

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA**



**“ANÁLISE DAS ESTRATÉGIAS DE MOVIMENTO ADOTADAS  
DURANTE A REALIZAÇÃO DE MANUSEIO DE CARGA”**

**Rodrigo Luiz Carregaro**

**Dissertação de Mestrado**

**RODRIGO LUIZ CARREGARO**



**ANÁLISE DAS ESTRATÉGIAS DE MOVIMENTO ADOTADAS  
DURANTE A REALIZAÇÃO DE MANUSEIO DE CARGA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Fisioterapia, Área de Concentração: *Processos de Avaliação e Intervenção em Fisioterapia.*

**Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Helenice Jane Cote Gil Coury**  
**ORIENTADORA**

Apoio Financeiro: CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

**São Carlos**  
**2007**

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da  
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

C313ae

Carregaro, Rodrigo Luiz.

Análise das estratégias de movimento adotadas durante a realização de manuseio de carga / Rodrigo Luiz Carregaro. -- São Carlos : UFSCar, 2007.  
113 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2007.

1. Fisioterapia. 2. Biomecânica. 3. Coluna vertebral. 4. Dor lombar. 5. Eletrogoniometro. 6. Transtornos de traumas acumulados. I. Título.

CDD: 615.82 (20<sup>a</sup>)

**MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA PARA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE RODRIGO LUIZ CARREGARO, DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, EM 02 DE FEVEREIRO DE 2007.**

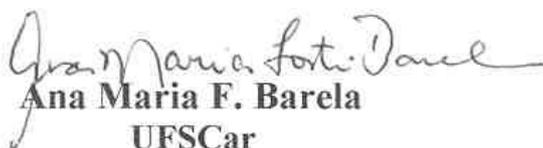
**BANCA EXAMINADORA:**



**Helenice Jane Cote Gil Coury**  
UFSCar



**Jefferson Rosa Cardoso**  
UEL



**Ana Maria F. Barela**  
UFSCar

## *DEDICATÓRIA*

---

Aos meus pais e à minha irmã,

Devo tudo o que tenho a esta família maravilhosa.

Vocês sempre estiveram e sempre estarão ao meu lado, e por isso serei eternamente grato.

Família é isso... Apoio incondicional às vontades e sonhos das pessoas que amamos...

Com vocês aprendi os princípios básicos que devem reger a vida de um ser humano: amor, respeito e caráter.

Obrigado por terem participado ativamente desta importante fase da minha vida!

## *AGRADECIMENTO ESPECIAL*

---

À Professora Helenice,

Não tenho palavras para descrever o respeito e admiração que tenho por você... Saiba que a sua confiança foi fundamental para o meu amadurecimento pessoal e profissional. Obrigado por ter me transformado em uma pessoa mais crítica e por me instigar a aprender cada vez mais...

Certa vez um grande escritor disse que um “líder é aquele que possui a virtude da sabedoria, integridade, disciplina, coragem e humanidade”.

Suas lições e direcionamentos abriram portas importantíssimas para o meu futuro.

Obrigado!

## *AGRADECIMENTOS*

---

À Aline, minha namorada, que entrou na minha vida em um momento inesperado (com ares de premeditado...) e aos poucos foi conquistando meu coração com um sorriso que me conforta... Obrigado por sua presença, carinho e compreensão.

A Bia e Rosi, grandes amigas e companheiras de coleta e de estudo. Obrigado pelas risadas, discussões e pela busca por voluntários... As suas presenças foram muito importantes!

As amigas e colegas de laboratório: Luciana, Tati, Cris, Letícia, Patrícia, Ethel e Iolanda. Pessoas maravilhosas que conquistaram a minha amizade e respeito. Obrigado pela acolhida calorosa e companheirismo diário!

A presença inestimável de um grande amigo que pude fazer graças à minha estada em São Carlos, Charles. Você faz parte dos amigos que ficarão para sempre.

Aos companheiros e amigos de Pós-Graduação: Dório, Jamacy, Nadiesca, Ka Gramany, Daniel, Michel, Paula, Anielle, Wouber, Thiago e Jerônimo. “Eita galerinha porreta!”, foi ótimo conhecê-los.

Sinceros agradecimentos a Paulinha, do PPG-Ft. Obrigado por estar sempre presente nos momentos em que precisávamos! Fica aqui a admiração por esta graça de pessoa, extremamente competente. Você vai fazer falta!

Aos meus Professores da Graduação Jefferson e Celita, por terem me mostrado o caminho da pesquisa e terem me instigado a querer algo mais. Vocês também foram responsáveis por esta etapa da minha vida.

