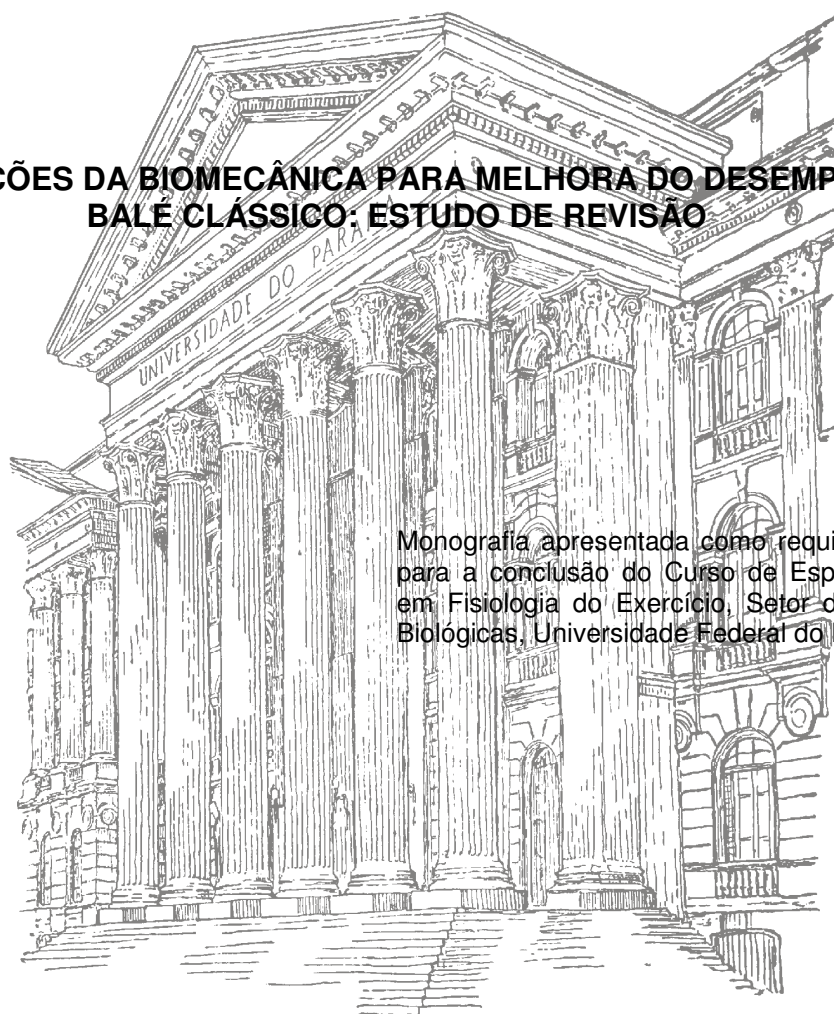


PAMELA GILL

**CONTRIBUIÇÕES DA BIOMECÂNICA PARA MELHORA DO DESEMPENHO EM
BALE CLASSICO: ESTUDO DE REVISÃO**



Monografia apresentada como requisito parcial para a conclusão do Curso de Especialização em Fisiologia do Exercício, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná.

**CURITIBA
2013**

PAMELA GILL

**CONTRIBUIÇÕES DA BIOMECÂNICA PARA MELHORA DO DESEMPENHO EM
BALÉ CLÁSSICO: ESTUDO DE REVISÃO**

Monografia apresentada como requisito parcial
para a conclusão do Curso de Curso de
Especialização em Fisiologia do Exercício,
Setor de Ciências Biológicas, Universidade
Federal do Paraná.

Orientador: MS. Heros Ribeiro Ferreira

**CURITIBA
2013**

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela oportunidade de minha existência, e por sempre me orientar e amparar em todos os momentos.

Agradeço a meus pais, Miguel e Tereza, que sempre confiaram em mim e apoiaram a minha profissão e meus estudos.

Agradeço à minha filha Mariana, razão da minha vida, por compreender minha ausência no lar, durante todas as minhas viagens a Curitiba .

Um agradecimento especial a Heros Ferreira, pela orientação neste trabalho, e por ser para mim, um grande exemplo como profissional e como pessoa.

Agradeço a todos os professores que contribuíram para minha formação, e também a todos que, direta ou indiretamente, contribuíam para que eu concluísse o Curso de Especialização em Fisiologia do Exercício.

RESUMO

Inúmeros estudos no campo da biomecânica sobre dança abordam a questão de prevenção de lesão ou críticas quanto ao uso da sapatilha de ponta. A necessidade de um desempenho superior na dança impulsionou professores a usar métodos mais sofisticados e eficazes para a preparação, programação de práticas e sessões de exercício e avaliação do bailarino. Técnicas avançadas de captura de movimentos, função e força muscular vêm sendo utilizados para fornecer informações úteis sobre as necessidades dos bailarinos que requerem atenção especial em relação à melhora da performance. Isso muitas vezes envolve aspectos da melhora da técnica de dança, que por sua vez, auxilia na prevenção de evitar lesões e possível interrupção da carreira. Este estudo de revisão de literatura foi limitado às evidências científicas ao aprimoramento técnico, correções de gestos específicos e descrição de movimentos, da modalidade de dança balé clássico. Para este estudo foi utilizado as bases de dados indexadas: Scientific Electronic Library Online (SCIELO) e National Library of Medicine (PUBMED e MEDLINE), optando pelas evidências científicas publicadas entre os anos 1994 e 2012, utilizando as seguintes palavras-chave em inglês "Ballet", "Biomechanic" e "Kinematics". Como resultado foi encontrado 57 estudos, sendo deles 21 artigos relacionados diretamente com o balé clássico. O balé clássico é uma dança acadêmica e seus movimentos é a base para outras modalidades de dança. Recomendamos mais estudos sobre a descrição destes movimentos específicos, possibilitando a determinação de um padrão de movimento, para que um treinamento seja mais eficaz para a melhora do desempenho do bailarino.

