sendo a aceleração na fase de propulsão o único parâmetro que parece mostrar alguma interferência. Ainda assim, a altura média alcançada no S3 é superior à do S7, bem como à do S2. Daqui podemos supor que a realização do *Jeté* facilita a impulsão para o salto que se segue, mas que esta possível transferência de energia vai desaparecendo à medida que a sequência se vai prolongando.
- Em relação aos saltos 8 e 10, não foram encontrados valores significativos de correlação, embora em três dos parâmetros fossem inferiores a 0.1. Ainda assim, a média das alturas é superior no S10 em quase 1cm, bem como os valores dos parâmetros da fase de propulsão são superiores. O mesmo não acontece com os parâmetros da fase de recepção, que são mais equiparados.
- Quanto aos saltos 8 e 9, obtivemos valores de correlação significativos em cinco parâmetros (**t2**, **F1**, **I1**, **I2** e **ac1**). No entanto, a altura alcançada e a duração da fase de voo são praticamente iguais. Assim, mais uma vez não encontramos nenhuma melhoria de resultados na execução dos saltos de forma sequenciada.
- Na comparação dos saltos 9 e 10, os valores de correlação significativos foram relativos ao **t1**, ao **I1** e ao **I2**. Tal como aconteceu na comparação com o salto 8, a altura média do salto 10 é superior em 1cm.

- ✦ Em relação aos saltos 4 e 5, e uma vez que estes foram iniciados fora da plataforma, não podemos calcular alguns dos parâmetros, como é visível na tabela2. No entanto, na análise dos valores obtidos e na comparação entre estes saltos não obtivemos nenhuma correlação significativa. Ainda assim, todos os valores são ligeiramente superiores para o S5, à exceção do intervalo de tempo.

## 5. Conclusão

Na maioria dos saltos que foram comparados, quanto às componentes observadas neste estudo, não obtivemos valores de correlação significativos, o que nos leva a concluir que a influência de movimentos e saltos que antecedem os saltos no Ballet não é tão linear como poderíamos esperar.

Regra geral, os saltos que foram antecidos de um único movimento mostraram um aumento da altura média alcançada, bem como de grande parte dos parâmetros da fase de propulsão.

Em relação aos saltos realizados em série, a média da altura foi mantida ou desceu ligeiramente, provavelmente devido à fadiga acumulada, ou à técnica de execução inapropriada utilizada por parte de algumas bailarinas. Em relação aos restantes parâmetros avaliados, não conseguimos detectar nenhum padrão de alteração.

Assim sendo, podemos concluir que foi observada uma influência positiva dos movimentos que dão “balanço” aos saltos que os sucedem. No entanto, seja por questões de fadiga ou outras, esta mais valia não parece estar presente nas sequências mais alargadas, onde as fases de recepção vão mostrando um “amortecimento” dos saltos, o que os mantém nivelados apesar do possível aumento da força, impulsão e aceleração da fase de propulsão.

Uma vez que o tratamento destes dados não foi, de forma alguma, exaustivo, e devido à existência dos vídeos, pensamos que seria interessante aprofundar este estudo e aumentar o número de sujeitos, tendo já em mente quais os saltos e as comparações mais fiáveis e mais rentáveis para o estudo em causa.

Todos os saltos realizados no Ballet são saltos com contra movimento. Inicialmente são trabalhados de forma sistemática e rotineira, mas vão evoluindo para composições mais complexas, com crescentes exigências técnicas. Trata-se de um campo por explorar, para podermos entender até que ponto as contingências técnicas e de



encadeamento moldam a mecânica a que os bailarinos recorrem para dar leveza a movimentos tão exigentes.

## 6. Bibliografia

Linthorne, N.P. (2001). Analysis of standing vertical jumps using a force platform. *American Journal of Physics*, 69(11), 1198-1204.

Linthorne, N.P. (2000). Optimum *Take-off* range in vertical jumping [Resumo]. *In Book of abstracts, 3<sup>rd</sup> Australasian Biomechanics Conference*. Griffith University, 31 Janeiro – 1 Fevereiro 2000, pp 49-50

Amadio, A.C. & Duarte, M. (Coord.) (1996). *Fundamentos biomecânicos para a análise do movimento humano*. São Paulo: Laboratório de Biomcânica, EEFUSP.

Ambrósio, J.A.C., Silva, M.P.T. e Bascones, J.M. (1998). Coordinate choices implications in the inverse Dynamics analysis of human gait. In Riehle, H.J. e Vieten, M.M. (Eds). *XVI International Symposium on Biomechanics in Sports*. Proceedings I, p. 320. Alemanha: Universidade de Konstanz.

Abreu, S. A. T. (1997). *Contributo para o estudo biomecânico da técnica de execução do salto de corsa com pé à cabeça*. Dissertação para a Licenciatura apresentada à Faculdade de Ciências e Educação Física da Universidade do Porto.