A Deus, esta força misteriosa que nos rodeia e sempre esteve presente ao longo desta fase de minha vida. Obrigado por ter me presenteado com pessoas e experiências fundamentais para o meu crescimento.

## Ode

“Para ser grande, sê inteiro: nada  
Teu exagera ou exclui”.  
Sê todo em cada coisa. Põe  
quanto és  
No mínimo que fazes,  
Assim em cada lago a lua toda  
Brilha, porque alta vive.”

*Fernando Pessoa*

## RESUMO

---

Apesar dos recentes avanços tecnológicos, as atividades ocupacionais de natureza manual ainda são imprescindíveis e amplamente utilizadas em muitos setores e indústrias. Tais atividades impõem condições de risco, que são inerentes à sua natureza e podem ser responsáveis por lesões músculo-esqueléticas. Em adição, a complexidade e a interação de fatores de risco, muitos ainda não totalmente compreendidos, que atuam em conjunto durante a realização do manuseio de materiais conferem desafios e estímulos à abordagem preventiva. Deste modo, foram realizados dois estudos principais e dois estudos decorrentes das pesquisas direcionadas ao estudo do manuseio de carga. Os estudos principais (Estudos I e II) contextualizam a flexibilidade dos músculos isquiotibiais e sua influência na performance de tarefas ocupacionais. Os objetivos do Estudo I foram comparar os resultados de dois testes clínicos utilizados para avaliar a flexibilidade dos músculos isquiotibiais e avaliar a confiabilidade do procedimento fotogramétrico utilizado. Os testes de Dedos ao Chão e Elevação dos Membros Inferiores (MMII) em Extensão foram aplicados em 35 sujeitos saudáveis do gênero masculino. Com base nos resultados dos testes, os sujeitos foram divididos em dois grupos: flexibilidade normal e reduzida. Marcadores superficiais refletivos foram fixados em referências ósseas por meio da palpação para permitir o traçado dos ângulos do quadril, tóraco-lombar, perna, joelho e tíbio-tarsal. Aplicou-se o teste *t de student* para avaliar as diferenças de cada variável entre os dois grupos. Os achados demonstraram que o ângulo do quadril foi significativamente menor no grupo com flexibilidade reduzida e o teste de Elevação dos MMII foi mais sensível para detectar sujeitos com redução de flexibilidade. O objetivo do Estudo II foi avaliar a influência da flexibilidade dos músculos isquiotibiais na estratégia de movimento do tronco e pelve adotada por sujeitos saudáveis durante a realização do manuseio de carga. Os sujeitos foram divididos em dois grupos, com base na aplicação do teste de Elevação dos MMII. Uma câmera digital JVC com amostragem de 50 quadros/segundo e posicionada perpendicularmente ao plano sagital dos sujeitos foi utilizada para registrar a atividade. O coeficiente de correlação cruzada foi utilizado para quantificar a relação dos padrões de movimento entre os grupos, e o teste *t de student* aplicado nas variáveis de movimento para determinar as diferenças entre grupos. Os resultados indicaram que sujeitos com flexibilidade reduzida utilizaram uma menor amplitude pélvica e uma maior amplitude do tronco durante o manuseio. Ainda, sujeitos com flexibilidade reduzida adotam movimento em retroversão da pelve, sem grandes alterações ao longo da atividade. Os desdobramentos (Estudos III e IV) contextualizaram a comparação das estratégias adotadas por sujeitos com experiência no manuseio de cargas e por indivíduos inexperientes em tais atividades. O Estudo III teve como objetivo avaliar o manuseio realizado por 16 sujeitos experientes e 15 inexperientes. Utilizou-se um eletrogoniômetro flexível para mensurar o movimento da coluna e o programa 3D da Universidade de Michigan para estimar a compressão intradiscal em L5/S1 durante o manuseio. Foram avaliados os padrões de movimento normalizados e o coeficiente de variação foi aplicado para quantificar a variabilidade deste movimento. O teste *t de student* foi aplicado na determinação das diferenças para as variáveis em estudo. Os resultados apontam para uma grande variabilidade de posturas adotadas. Foram encontradas menores amplitudes de flexão, mas maiores amplitudes de extensão da coluna quando as cargas eram depositadas, respectivamente, em superfícies baixas e altas para indivíduos experientes. Sujeitos experientes apresentaram menores valores de compressão intradiscal durante a deposição da caixa e a atividade de abaixamento com