Palavras-chave: biomecânica, balé, cinemática.

ABSTRACT

Countless studies in the field of biomechanics about dance approach the issue from preventing injury or criticisms regarding the use of point shoe. The need for superior performance in dance spurred teachers to use more sophisticated and effective methods for the preparation, scheduling practices and exercise sessions and evaluation of the dancer. Advanced techniques of motion capture, function and muscle strength have been used to provide useful information about the needs of the dancers that require special attention in relation to improved performance. This often involves improving the technical aspects of dance, which in turn, helps prevent injuries and avoid possible career break. This study literature review was limited scientific evidence to technical improvement, corrections specific gestures and movements of description, the type of dancing classical ballet. For this study we used the indexed databases: Scientific Electronic Library Online (SciELO) and National Library of Medicine (PubMed and MEDLINE), opting for scientific evidence published between 1994 and 2012 using the following key words in English "Ballet "," Biomechanics "and" Kinematics ". As results we found 57 studies, 21 articles of them being related articles with classical ballet. The ballet is a dance academic and movements are the basis for other modalities of dance. We recommend further studies on the description of these specific movements, enabling the determination of a pattern of movement, so that training is more effective to improve the performance of the dancer.

Keywords: biomechanics, ballet, kinematics.

SUMÁRIO

| | |
|--------------------------------|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO..... | 06 |
| 2. DESENVOLVIMENTO..... | 08 |
| 3. METODOLOGIA..... | 19 |
| 4. CONCLUSÕES..... | 21 |
| 5. REFERÊNCIAS..... | 22 |

1 INTRODUÇÃO

A ciência vem se aproximando cada vez mais das modalidades esportivas em busca de responder lacunas ainda não explicadas. Pesquisadores como Koutedakis & Jamurtas (2004) e Imura & Yeadon (2010), estão em busca da aplicabilidade da metodologia científica para melhorar o desempenho do bailarino e evitar lesões decorrentes dessa prática.

Apesar da dança ser uma arte expressiva que utiliza o corpo, a atenção recebida da ciência é escassa. Isso acontece porque muitos estudiosos da dança e artes cênicas em geral temem que o uso da metodologia científica possa reduzir o valor estético e cultural da dança, com relutância ao uso de princípios usados em esporte. Essa busca do entrosamento da ciência e da arte é recente, devido a alguns pesquisadores reconhecerem a dança como movimento humano, transcendendo a visão da dança como simplesmente arte, como um campo promissor para áreas de pesquisas em qualquer campo da ciência (TWITCHETT et. al., 2009).

Dentre as ciências aplicadas no esporte, podemos destacar a biomecânica, que, segundo Hall (2005) é estudo dos sistemas biológicos de uma perspectiva mecânica, que é o ramo da física que envolve a análise das ações das forças, para estudar os aspectos anatômicos e funcionais dos organismos vivos.

Segundo Tani (1989 apud MANOEL 1996 p. 44 cit. CIARROCCHI et. al. 2010) a Biodinâmica do Movimento é uma das subáreas de pesquisa da educação física, onde o objetivo é estudar “os mecanismos que sustentam o movimento (bioquímica e fisiologia) bem como de organização motora em seus aspectos físicos internos e externos (biomecânica).”

Para Amadio e Serrão (2004 apud CIARROCCHI et. al. 2010 p.9), a Biomecânica “é uma disciplina que tem uma forte interação com diversas áreas que estudam movimentos não somente relacionados ao esporte, mas também atividades do cotidiano, do trabalho e reabilitação e prevenção.”

Segundo Baumler e Schneider (1989 apud CIARROCCHI et al. 2010 p.9) “conceitos, tais como: centro de gravidade e equilíbrio, atrito, mecânica de rotação; são elementos básicos da mecânica clássica integrantes da física.”

Dessa forma, esses conceitos podem ser observados na base dos movimentos de balé, sugerindo que essas ciências estão de fato associadas.

Segundo Lima (1995), o desempenho de um bailarino pode ser equiparado ao de um atleta, pois o balé é uma forma de arte construída por corpos condicionados e treinados a partir das características específicas da sua atividade. As exigências físicas impostas aos bailarinos por conta das aulas, ensaios e agenda de apresentações, fazem de sua fisiologia e aptidão tão importantes quanto o desenvolvimento da técnica (Lima 1995).

Koutedakis e Jamurtas (2004) sugerem uma investigação mais detalhada sobre o quanto o treinamento de dança promove de fato as adaptações fisiológicas.

Para Twitchett et. al. (2009), programas de *fitness*, complementares às aulas de dança tradicional, só foram recentemente considerados como parte do processo de formação do bailarino, e que apenas as aulas técnicas específicas e ensaios, não provocam estímulos significativos que resultem em um aumento dos níveis de aptidão aeróbia, apesar de que, para atender a carga de trabalho exigida, é necessária uma forte base aeróbia.

Dessa forma, é considerável analisar a dança a partir de áreas do conhecimento como fisiologia humana, biomecânica, comportamento motor, anatomia e da física.

É pertinente considerar a dança, em especial o balé clássico, como um campo promissor para as diversas áreas de estudo do movimento humano, como a biomecânica.

Dentre vários estudos no campo da biomecânica no balé, há muitos que abordam a questão de prevenção de lesão ou críticas quanto ao uso sapatilha de ponta. Este estudo foi limitado à revisão de artigos científicos relacionados ao aprimoramento técnico, correções de gestos específicos e descrição de movimentos, da modalidade de balé clássico.

2 DESENVOLVIMENTO

Segundo Laws (2002), os bailarinos clássicos aprendem novos movimentos de três formas: seguindo a orientação verbal do professor; observando outros dançando; e por tentativa de acerto e erro.