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

Bento, J.O. (2009). Prefácio. In Cattuzzo, M.T. & Tani, G. (Eds.). *Leituras em Biodinâmica e Comportamento Motor: Conceitos e Aplicações*. Brasil: Universidade de Pernambuco.

Bobbert, M.F., Mackay, M., Schinkelshoek, D., Huijing, P.A. e van Ingen Schenau, G.J. (1986). Biomechanical analysis of drop and countermovement jumps. *European Journal of Applied Physiology*, 54, 566-573.

Carvalho, C., Marques, A., e Carvalho, A. (1999). CAE longo versus CAE curto: quão aparentes são as semelhanças [Resumo]. In *Novos desafios, diferentes soluções*. 1<sup>o</sup> Congresso Internacional de Ciências do Desporto. Porto: FCDEF-UP.

Carvalho, R. Álvares (2002). *Análise Biomecânica do Take-offTake-off no Trampolim – Estudo realizado com quatro ginastas seniores masculinos da Seleção Portuguesa*. Porto: Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física da Universidade do Porto.

Christensen, K., Guttmann, A. e Pfister, G. (Eds) (2001). *International Encyclopedia of Women and Sports* (1 vol). Nova Iorque: Macmillan Reference USA.

Clarkson, P. M. (1988). Energy Production in Dance. In Clarkson, P. M. & Skrinar, M. (Eds) (1988). *Science of dance training*. Illinois: Human kinetics books.

Clarkson, P. M. & Skrinar, M. (Eds) (1988). *Science of dance training*. Illinois: Human kinetics books.

Clippinger-Robertson, K. (1988). Principles of dance training. In Clarkson, P. M. & Skrinar, M. (Eds) (1988). *Science of dance training*. Illinois: Human kinetics books.

Dietz, V. (1980). Contribution of spinal stretch reflexes to the activity of leg muscles in running. In Taylor, A. & Prochazka, A. (Eds) (1981). *Muscle receptors and movement*. Londres e Basingstone: Macmillan Publishers Ltd. Proceedings of a Symposium held at the Sherrington School of Physiology, St Thomas's Hospital Medical School, London, on July 8<sup>th</sup> and 9<sup>th</sup>, 1980, p.339-346.

Ferreira, M. T. (1999). Contributo para a análise cinemática da técnica de execução do salto gímnico Ejambé com troca – ET. Dissertação para a Licenciatura apresentada à Faculdade de Ciências e Educação Física da Universidade do Porto.

Fitt, S.S. (1996). *Dance Kinesiology* (2<sup>a</sup> ed). Nova Iorque: Schirmer Books.

Gavino, M. (1992). *Treinamento de força e sua especificidade na dança*. Memórias de licenciatura. Rio de Janeiro: Universidade do Estado Maior do Rio de Janeiro, Centro de Educação e Humanidade, Instituto de Educação Física e Desportos.

Gomes, I. F. (1997). *Contributo para o estudo biomecânico da técnica de execução do salto gímnico – gazela com pé à cabeça*. Dissertação para a Licenciatura apresentada à Faculdade de Ciências e Educação Física da Universidade do Porto.

Graziano, A. (2008). *Biomecânica: Fundamentos e Aplicações na Educação Física Escolar*. Porto: EDUCA, UP.

Grimshaw, P., Lees, A., Fowler, N. e Burden, A. (2006). *Sport & Exercise Biomechanics*. UK: Taylor & Francis Group.

Guest, A. H. (1983). *Your move – a new approach to the study of movement and dance*. Gordon and Breach - Science Publishers.

Henning, E.M. (1998). Measurement and evaluation of loads on the human body during sports activities. In Riehle, H.J. e Vieten, M.M. (Eds). *XVI International Symposium on Biomechanics in Sports*. Proceedings I, p. 399. Alemanha: Universidade de Konstanz.

Howse, J. & Hancock, S (1988). *Dance technique and injury prevention; theatre arts books*. Nova Iorque: Routledge

Johnson, S.W., Lynn, P.A., Miller, S. e Reed, G.A.L. (1980). Examination of stretch reflexes in biceps and triceps muscles of the human arm using pseudo-random stimulation. In Taylor, A. & Prochazka, A. (Eds) (1981). *Muscle receptors and movement*. Londres e Basingstone: Macmillan Publishers Ltd. Proceedings of a Symposium held at the Sherrington School of Physiology, St Thomas's Hospital Medical School, London, on July 8<sup>th</sup> and 9<sup>th</sup>, 1980, p.373-379.

Laban, R. (1971). *The Mastery of Movement*. Londres: Macdonald & Evans.

Lebre, E (1991). Utilização da dança clássica no treino em Ginástica Rítmica Desportiva. In Bento, J. & Marques, A. (Eds.). *Actas do II Congresso de Educação Física dos Países de Língua Portuguesa* (vol 2). Porto: FCDEF-UP.

Martins, I.M. de Lucena (1999). A dança nos desportos de composição artística [Resumo]. In *Novos desafios, diferentes soluções*. 1º Congresso Internacional de Ciências do Desporto. Porto: FCDEF-UP.