15kg foi caracterizada por maior sobrecarga intradiscal. O Estudo IV teve como objetivos comparar as estratégias de manuseio realizadas por sujeitos experientes e inexperientes com relação ao posicionamento dos pés e tronco durante atividade de abaixamento e de inclinação da carga no levantamento e abaixamento. Foram selecionados 10 trabalhadores experientes e 10 sujeitos sem experiência profissional com o manuseio de cargas. O manuseio realizado entre diferentes alturas foi filmado. Por meio de um programa de edição, as imagens referentes ao instante de 50% da tarefa foram selecionadas e utilizadas para classificar as posturas e mensurar a inclinação da caixa. Utilizou-se uma ANOVA com 3 fatores para avaliar a inclinação da carga com relação à experiência, carga manuseada e tipo de manuseio (levantamento e abaixamento). Os resultados indicaram que sujeitos com experiência profissional do manuseio adotaram estratégias caracterizadas pela maior inclinação da caixa e adoção de posturas mais equilibradas do tronco, com afastamento dos pés. A experiência profissional parece determinar a adoção de estratégias de movimento diferentes do grupo inexperiente, em resposta às condições da atividade. Entretanto, novos estudos são sugeridos com o intuito de determinar se tais estratégias foram protetoras ou de risco. Ainda, o conjunto de resultados apresentados na dissertação levanta a hipótese de que a flexibilidade dos isquiotibiais seja um fator de risco para o aumento de sobrecarga na coluna, durante a realização do manuseio de materiais.

**Descritores:** Manuseio de Materiais, Flexibilidade, Fatores de Risco, Lombalgia, Estratégia de Movimento, Eletrogoniometria.

## *ABSTRACT*

---

Despite recent technological advances, occupational activities of manual nature are still essential in many sectors and industries. Such activities impose risky conditions, which are inherent to its nature and can be responsible for musculoskeletal injuries. In addition, the complexity and the interaction of risk factors, many still not comprehended, that act together during the performance of manual material handlings confer challenges and stimulations to the preventive approach. In this way, two main studies (Studies I and II) and two unfolding studies had been carried through. The main studies contextualized the hamstrings flexibility and its influence on the performance of occupational tasks. The objectives of Study I had been to compare the results of two clinical tests used to evaluate hamstrings flexibility and to evaluate the reliability of the photogrammetric procedure adopted for the analysis. The fingertip-to-floor test and straight leg raise test were applied in 35 healthy male subjects. Based on tests results, subjects were divided into two groups: normal and reduced flexibility. Superficial anatomical landmarks were fixed on bony references by means of manual palpation in order to permit the tracing of the hip, thoracic-lumbar, leg, knee and tibio-tarsal angles. The student t test was applied to evaluate the differences between the two groups, for each variable. Findings showed that hip angle was significant lower at the reduced flexibility group and that the straight leg raise test was more sensible for detecting subjects with reduced flexibility. The aim of Study II was to evaluate the influence of hamstrings flexibility on the movement strategy of the trunk and pelvis adopted by healthy subjects during the performance of the manual handling. Subjects were divided into two groups, based on the straight leg raise test. A JVC digital camera with a sampling of 50 frames/second and positioned perpendicularly to the sagittal plane of the subjects was used to register the activity. The cross-correlation coefficient was used to quantify movement patterns relationship between groups, and the student t test applied to the movement variables in order to determine differences between groups. The results had demonstrated that subjects with reduced flexibility used a lesser pelvic amplitude and bigger amplitudes of the trunk during handling. Still, subjects with reduced flexibility adopted a retroverted movement of the pelvis, without great alterations during the activity. The unfolding studies contextualized the comparison of the strategies adopted by subjects with experience in load handling activities and inexperienced individuals. The Study III had as objective to evaluate the manual handling performed by 16 experienced subjects and 15 inexperienced ones. It was used a flexible electrogoniometer to measure trunk movements and the University of Michigan 3D software to estimate the intradiscal compression in L5/S1 during the handling. The normalized movement patterns were evaluated and the coefficient of variation was applied to quantify the variability of this movement. The student t test determined the differences between variables. Results pointed out to great variability of adopted postures. Smaller amplitudes of flexion had been found, but bigger amplitudes of trunk extension when the loads were deposited, respectively, in low and high surfaces for experienced individuals. Experienced subjects presented lower intradiscal compression during box deposition and the lowering task was characterized by the highest intradiscal compression. Study IV aimed to compare manual handling strategies adopted by experienced and inexperienced subjects with relation to the positioning of the feet and trunk during lowering and inclination of the box during lowering and lifting activities. Ten experienced workers and 10 subjects without professional experience with the handling activity had been selected. The manual handling carried out between different

heights was filmed. By means of one edition software, the images referring to the instant of 50% of the task had been selected and used to classify the postures and to measure the inclination of the box. An ANOVA with 3 factors was used to evaluate the inclination of the box with relation to the experience, handled load and type of handling (lifting and lowering). The results had indicated that subjects with professional experience adopted strategies characterized by biggest inclination of the box and adoption of balanced postures of the trunk, with widening of the support base. Professional experience determined the adoption of different movement strategies, when compared to inexperienced ones, in response to task conditions. However, other studies are suggested in order to determine if such strategies were protective or risky ones. The results presented in this dissertation raise the hypothesis that hamstrings flexibility is a risk factor for the increase of trunk overload, during the performance of manual material handling.