Em seu estudo, Laws (2002) diz que os bailarinos têm plena consciência de como a gravidade afeta seus movimentos, e que estes devem ser trabalhados fisicamente para criar um imaginário estético a ser expressado. Ele ainda ressalta que as mecânicas do movimento devem trabalhar em conjunto com a estética da coreografia.

Os bailarinos são forçados ao limite das suas capacidades físicas, mas se o treinamento for incorreto, resulta em algo fisicamente inalcançável.

Laws (2002) comenta que ao entender a conexão entre um giro rápido e o alinhamento do corpo próximo ao eixo axial, é possível compreender também como esse giro pode ser realizado efetivamente com êxito e que para conseguir eficiência e minimizar o potencial de vulnerabilidade para lesões, os bailarinos devem entender e respeitar a forma natural das coisas e trabalhar em conjunto com as leis da física.

Koutedakis (2008 apud CIARROCCHI et al. 2010 p.10) ressalta a aplicabilidade de estudos biomecânicos em tornozelos e suas funções na dança para potencializar seu uso no balé. Ressalta ainda que “[...] estes estudos são capazes de fornecer dados sobre as forças que atuam sobre o corpo todo e os efeitos que ele produz: uma diz respeito as contribuições sobre reavaliar movimentos clássicos com o intuito de criar novas formas de ensino, e diminuindo os riscos de lesões, e melhorar a técnica, outra de usar a tecnologia para aumentar a capacidade do professor a usar seu olho clínico de uma forma mais apurada.”

Trepman et. al. (1994) realizaram um estudo sobre análise eletromiográfica da postura em pé e *demi-plié* em bailarinas de balé e dança moderna. Eles comparam a atividade eletromiográfica dos músculos gastrocnêmio, tibial anterior, vasto lateral e médio, glúteo máximo, isquiotibiais e adutores, durante a fase inicial, média e final do movimento *demi plié*, nas duas categorias de dançarinas (balé e moderno). Os resultados apoiam a hipótese de que bailarinas de balé e de dança moderna têm padrões diferentes de uso

muscular na postura em pé e *demi plié*, que pode ser em parte, resultado de diferenças de genu recurvatum e *en dehors* (rotação externa do quadril) entre os dois grupos.

O mesmo grupo de pesquisadores publicou em 1998, um estudo sobre análise eletromiográfica das atividades musculares dos membros inferiores no movimento de *grand plié*, para comparar as funções dos músculos entre os movimentos de *demi plié* e *grand plié* na primeira posição do balé clássico, em cinco bailarinas clássicas e sete bailarinas de dança moderna. Eles concluíram que os dados obtidos apoiam o conceito de que a atividade muscular da extremidade inferior em movimento de dança é composta de três tipos principais: (a) atividade única, característica necessária para a execução do movimento; (b) atividade variada pela característica de bailarinos de dança diferente e (c) atividade variada que pode depender de fatores como equilíbrio, hábito pessoal, e fundo de treinamento individual. Além disso, a atividade eletromiográfica no vasto lateral e medial no meio do ciclo (fase média do movimento) do *grand plié* foi significativamente menor em bailarinos clássicos do que em bailarinos modernos, apesar do grau de flexão do joelho ser semelhantes, sugerindo que bailarinos clássicos podem ter força de reação articulação femoropatelar menor no meio do ciclo de dançarinos modernos.

Barnes, Krasnow, Tupling, e Thomas (2000 apud KRASNOW et. al. 2011 p. 7) investigaram a rotação longitudinal externa do joelho na execução de *grand plié* em segunda, terceira e quarta posição do balé clássico. Os sujeitos foram 10 bailarinas profissionais, que realizaram três *grand plié* e um *demi plié* em cada posição. Os dados foram coletados por duas câmeras de vídeo e um sistema de análise (Ariel Performance Analysis System), com múltiplos marcadores colocados em sete pequenos segmentos da perna. Os resultados demonstraram que os valores da rotação longitudinal externa foram maiores na parte inferior do movimento em todas as posições, e que na terceira e quarta posição resultou em um valor maior do que a segunda posição ao longo do movimento. Os pesquisadores sugeriram uma limitação excessiva na repetição de *grand plié*, especialmente na terceira e quarta posições.

Bronner, Brownstein, Worthen, e Ames (2000 apud KRASNOW 2011 p.10) compararam os níveis de bailarinos na execução do movimento *arabesque*. Os dados foram coletados por meio de sistema de análise de movimento 3D. Trinta

participantes foram divididos igualmente em três grupos com base na colocação de balé por um corpo docente de uma escola de dança internacional: profissionais (mínimo de 10 anos de formação), avançado e iniciante-intermediário (estudantes). Não foi dada informações sobre métodos ou análise. Os resultados sugeriram que, no plano frontal, o controle postural nas transições entre as fases de movimento variou grandemente de profissionais para estudantes. Segundo os pesquisadores, as estudantes de balé tiveram maior tendência em realizar o movimento com mais atenção à perna do gesto, do que em controle de tronco e boa execução.