Massada, L. (1987). *Lesões de sobrecarga no desporto* (2ª ed.). Lisboa: Editorial Caminho, SA.

Melo, W. V. de Castro (2009). Controle motor e biomecânica: abordagem integrada no estudo do movimento. In Cattuzzo, M.T. & Tani, G. (Eds.). *Leituras em Biodinâmica e Comportamento Motor: Conceitos e Aplicações* (pp. 167-180). Brasil: Universidade de Pernambuco.

Meyers, M. (1988). What Dance Medicine and Science Mean to the Dancer. In Clarkson, P. M. & Skrinar, M. (Eds) (1988). *Science of dance training*. Illinois: Human kinetics books.

Mil-Homens, P. & Avela, J. (1991). Alterações no padrão de activação e pré-activação muscular, induzidas por diferentes cargas de alongamento, em exercícios de saltos em profundidade. In Bento, J. & Marques, A. (Eds.). *Actas do II Congresso de Educação Física dos Países de Língua Portuguesa* (vol 2). Porto: FCDEF-UP.

Newlove, J. & Dalby, J. (2004). *Laban for all*. Nova Iorque: Nick Hern Books – Routledge (Taylor and Francis Group)

Nigg, B. M. & Herzog, W. (Eds) (1994). *Biomechanics of the musculo-skeletal system*. Chichester: Wiley.

Pardal, C. E. M. (2004). *A força em ciclo de alongamento encurtamento – Estudo comparativo de dois processos de treino pliométricos - CAE longo VS. CAE curto*. Dissertação de Licenciatura apresentada à Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade do Porto.

Picon, A., Lobo da Costa, P, Sacco, I. e Amadio, A. (2004). Influência da sapatilha e do andamento musical em um movimento de salto do Ballet Clássico. In *Os desafios da renovação: 15 anos de congresso*.

Powers, S.K. & Howley, E.T. (Rev.) (2000). *Fisiologia do exercício*. São Paulo, Brasil: Editora Manole Ltda.

Proske, U. & Walmsley, B. (1980). Muscle stiffness and locomotion. In Taylor, A. & Prochazka, A. (Eds) (1981). *Muscle receptors and movement*. Londres e Basingstone: Macmillan Publishers Ltd. Proceedings of a Symposium held at the Sherrington School of Physiology, St Thomas's Hospital Medical School, London, on July 8<sup>th</sup> and 9<sup>th</sup>, 1980, p.365-372.

Ryman, R. (2002) *The Foundations of Classical Ballet Technique*. Londres: The royal academy of dancing (trading) ltd.

Santos, P. *Sebenta de fisiologia: músculo esquelético*. UP: FCDEF

Santos, P. V. Mil-Homens F. (1987). *Estudo das relações entre a altura ideal de queda do ressalto e a impulsão vertical absoluta e relativa*. Provas de aptidão pedagógica e capacidade científica. Universidade Técnica de Lisboa – I.S.E.F.

Simmons, Roger W. (2005). Neuromuscular responses of trained ballet dancers to postural perturbations. *International Journal of Neuroscience*, 115, 1193-1203. Taylor & Francis Group.

Sousa, F. M. (1994). *Contributo para o estudo biomecânico da técnica de execução do salto gímnico – Ejambée*. Dissertação para a Licenciatura apresentada à Faculdade de Ciências e Educação Física da Universidade do Porto.

Sousa, F. M. (2006). *Assesment of Biomechanical Internal Dynamics and Mechanical Loads Exerted in Lower Limb Durig Highly Demanding Human Movements*. Porto: Dissertação de Doutoramento apresentada à Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.

Thomas, J.R. & Nelson, J. K. (1985) *Introduction to research in health, physical education, recreation and dance*. Illinois: Human Kinetics Books.

Veloso, A., Pezarat-Correia, P., Santos, P. M. e Abrantes, M. C. S. J. (1998). Energia cinética dos segmentos corporais na execução de saltos em profundidade. In Marques, A., Prista, A. e Júnior, A. F (Eds). *Educação física: contexto e inovação*. Actas do V Congresso de Educação Física e Ciência do Desporto dos Países de Língua Portuguesa (vol II). Porto: FCDEF-UP.

van Soest, A.J.; Roebroek, M.E.; Bobbert, M.F.; Huijing, P.A.; van Ingen Schneau, G.J. (1985). A comparison of one-legged and two-legged countermovement jumps. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 17(6), 635-639.

Winter, D.A. (2005). *Biomechanics and motor control of human movement* (3<sup>a</sup> ed.). New Jersey: John Wiley & Sons Inc.

Zinkovsky, A.V., Sholukha, V.A. e Ivanov, A.A. (1998). Some principles of adequacy criteria formulation in human motion analysis. In Riehle, H.J. e Vieten, M.M. (Eds). *XVI International Symposium on Biomechanics in Sports*. Proceedings I, p. 391. Alemanha: Universidade de Konstanz.