***Key-Words:*** *Manual Material Handling, Flexibility, Risk Factors, Low Back Pain, Movement Strategy, Electrogoniometry.*

## *LISTA DE TABELAS*

---

### *Estudo I*

**Tabela 1.** Comparação da distribuição dos sujeitos classificados com flexibilidade reduzida ou normal, de acordo com a aplicação dos dois testes de flexibilidade..... 21

**Tabela 2.** Coeficientes de correlação intraclass e diferença da média ..... 22

### *Estudo II*

**Tabela 1.** Amplitude total de movimento utilizada por cada grupo durante o manuseio ..... 36

### *Estudo III*

**Tabela 1.** Tempo dispendido pelos grupos para realizar o manuseio ..... 53

### *Estudo IV*

**Tabela 1.** Porcentagem de sujeitos classificados com a postura joelhos estendidos (*stoop*), agachado (*squat*) ou semi-fletido (*semi-squat*) durante a deposição da caixa na superfície inferior (abaixamento) com 7Kg e 15Kg..... 73

**Tabela 2.** Porcentagem de sujeitos classificados com a postura dos pés em simetria, direito ou esquerdo à frente durante a deposição da caixa na superfície inferior (abaixamento) com 7kg e 15kg ..... 73

## *LISTA DE FIGURAS*

---

### *Estudo I*

- Figura 1.** Teste de Elevação dos Membros Inferiores em Extensão..... 17
- Figura 2.** Teste de Dedos ao Chão..... 17

### *Estudo II*

- Figura 1.** Manuseio avaliado no estudo e os ângulos mensurados ..... 33
- Figura 2.** Padrões de movimento do tronco e pelve durante o abaixamento e levantamento, para cada grupo ..... 38
- Figura 3.** Valores médios da flexão do tronco X inclinação pélvica, para os grupos de flexibilidade normal e reduzida durante o abaixamento e levantamento ..... 39

### *Estudo III*

- Figura 1.** Tarefa de manuseio avaliada..... 51
- Figura 2.** Flexo-extensão da coluna e a Inclinação lateral da coluna no momento exato da deposição da caixa, de acordo com o manuseio em direção às superfícies superior e inferior ..... 55
- Figura 3.** Padrões de movimento da coluna durante o levantamento e abaixamento da caixa com a carga de 7Kg..... 57
- Figura 4.** Padrões de movimento da coluna durante o levantamento e abaixamento da caixa com a carga de 15Kg..... 58
- Figura 5.** Valores estimados da compressão no disco intervertebral de L5/S1 para o levantamento e o Abaixamento com 7Kg e 15Kg..... 60

### *Estudo IV*

- Figura 1.** Inclinação da caixa realizada pelos sujeitos experientes e inexperientes durante o levantamento e abaixamento com 7Kg e 15Kg..... 71
- Figura 2.** Comparação da inclinação da caixa realizada pelos sujeitos experientes e inexperientes durante levantamento e abaixamento ..... 72

## *SUMÁRIO*

---

<b>1. CONTEXTUALIZAÇÃO.....</b>	<b>7</b>
<b>2. PARTE I – Confiabilidade Paralela entre Testes Clínicos da Flexibilidade dos Isquiotibiais.....</b>	<b>12</b>
2.1. Estudo I: Comparação entre dois testes clínicos para avaliar a flexibilidade dos músculos posteriores da coxa.....	13
2.1.1 Introdução.....	13
2.1.2 Materiais e Métodos.....	15
2.1.3 Resultados.....	20
2.1.4 Discussão.....	23
2.1.5 Conclusão.....	26
<b>3. PARTE II – Flexibilidade Muscular e o Manuseio de Materiais.....</b>	<b>27</b>
3.1 Estudo II: Influência da flexibilidade dos músculos posteriores da coxa na estratégia de movimento do tronco e pelve durante manuseio de carga.....	28
3.1.1 Introdução.....	28
3.1.2 Materiais e Métodos.....	30
3.1.3 Resultados.....	35
3.1.4 Discussão.....	40
3.1.5 Conclusão.....	44
<b>4. PARTE III – Desdobramentos.....</b>	<b>45</b>
4.1 Estudo III: Análise biomecânica da coluna durante manuseio de carga realizado por sujeitos experientes e inexperientes.....	46
4.1.1 Introdução.....	46
4.1.2 Materiais e Métodos.....	48
4.1.3 Resultados.....	53
4.1.4 Discussão.....	61
4.1.5 Conclusão.....	65