A pesquisa de Picon et. al. (2000) teve o objetivo de estudar as forças de reação do solo e picos da pressão plantar durante os seguintes movimentos de dança clássica: *souté*, *grand jeté*, e *en pointé*. O *souté* é um salto vertical decolado e aterrissado com os dois pés. O *grand jeté* é um salto largo para fora de um dos pés, mantendo ambas as pernas estendidas no ar, no sentido ântero-posterior durante o vôo, com pouso no outro pé. *En pointé*, é quando a bailarina fica em cima da sapatilha de ponta. As forças de reação do solo foram medidas por uma plataforma de força (Kistler Instruments). As variáveis da força de reação do chão e da variação conjunta angular foram coletados e amostrados a 1000 Hz, por períodos de três segundos. A variação angular da articulação do joelho foi medida por um eletrogoniômetro planar (Elgon). As barras foram fixadas ao longo da coxa e da perna. Uma vez que a variação angular planar da articulação do joelho foi registrado, apenas movimentos de flexão-extensão foram analisados. O sujeito da pesquisa foi uma única bailarina de 23 anos, com 08 anos de prática, com massa de 54 kg e 1,67m de altura, sem histórico de lesões músculo-esqueléticas. Ela realizou três ensaios (T-1, T-2 e T-3) de cinco *soutés* consecutivos a partir da primeira e quinta posição de balé, e três ensaios de *grand jeté*. A palmilha F-Scan (Tekscan, Inc.) foi usada para coletar dados sobre pico de pressão na posição *en pointe*, com frequência de amostragem de 50 Hz em períodos oito segundos. O tapete F-Scan foi usado para coletar dados sobre o pico de pressão no movimento *souté* em primeira posição, com frequência de amostragem de 165 Hz, por períodos de 4,3 segundos.

Dependendo do movimento analisado, as pressões de pico foram avaliadas nas áreas plantares selecionadas: todos os dedos dos pés (em pé *en pointe*), hálux (*souté*); ante pé (cabeça dos metatarsos - *souté* e posição *en*

pointe) e calcanhar (*souté* e posição *en pointe*). Os resultados apontaram que, na posição *en pointe* não há muito aumento do pico de pressão plantar, a nível patológico, porém, na parte anterior no pé mostrou ser a área mais sobrecarregada durante esta posição.

No estudo de Picon et. al. (2002), foi investigado os movimentos do balé clássico com o objetivo de avaliar as sobrecargas de treinamento da dança clássica, através da metodologia de análise biomecânica. Contribuiu com investigação das forças de reações do solo utilizando plataforma de força nos movimentos de saltos (*sauté*) e primeira posição em *pointé* utilizando sapatilha de ponta. Suas considerações apontam uma preocupação com o uso da sapatilha de ponta e às posições de extrema sobrecarga e que a quantificação da sobrecarga é algo que necessita mais estudos.

Wilmerding et. al. (2001 apud KRASNOW 2011 p. 10), compararam a atividade muscular *developpé devant* da quinta posição na barra e no centro. Os dados eletromiográficos foram coletados no músculo vasto lateral e isquiotibiais da perna do gesto, e sobre o músculo abdutor do hálux e tibial anterior da perna de apoio. Participaram do estudo 18 bailarinas profissionais, que realizaram cinco ensaios em cada condição (barra e centro) em ordem aleatória. Os resultados indicaram que os músculos da perna do gesto apresentaram a maior variância entre as condições. A atividade muscular do abdutor do hálux e tibial anterior da perna de apoio foram significativamente maiores no centro do que na barra, o que sugere que a resposta postural para o equilíbrio pode não ser bem treinada na barra.

O objetivo do estudo de Sousa et. al. (2001) foi apresentar uma metodologia para avaliar o estudo dinâmico do membro inferior em diferentes saltos de balé elementares, utilizando um método de dinâmica inversa. Duas bailarinas com mais de dez anos de experiência realizaram três ensaios de três saltos diferentes, onde força, momento articular e potência mecânica foram registrados e analisados por um modelo bidimensional (Peak 5 System, análise 2d) e os dados das forças de reação foram gravados por uma plataforma de força. Os resultados mostraram que a metodologia parece apropriado para a análise biomecânica dos saltos de balé, e permitem diferenciar técnicas.

Em outro estudo, Sousa et. al. (2002), analisou-se a atividade eletromiográfica de superfície (EMG), força de reação e comportamento muscular

(concêntrica, isométrica ou excêntrica) do membro inferior durante elementares saltos de balé: *souté* na primeira posição, *souté* na quinta posição, *souté en cou de pie*. Três tentativas para cada teste foi realizados por uma bailarina experiente. Os resultados apontaram a existência de um efeito de pré-ativação antes de aterrissar em quase todos os casos. Eles também demonstraram a correlação negativa de EMG do agonista-antagonista, tibial anterior e gastrocnêmio medial; e uma correlação positiva da atividade EMG dos adutores e reto femoral, entre gastrocnêmio medial e sóleo, e entre reto femoral e força de reação vertical do solo. No entanto, a maioria dos parâmetros medidos mostra uma grande sensibilidade para execução técnica, tornando-se impossível generalizar estes achados.

Massó, Germán, Rey, Costa, Romero, e Guitart (2004 apud KRASNOW et. al. 2011 p.8) realizaram um estudo sobre a atividade muscular durante o movimento *relevé*, comparando posições paralelas e externamente rodadas (com rotação externa de quadril). Os dados foram coletados por quatro câmeras e sistema de análise (Elite Motion Analyzer) e eletromiografia de superfície nos músculos: fibular longo, sóleo, gastrocnêmio lateral, gastrocnêmio medial, e abductor do hálux. Os participantes foram 18 bailarinas profissionais que realizaram: *relevé* em paralelo (sexta posição), *relevé* na primeira posição e *relevé* na primeira posição sem controle muscular ativo e com pronação do pé. Os resultados indicaram que o ângulo de flexão plantar foi estatisticamente maior na sexta posição do que no primeiro; gastrocnêmio medial foi mais ativo no *relevé* na primeira posição, mas os abductor do hálux foi mais ativo na sexta posição; com pronação do pé, os músculos fibular longo e gastrocnêmio foram mais ativos.