4.2 Estudo IV: Avaliação das estratégias adotadas por sujeitos experientes e inexperientes durante atividade de manuseio de materiais.....	66
4.2.1 Introdução.....	66
4.2.2 Materiais e Métodos .....	68
4.2.3 Resultados.....	71
4.2.4 Discussão.....	74
4.2.5 Conclusão .....	77
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>78</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>81</b>
<b>7. ANEXOS .....</b>	<b>90</b>
7.1 Anexo I: Esclarecimento ao participante da pesquisa .....	91
7.2 Anexo II: Termo de Consentimento .....	93
7.3 Anexo III: Avaliação Postural .....	95
7.4 Anexo IV: Parecer do Comitê de Ética .....	98
7.5 Anexo V: Carta de Aprovação – Estudo I .....	100
7.6 Anexo VI: Em Processo de Submissão – Estudo II.....	102
7.7 Anexo VII: Carta de Submissão – Estudo III .....	103
7.8 Anexo VIII: Estudo IV – Anais do 14 <sup>o</sup> Congresso Brasileiro de Ergonomia, ABERGO, Curitiba, PR, 2006.....	105

## 1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Os Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho (DORT) afetam trabalhadores em uma ampla gama de ocupações, além de serem reconhecidos como os principais responsáveis pelo absenteísmo e incapacidade relacionada ao trabalho (Franco e Fusetti, 2004). Tais transtornos podem ser definidos como uma síndrome relacionada ao trabalho caracterizada pela presença concomitante ou não de sintomas, tais como dor, fadiga e sensação de peso (BRASIL, 1998; Ranney, 2000). Sua etiologia é multifatorial e se deve principalmente à presença combinada de sobrecarga músculo-esquelética, repetitividade das funções, posturas estáticas por tempo prolongado, aplicação de força e posturas extremas (BRASIL, 1998).

Neste sentido, as atividades ocupacionais de natureza manual são amplamente utilizadas em muitos setores e indústrias e caracterizadas também pelo manuseio de materiais, que pode ser definido como o levantamento, abaixamento e carregamento de cargas (Dempsey, 1998; Kroemer e Grandjean, 1997). Apesar dos recentes avanços tecnológicos, tais atividades ainda são imprescindíveis e podem ser exemplificadas pelo manuseio de pacientes dependentes em hospitais, deslocamento de produtos em centros de produção, estocagem em centros de distribuição ou pela entrega de mercadorias (Kroemer e Grandjean, 1997). Este fato determina a presença de riscos significativos ao sistema músculo-esquelético (Dempsey, 2003; Burdorf e Sorock, 1997) e pode promover elevada incidência de Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho, principalmente na região da coluna (Ciriello et al., 1999).

Deste modo, é importante ressaltar o alto índice de incapacidade relacionada ao trabalho (Battié e Videman, 1997) e a natureza multifatorial da lombalgia ocupacional (Manchikanti, 2000). Neste sentido, a compreensão da sobrecarga corporal imposta por atividades manuais é importante do ponto de vista preventivo. Entender a sobrecarga e o

mecanismo de lesão permite desenvolver programas de treinamento e intervenção mais efetivos (Gagnon, 1997).

O grande número de fatores de risco presentes nas atividades de manuseio tem favorecido a realização de estudos que buscaram compreender a influência de variáveis contidas na realização das atividades ocupacionais (Dempsey, 1998; Granata e Sanford, 2000; Marras, 2000) e de aspectos físicos individuais (Feldman, 2001; Stevenson et al., 2001; Grenier et al., 2003; Sjolie, 2004; Ferguson et al., 2004) na gênese das lesões ocupacionais. Dentre os principais fatores presentes em tais atividades e comumente relacionados ao início de lesões músculo-esqueléticas é possível citar inadequações no ambiente de trabalho (Kroemer e Grandjean, 1997), pouca atividade física (Stevenson et al., 2001), trabalho pesado (Marras, 2000) e posturas inadequadas (Burdorf e Sorock, 1997; Manchikanti, 2000).

Considerando-se os fatores de risco presentes nas atividades de manuseio de materiais, muitos estudos (Feldman et al., 2001; Grenier et al., 2003; Sjolie, 2004) ressaltam a possibilidade de que variáveis físicas, tais como a redução da “flexibilidade muscular”, pode ser responsável pela predisposição a lesões músculo-esqueléticas, inclusive a lombalgia. Considerando o termo “flexibilidade muscular”, o presente estudo adotará como definição uma relação entre a amplitude de movimento articular (Alter, 1996) e a extensibilidade muscular, ou seja, a amplitude de movimento na qual uma articulação pode ser movimentada de modo passivo, considerando-se a influência do comprimento muscular (Göeken e Hof, 1993; Gajdosik, 2001). Sendo assim, a pesquisa em questão teve como objetivos avaliar uma seqüência de manuseios de materiais simulados em laboratório, com ênfase na influência da flexibilidade dos isquiotibiais nas estratégias de movimento adotadas. A partir daí, utilizou-se uma análise de parâmetros cinemáticos com o intuito de determinar possíveis riscos

relacionados à predisposição da lombalgia, durante a realização da atividade. O conceito de estratégia de movimento deve ser entendido como uma solução neuromusculo-esquelética adotada na performance de uma tarefa motora e que resulta em um padrão de movimento específico (Stergiou, 2004).

Esta dissertação relata os estudos realizados, que constituem partes da mesma. A primeira parte é composta por um estudo que avaliou a confiabilidade dos métodos e instrumentos utilizados na pesquisa, sendo eles a aplicação de dois testes clínicos de mensuração da flexibilidade do grupo muscular isquiotibial (Estudo I, aprovado na Revista Brasileira de Fisioterapia - Anexo V). Em síntese, os resultados revelaram que o Teste de Elevação dos Membros Inferiores em Extensão foi mais sensível do que o Teste de Dedos ao Chão e, demonstraram que o quadril apresentou restrições ao movimento devido à influência da diminuição da flexibilidade dos isquiotibiais. Ademais, o procedimento de análise fotogramétrico adotado para analisar os testes clínicos foi confiável, tanto intra quanto interavaliadores.

A segunda parte enfoca o contexto da influência de aspectos individuais na performance de tarefas ocupacionais, e é composta pela inclusão da flexibilidade muscular na análise do manuseio de materiais. Neste sentido, o Estudo II teve por objetivos compreender as influências da redução de flexibilidade dos músculos isquiotibiais na estratégia e padrões de movimento adotados por sujeitos sadios durante o manuseio de cargas. Deste modo, avaliou-se a influência desta redução de flexibilidade na estratégia de movimento do tronco e da pelve durante a realização de um abaixamento e levantamento de uma caixa com massa de 15kg. Os resultados indicaram que a redução de flexibilidade dos isquiotibiais pode ser responsável por uma alteração da estratégia de movimento adotada durante o manuseio de carga, de modo que foram encontrados um movimento mais restrito da pelve e um aumento da

amplitude total do tronco utilizada ao longo do manuseio, por parte dos sujeitos com redução da flexibilidade dos isquiotibiais. Tal estudo encontra-se em processo de submissão ao periódico *International Journal of Industrial Ergonomics* (Anexo VI).

A pesquisa apresentou desdobramentos realizados no período do mestrado, caracterizados por estudos que analisaram as estratégias adotadas durante o manuseio realizado por sujeitos com experiência no manuseio de cargas e por indivíduos que não possuíam experiência com tais atividades (Estudos III e IV). Com base nestes desdobramentos, foi possível determinar as características do movimento que foram influenciadas pela experiência e, a partir daí, complementar a análise dos fatores de risco inerentes à atividade de manuseio analisada.

O Estudo III, submetido para a Revista Fisioterapia e Pesquisa (carta de submissão no Anexo VII), teve por objetivos avaliar o movimento da coluna tóraco-lombar durante um manuseio de materiais com diferentes cargas e em diferentes alturas e comparar a performance de sujeitos experientes e inexperientes, por meio da eletrogoniometria. Neste estudo foram analisados os padrões e a variabilidade do movimento da coluna tóraco-lombar, o tempo dispendido, a postura no momento de deposição da caixa e a compressão intradiscal estimada em L5/S1. De modo geral, os resultados demonstraram que sujeitos experientes adotam menores amplitudes de flexão da coluna para depositar a caixa manuseada em superfícies inferiores, além de apresentarem movimentos mais simétricos do tronco ao longo do manuseio. Ainda, adotaram movimento com maior extensão do tronco, quando do manuseio para superfícies mais altas, e apresentaram menores valores de sobrecarga em L5/S1, quando comparados com sujeitos inexperientes.