Thomas et. al. (2004) realizaram um estudo com o objetivo de quantificar as forças de reação do solo, momento de forças e momento de potência durante a aterrissagem do salto *grand jeté* do balé clássico. Dois bailarinos experientes foram marcados com 12 marcadores reflexivos em locais específicos (orelha, tubérculo maior, epicôndilo medial direito e esquerdo, processo estilóide ulnar direito e esquerdo, trocânter maior, ápice da cabeça da fíbula, maléolo lateral, calcanhar, cabeça do primeiro metatarso e primeira falange distal). Os sujeitos foram filmados (60 Hz) durante a execução de cinco *grand jeté* com aterrissagem em uma plataforma de força (Kistler). O software BioWare coletou os dados da

plataforma de força a 240 hertz. Os softwares APAS e Biomech foram utilizados para digitalizar e calcular a cinemática segmentar e articular além de realizar a análise dinâmica inversa e o cálculo de momento de potência. Os dados experimentais mostraram o centro de gravidade claramente percorrendo um caminho parabólico. Os bailarinos estenderam uma perna para frente e outra para trás, o que resultou em posições em que as duas pernas eram perpendiculares ao tronco. O braço do lado oposto da perna dianteira estendida para frente atingiu um ângulo que era horizontal em relação ao plano da superfície de salto. Por outro lado, o braço do mesmo lado da perna estendida para trás conduziu e alcançou uma orientação paralela semelhante ao braço oposto. Esta posição totalmente estendida foi conseguida na altura de pico da fase aérea. Os dados experimentais não revelaram uma fase linear significativa para a cabeça e ombros durante o período de vôo do *grand jeté*. Isto sugere que os membros não realizam movimentos de grande porte para alterar significativamente os caminhos da cabeça e tronco de uma trajetória parabólica.

A maioria dos movimentos envolvidos na extensão dos braços e as pernas em direções opostas ocorreram pouco antes do período de vôo e foram concluídas (extensão máxima para membros; paralelo à superfície saltar) no ponto mais alto da parabólica trajetória. A análise do momento de potência revelou que o maior trabalho negativo foi feito pelos extensores do joelho, seguidos pelos flexores plantar e os flexores do quadril. O momento de maior força foi encontrado em flexores do quadril, seguido por extensores do joelho, e depois os flexores plantar. Os pesquisadores concluem que é recomendável um treinamento excêntrico aos músculos extensores do joelho e tornozelo, e treinamento excêntrico e concêntrico para os músculos flexores do quadril.

Lin, Su, e Wu (2005 apud KRASNOW et. al. 2011 p. 8) compararam o lado dominante e não-dominante durante a execução do *relevé en pointe* (subir nas pontas através da flexão de joelhos). Os dados foram coletados por cinco câmeras e analisado por sistema de análise de movimento (Hires), com 19 marcadores reflexivos, e duas plataformas de força. Os participantes (13 bailarinas com mais de 5 anos de treinamento) realizaram três ensaios estáticos (os pés apenas viraram para a primeira posição) e cinco ensaios de “subir na ponta”. Três ensaios de movimento foram utilizados para a análise, que consistiu de teste-t. Os resultados sugerem que as bailarinas tinham uma faixa semelhante

de padrões de movimento e excursão durante o movimento, mas diferentes esforços nos momentos iniciais sobre os dois lados e significativamente diferentes nos momentos de pico. Os pesquisadores afirmaram que as bailarinas eram mais hábeis em controle do tornozelo no lado dominante, e sugeriram que o lado dominante fosse o principal controle de equilíbrio durante todo o movimento.

No estudo de Fração e Vaz (2005), foram comparadas as razões de torque e de ativação de grupos musculares de flexão plantar e flexão dorsal do tornozelo de bailarinas clássicas e atletas de voleibol. A amostra foi constituída de 20 sujeitos do sexo feminino (09 bailarinas clássicas e 11 atletas de voleibol). Um dinamômetro isocinético do tipo Cybex, modelo Norm (Lumex Inc) foi utilizado para a obtenção de dados referentes ao torque produzido em contrações voluntárias máximas isocinéticas concêntricas nas velocidades angulares de 60%/s, 120%/s, 180%/s, 240%/s, 300%/s, 360%/s e 420%/s. A ativação elétrica dos músculos gastrocnêmio medial, sóleo e tibial anterior direito de cada indivíduo foi obtida através de um sistema de eletromiografia de oito canais (Bortec Electronics Inc.) e eletrodos de eletromiografia de superfície (Ag-AgCl, Meditrace) em configuração bipolar. Os valores “root mean square” (RMS) foram utilizados para medir a magnitude (amplitude e densidade) dos sinais. Verificou-se que, apesar de ter ocorrido um aumento das razões de torque com o aumento da velocidade angular de movimento nos dois grupos, o comportamento das razões de torque foi diferente entre os grupos. As bailarinas clássicas apresentaram maiores valores de razão de torque do que as atletas de voleibol à medida que aumentou a velocidade angular de movimento. No entanto, houve uma maior razão de ativação em todas as velocidades estudadas para as atletas de voleibol quando comparada à razão de ativação das bailarinas clássicas. Os pesquisadores concluem que esses dados sugerem que existe uma adaptação diferente na musculatura em torno do tornozelo de bailarinas clássicas e atletas de voleibol, que poderia ser explicado por um aumento do número de sarcômeros em série na musculatura flexora dorsal do tornozelo das bailarinas (devido à elevada amplitude de movimento de flexão plantar), que levaria a um aumento na capacidade de produção de força desse grupo muscular nas velocidades mais elevadas.

Wieczorek, Casebolt, Lambert, e Kwon (2007 apud KRASNOW 2011 p. 9) investigaram a mecânica do joelho durante a execução do *degagé à la seconde*

(colocar a ponta pé afastada lateralmente) na barra e no centro. Os dados foram coletados de uma bailarina profissional, por sistema de análise de movimento 3D com 30 marcadores reflexivos e duas plataformas de força, com cada pé posicionado em uma placa de força diferente. A participante realizou dois testes de um *degagé à la seconde* em cada condição, com e sem o uso de barra. Os resultados indicaram que estratégias diferentes foram utilizadas na realização do movimento com e sem barra. Os pesquisadores sugerem que é a co-contracção dos isquiotibiais no joelho de apoio sem a barra que não está presente quando a barra é utilizada e que a quantidade de torque no joelho de apoio foi menor na execução do movimento sem a barra de apoio.

Imura, Lino e Kojima (2008) investigaram a biomecânica da continuidade e mudança rápida da pirueta *fouetté*, que é um giro no balé clássico executado em uma perna, sendo o único em termos de continuidade e mudança na velocidade rotação do torso durante uma rotação da pirueta. Esses giros foram executados por sete bailarinas experientes, no sentido horário, sobre uma plataforma de força e registrado por três câmeras de cinema de alta velocidade. Em uma análise de movimento 3D do giro (pirueta), os pesquisadores verificaram que as bailarinas controlaram a velocidade de rotação pela oscilação da perna livre lateralmente (perna de gesto) através do esforço de torque na articulação do quadril da perna no sentido horário e em direções sentido anti-horário, e que forneceu um impulso angular principalmente para a perna gesto durante o balanço da flexão da perna de sustentação (apoio) com apoio plantar na plataforma. Esta fonte de dinamismo permitiu as bailarinas continuassem a pirueta, compensando a perda da quantidade de movimento do corpo provocando uma rápida fase de rotação quando elas estavam na ponta dos pés tocando o pé da perna gesto sobre o joelho da perna de apoio.

Outros estudos (Imura & Yeadon, 2010) demonstram uma possível evolução no histórico de tempo de um torque binário entre a perna de suporte e a parte restante do corpo (que vai permitir desempenhos continuados da pirueta *fouetté*, do balé clássico), simulações foram realizadas utilizando um modelo que é composto da perna de suporte e a parte restante do corpo para obter perfis de torque que sustentam a velocidade angular inicial, de modo que o estado depois de uma rotação é o mesmo que o estado inicial. Os perfis de torque foram determinados por vários tempos de rotação e coeficientes de atrito entre o pé e

no chão. À medida que o tempo de uma volta se tornou mais curto, o espaço de solução tornou-se menor e durante o tempo da volta, havia um limite inferior para o coeficiente de fricção. As piruetas podem ser realizadas em diferentes pisos com diferentes atritos, que podem modificar o perfil binário de torque. Quando uma volta é completada com uma variação líquida em velocidade angular, esta pode ser compensada no próximo turno, ajustando o perfil de torque de torção.

Em outra pesquisa, os mesmos autores (Imura & Yeadon, 2010) investigaram a hipótese de a intensidade ser maior na perna de sustentação do que na perna de gesto. Os torques de ambas as pernas foram determinadas nas piruetas realizadas por sete bailarinas clássicas experientes, utilizando dinâmica inversa com três câmeras de alta velocidade e uma plataforma de força. O torque do abdutor do quadril, extensores do joelho e torques de flexão plantar da perna de sustentação foram estimados para ser exercida até seus níveis máximos e picos dos torques binários maiores do que os picos dos torques binários da perna gesto. Assim, a hipótese foi parcialmente sustentada, sendo assim, o treinamento da perna de sustentação (apoio), em vez da perna do gesto, ajudaria mais os bailarinos na continuidade de execução das piruetas *fuetté*.

León et. al. (2011) compararam a volumetria e composição percentual muscular dos segmentos corporais dos bailarinos de elite do balé, com relação à dança moderna e folclórica. Realizaram um estudo antropométrico dos melhores bailarinos cubanos das companhias Balé Nacional de Cuba (BCN), Dança Nacional (DN) e Conjunto Folclórico Nacional (CFN), com idades entre 18 e 40 anos. Neste estudo foi aplicado um protocolo antropométrico de 10 medições. Utilizaram-se as equações do modelo geométrico de cálculo das áreas transversais totais e musculares dos segmentos apendiculares para estimar a volumetria e composição muscular. Foi concluído que: a expressão quantitativa das áreas totais por segmentos – em suas múltiplas relações de similitude e diferença – ratificaram os enunciados empíricos que referem um critério diferencial de beleza cênica corporal para os bailarinos de ambos os sexos do BNC, em relação aos de DN e CFN. Os dados demonstraram que a linearidade morfológica de um bailarino de elite é independente da expressão de uma potencialidade menor – exceto para a dançarina do CFN – de eficiência do movimento técnico transitivo.

O objetivo do estudo de M. Kalichová (2011) foi analisar os parâmetros mais importantes que determinam a qualidade da estrutura de movimento do salto *grand jeté* do balé clássico. A pesquisa foi realizada em um grupo de 08 alunos do Conservatório de Dança de Brno, República Tcheca. A altura, o peso e a idade média do grupo investigado foram 167,4 cm, 56,5 kg e 16-18 anos, respectivamente, com tempo de prática de seis a sete anos. Através da ferramenta Simi Motion, foi realizada uma análise cinemática do 3D do salto.

Com base na comparação dos dados mensurados da estrutura de qualidade do *grand jeté*, definiu-se os valores ideais dos parâmetros relevantes que determina a qualidade do desempenho. A velocidade de decolagem deve atingir cerca de 2,4 m/s(-1), em um ângulo ideal de 28-30 °. A perna de decolagem deve balançar para trás no início da fase de vôo com a velocidade mínima de 3,3 m, s(-1). Se as habilidades motoras dos bailarinos atingirem o nível necessário para um ótimo desempenho de um salto de dança clássica, há espaço para certa variabilidade da estrutura do salto de dança. Segundo o autor, todos os resultados obtidos apontam para o fato de que a realização dos saltos possui soluções biomecânicas individuais.