O Estudo IV, por sua vez, comparou as estratégias de manuseio adotadas por sujeitos experientes e inexperientes durante o manuseio. Foram analisadas,

especificamente, as diferenças de posicionamento dos membros inferiores e tronco, além da avaliação da inclinação da caixa manuseada no levantamento e abaixamento de uma caixa. Os resultados demonstraram que sujeitos com experiência no manuseio adotam estratégias caracterizadas pela maior inclinação da caixa e posturas mais equilibradas, com afastamento dos pés. Este último estudo foi publicado em formato completo nos Anais do 14º Congresso Brasileiro de Ergonomia (ABERGO 2006), realizado em Curitiba/PR, e se encontra em anexo (Anexo VIII).

**2. PARTE I****CONFIABILIDADE PARALELA ENTRE TESTES CLÍNICOS DA  
FLEXIBILIDADE DOS ISQUIOTIBIAIS**

## 2.1. Estudo I

### COMPARAÇÃO ENTRE DOIS TESTES CLÍNICOS PARA AVALIAR A FLEXIBILIDADE DOS MÚSCULOS POSTERIORES DA COXA

#### 2.1.1 INTRODUÇÃO

Parece não haver uma definição consensual para flexibilidade na literatura especializada. Diferentemente da elasticidade, que remete à propriedade de um tecido retornar ao seu formato inicial (Alter, 1996), o termo flexibilidade pode ter a simples definição de “a capacidade de dobrar”. Além disso, encontra-se o termo extensibilidade, definido como a amplitude na qual a articulação pode ser movida passivamente (Göeken e Hof, 1993; Gajdosik, 2001). A definição adotada no estudo considera flexibilidade como a capacidade de movimentar uma articulação através da sua amplitude de movimento (ADM) disponível, sem atingir demasiado estresse musculotendíneo (Alter, 1996).

Baseando-se na relação da flexibilidade e ADM articular (Kendall et al., 1995; Alter, 1996; Magnusson et al., 1997), testes clínicos são aplicados para avaliar a normalidade ou limitação da ADM. Estes testes são caracterizados por movimentos que aumentam a distância entre origem e inserção muscular, literalmente alongando o músculo em questão com o objetivo de testá-lo (Kendall et al., 1995).

Os isquiotibiais (IT), grupo composto pelos músculos semitendinoso, semimembranoso e bíceps da coxa, forma uma grande massa muscular que está envolvida diretamente nos movimentos do quadril e joelho (Palastanga et al., 2000; Kapandji, 2000). Este grupo desempenha importante influência na inclinação antero-posterior da pelve (Kapandji, 2000), e afeta indiretamente a lordose lombar. Portanto, a flexibilidade alterada dos IT pode ocasionar desvios posturais significativos e

influenciar a funcionalidade da articulação do quadril e coluna lombar (Hamill e Knutzen, 1999; Palastanga et al., 2000). Deste modo, a aplicação de testes de flexibilidade se torna necessária no processo de avaliação e intervenção em fisioterapia.

Clinicamente, o comprimento dos IT pode ser medido indiretamente, tendo como possível referência os movimentos do quadril (Gajdosik et al., 1993). Assim, ao se observar uma ADM do quadril diminuída, associada à evidência da ausência de sintomas neurológicos, tende-se a considerar a mensuração da flexibilidade muscular (Halbertsma et al., 2001). Vários testes são utilizados na clínica para avaliar a flexibilidade dos IT, dentre eles o sente-e-alcance (Cornbleet e Woolsey, 1996) e a extensão ativa ou passiva do joelho (Gajdosik et al., 1993; Norris e Matthews, 2005). Dois testes amplamente utilizados, e que ainda não haviam sido submetidos a comparações, são o Teste de Elevação dos Membros Inferiores (MMII) em Extensão (Gajdosik et al., 1993; Cameron et al., 1994; Gajdosik et al., 1994; Dixon e Keating, 2000; Polachini et al., 2005) e o Teste de Dedos ao Chão (Kippers e Parker, 1987; Magnusson et al., 1997; Tully e Stillman, 1997).

Um aspecto essencial a ser considerado na escolha de um teste clínico é a confiabilidade das medidas realizadas (Rothstein, 1985), e esta pode ser definida como a consistência das medidas de determinado fenômeno, ou seja, extensão na qual são repetidas por pessoas e instrumentos e levam a resultados semelhantes (Atkinson e Nevill, 1998). Quando analisados separadamente, verificou-se que o teste de Dedos ao Chão foi confiável e pode ser considerada uma medida válida da flexibilidade dos IT (Kippers e Parker, 1987). Ainda, Tully e Stillman (1997) sugerem sua viabilidade como medida da flexibilidade deste músculo. Do mesmo modo, o teste de elevação dos MMII em extensão pode ser considerado uma medida da flexibilidade dos IT (Gajdosik et al., 1993), além de possuir provável validade clínica (Gajdosik, 2001).