A pesquisa de Krasnow et. al. (2012) analisou a utilização de músculos do tronco e das extremidades inferiores durante a realização do *grand battement devant* em três condições: na barra (apoiado na condição estacionária em primeira posição), no centro (não suportado na condição estacionária em primeira posição), e no ar (com deslocamento pelo espaço). Quarenta bailarinos (idade $30,0 \pm 13,0$ anos, altura $1,63 \pm 0,06$ m, peso de $59,0 \pm 7,4$ kg e $13,9 \pm 13,3$ anos de formação em balé e/ ou dança moderna) foram separados por nível de habilidade em três grupos: iniciante (n = 12), intermediário (n = 14), e avançado (n = 14). Os bailarinos executaram cinco *grand battement devant* em cada uma das três condições em ordem randomizada. Foi examinado a ativação muscular bilateralmente em oito músculos (abdômen, abdutor do hálux, eretores da espinha, gastrocnêmio, glúteo máximo, isquiotibiais, quadríceps e tibial anterior), utilizando eletromiografia de superfície, um sistema de vídeo tridimensional de rastreamento biomecânico para identificar eventos e plataforma de força. Todos os dados foram analisados em quatro momentos da realização do movimento: estacionário (antes de iniciar o movimento), inicial, pico e final. A análise foi feita usando uma regressão linear de efeitos mistos com a condição, evento, músculo,

nível, lado; e os efeitos fixos, e sujeitos ao efeito aleatório. Pelos resultados, concluiu-se que houve efeito significativo para o músculo x evento x condição ($P < 0,01$) e para o nível x lado x músculo ($p < 0,01$). O músculo utilizado variou de acordo com a combinação de evento e condição que foi executado, e foram essas diferenças também foram influenciadas pelo nível de formação do bailarino e do lado do corpo utilizado. Com isso, recomenda-se que os professores de dança considerem a importância de alocar tempo suficiente para cada uma das três condições (barra, centro, e no ar) para garantir o desenvolvimento de uma variedade de estratégias motoras de níveis de ativação muscular para a prática da dança.

3 METODOLOGIA

Este trabalho de revisão de literatura foi limitado a estudos referentes ao aprimoramento técnico, correções de gestos específicos e descrição de movimentos, da modalidade de dança balé clássicos. Foi feito levantamento bibliográfico em artigos e revistas científicas, nas bases de dados indexadas: Scientific Eletronic Library Online (SCIELO) e National Library of Medicine (PUBMED e MEDLINE), optando pelas evidências publicadas entre 1994 e 2012, utilizando as palavras-chave “Ballet”, “Biomechanics” e “Kinematics”. Nesses critérios foram encontrados 57 estudos, sendo deles relevantes 21 artigos relacionados diretamente com o balé clássico, classificados: (15) estudos experimentais, (3) estudos teóricos e (3) estudos bibliográficos.

Os movimentos específicos do balé clássico analisados nos estudos apresentados foram: *arabesque, en pointé, degagé à la seconde, demi plié, développé devant, fouetté tour, grand battement devant, grand jeté, grand plié, souté em primeira posição, souté em quinta posição, souté en cou de pied, relevé*.

Dentre os estudos apresentados: 75% (15) realizaram o estudo com sujeitos do sexo feminino; 5% (1) realizaram o estudo com sujeitos do sexo masculino; 20% (4) realizaram o estudo com sujeitos de ambos os sexos. Sobre os níveis de habilidades técnicas dos sujeitos: 55% (11) avaliaram bailarinos profissionais; 10% (2) avaliaram bailarinos avançados; 25% (5) avaliaram bailarinos de nível intermediário e 10% (2) avaliaram bailarinos de vários níveis no mesmo estudo. Sobre os métodos e ferramentas utilizados para coletar e analisar os dados: 5% (1) utilizaram apenas protocolo antropométrico; 5% (1) utilizaram dinamometria e eletromiografia de superfície; 10% (2) utilizaram plataforma de força, eletrogoniômetro e sensores especiais; 20% (4) utilizaram apenas a eletromiografia de superfície; 5% (1) utilizaram sistema bidimensional de análise cinemática e plataforma de força; 20% (4) utilizaram apenas sistema tridimensional de análise cinemática; 5% (1) utilizaram sistema tridimensional de análise cinemática e eletromiografia de superfície; 25% (5) utilizaram sistema tridimensional de análise cinemática e plataforma de força e 5% (1) utilizaram

sistema tridimensional de análise cinemática, plataforma de força e eletromiografia de superfície.

4 CONCLUSÕES

Concluimos que, com base nas análises biomecânicas é possível identificar uma melhora da habilidade dos bailarinos e permite detectar falhas na técnica que poderiam ocasionar lesões, auxilia também na identificação da função muscular, o que pode ajudar a detectar situações de *overtraining*, como diminuição da força, dificuldade de coordenação motora e queda de rendimento.

A dança ainda deve ser explorada pela questão fisiológica dos bailarinos, pois envolve diretamente o treinamento e capacidades do indivíduo, contribuindo não só para o bem estar, mas como também para o desempenho atlético ao quais os bailarinos são submetidos pela sua prática de dança.

A necessidade de um desempenho superior em dança impulsionou professores e coreógrafos de usar métodos cada vez mais sofisticados e eficazes para a preparação do bailarino. Dentro da biomecânica, técnicas avançadas de captura de movimentos, função muscular e força muscular estão sendo usados para fornecer informações úteis sobre as necessidades dos bailarinos que requerem atenção especial. Isso muitas vezes envolve aspectos da melhora da técnica de dança, que por sua vez, ajuda os bailarinos a evitar lesões e possível interrupção da carreira na dança. A biomecânica também pode ajudar os professores na programação das práticas e sessões de exercício.

A dança em geral deve ser estudada pela fisiologia, neurociência e biomecânica entre outras ciências, de forma a contribuir para o desempenho físico e prevenção de lesões, assim como sugerir novas formas de se ensinar a dança.

O balé clássico é uma dança acadêmica e seus movimentos é a base para outras modalidades de dança. Recomendamos que mais estudos sobre a descrição destes movimentos específicos do balé, possibilitando a determinação de um padrão de movimento, para que um treinamento seja mais eficaz para a melhora do desempenho do bailarino.

REFERÊNCIAS

- CIARROCHI, D. M.; RODRIGUES, G. M.; LAGO, O. C. Dança: contribuições epistemológicas da biodinâmica e neurociência. **Pulsar**, São Paulo, v. 2, p. 39-63, 2010.
- FRAÇÃO, V. B.; VAZ, M., A. Comparação das razões de torque e ativação de bailarinas clássicas e atletas de voleibol. **XI Congresso Brasileiro de Biomecânica**, João Pessoa, v. 11, 2005.
- HALL, S. J. **Biomecânica Básica**. 4ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2005.
- IMURA, A.; LINO, Y.; KOJIMA, T. Biomechanics of the continuity and speed change during one revolution of the Fouette turn. **Human Movement Science**, Netherlands, v. 27, p. 903-913, 2008.
- IMURA, A.; YEADON, M. R. Mechanics of the Fouetté turn. **Human Movement Science**, Netherlands, v. 29, p. 947-55, 2010.
- IMURA, A.; YEADON, M. R. Kinematic and kinetic analysis of the fouetté turn in classical ballet. **Journal of Applied Biomechanics**, United States, v.26, p.484-492, 2010.
- KALICHOVÁ, M. Biomechanical Analysis of the Basic Classical Dance Jump – The Grand Jeté. **World Academy of Science Engineering and Technology**, v. 59, p. 422-426, 2011.
- KOUTEDAKIS, Y.; JAMURTAS, A. The dancers as a performing athlete: physiological considerations. **Sports Medicine**, Auckland, v.34, p.61-651, 2004.
- KOUTEDAKIS, Y.; OWOLABI, E. O.; APOSTOLOS, M. Dance Biomechanics: a tool for controlling health, fitness, and training. **Journal of Dance Medicine & Science**, United States, v. 12, p. 83-90, 2008.
- KRASNOW, D.; WILMERDING, V.; STECYK, S.; WYON, M.; KOUTEDAKIS, Y. Biomechanical research in dance: a literature review. **Medical Problems of Performing Artists Journal**, United States, v. 25, p. 3-23, 2011.
- KRASNOW, D.; AMBEGAONKAR, J. P.; WILMERDING, M. V.; STECYK, S.; KOUTEDAKIS, Y.; WYON, M. Electromyographic comparison of grand battement devant at the barre, in the center, and traveling. **Medical Problems of Performing Artists**, United States v. 27, p. 143-55, 2012.
- LAWS, K. **Physics and the Art of Dance: Understanding Movement**. **Oxford University Press**, New York, 2002.
- LEON, H. B.; SANCHEZ, M. E. D.; VIRAMONTES, J. A.; GARCIA, C. M. R. Análise Cineantropométrica da Volumetria e Composição Percentual Muscular

dos Segmentos Apendiculares de Bailarinos de Elite de Cuba. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v. 17, n. 6, 2011.

LIMA, L. Dança como atividade básica: perspectiva para uma nova era. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v.1, n.3, p. 94-96, 1995.

PICON, A. P.; LOBO DA COSTA, P. H.; SOUSA, F.; SACCO, I. C. N.; AMADIO, A. C. Biomechanical approach to ballet movements: a preliminary study. **XVII International Symposium on Biomechanics in Sports**, Hong Kong, v.18, p. 472-475, 2000.

PICON, A. P.; LOBO DA COSTA, P. H.; SOUSA, F.; SACCO, I. C. N.; AMADIO, A.C. Biomecânica e “balé” clássico: Uma avaliação de grandezas dinâmicas do “sauté” em primeira posição e da posição “en pointe” em sapatilhas de pontas. **Revista Paulista de Educação Física**, São Paulo, v.16 n.1 p.53-60, 2002.

SOUSA, F.; LOSS, J.; SOARES, D.; SCARRONE, F.; CARVALHO, J. M.; VILA-BOAS, J. P. Força, momento articular e potência mecânica em saltos elementares do ballet clássico. **Anais do IX Congresso Brasileiro de Biomecânica**, Gramado-RS, v. 9, p. 143-148, 2001.

SOUSA, F.; CONCEIÇÃO, F.; GONÇALVES, P.; CARVALHO, J. M.; SOARES, D.; SCARRONE, F.; LOSS, J.; VILAS-BOAS, J. P. Biomechanical analysis of elementary ballet jumps: integration of force plate data EMG records. **XX International Symposium on Biomechanics in Sports**, Spain, v. 20, p. 175-178, 2002.

THOMAS, T.; MURRAY, L.; STANLEY, P. G.; ROBERTSON, D. G. E. Analysis of the aerial and landing phases of the grand jeté. **XXII International Symposium on Biomechanics in Sports**, Ottawa, v. 22, p. 164-166, 2004.

TREPMAN, E.; GELLMAN, R. E.; SOLOMON, R.; MURTHY, K. R.; MICHELI, L. J.; LUCA, C. J. Electromyographic analysis of standing posture and demi-plié in ballet and modern dancers. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, United States, p. 771 a 782, 1994

TREPMAN, E.; GELLMAN, R. E.; MICHELI, L. J.; LUCA, C. J. Electromyographic analysis of grand-plié in ballet and modern dancers. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, United States, 30(12):1708-20, 1994

TWITCHETT, E.A.; KOUTEDAKIS, Y; WYON, M.A. Physiological fitness and professional classical ballet performance: a brief review. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, United States, 23(9):2732-40, 2009.