Uma técnica de análise que nos últimos anos tem sido amplamente utilizada na clínica é a fotogrametria (Mitchell e Newton, 2002). Definida como a mensuração de determinado fenômeno por meio de fotografias, proporciona inúmeras vantagens, tais como praticidade, baixo custo, precisão (Young, 2002) e característica não-invasiva (Mitchell e Newton, 2002). Ademais, sua utilização deve ser planejada de modo a prevenir erros (Watson, 1998). Neste sentido, o estabelecimento da confiabilidade das medidas torna-se necessária.

Aceitando-se que a prática do profissional fisioterapeuta deve ser permeada por bases científicas, que dentre outros aspectos envolvem a qualidade e reprodutibilidade das medidas utilizadas em procedimentos de avaliação, torna-se relevante avaliar a confiabilidade de dois testes amplamente empregados na mensuração da flexibilidade dos músculos isquiotibiais. Sendo assim, os objetivos do presente estudo foram comparar os resultados dos testes de Dedos ao Chão e Elevação dos MMII em extensão por meio da fotogrametria; verificar a concordância entre os achados do ângulo do quadril entre os dois testes, e avaliar a confiabilidade intra e interavaliadores do procedimento de análise fotogramétrica.

## **2.1.2. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **Sujeitos**

Participaram deste estudo 35 indivíduos sadios do gênero masculino (média de 23 anos de idade  $\pm$  3.4, 170cm de altura  $\pm$  4 e 68kg  $\pm$  10.9). Todos os sujeitos realizavam atividade física entre duas a três vezes por semana. A amostra foi composta por estudantes recrutados na Universidade e, para serem incluídos, foram submetidos a uma avaliação postural e selecionados de acordo com os *Critérios de Inclusão*: Idade compreendida entre 18 e 35 anos e estatura entre 1.65 e 1.75 m e os *Critérios de*

*Exclusão:* História de traumas e qualquer tipo de cirurgia de natureza músculo-esquelética em membros inferiores e coluna; presença de assimetrias posturais; lombalgia nos últimos seis meses e quadros neurológicos, como hérnia discal diagnosticada.

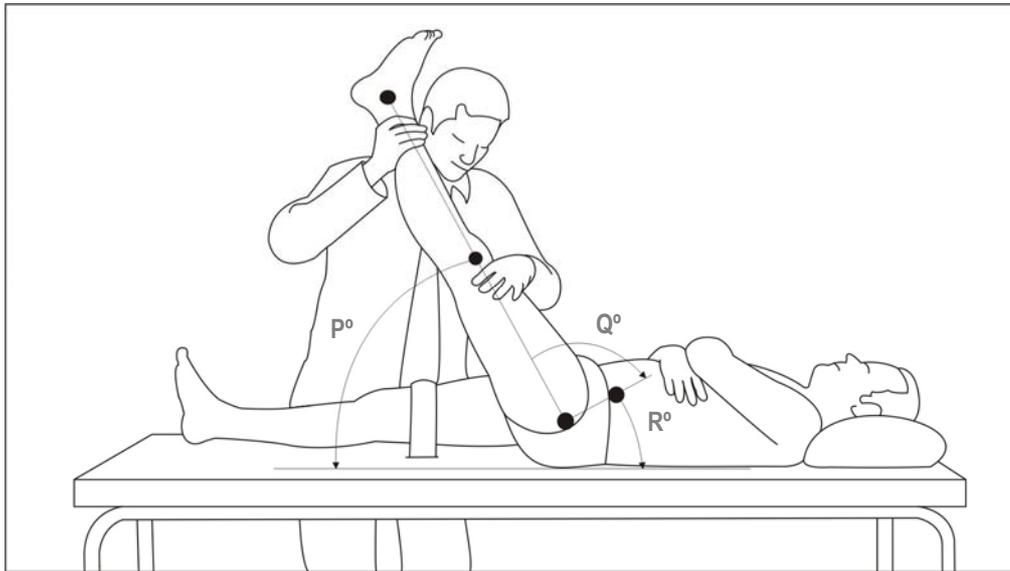
Os indivíduos que atenderam aos critérios foram esclarecidos sobre os objetivos da pesquisa e procedimentos, e foram convidados a participar do estudo assinando um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido de acordo com a Resolução 196 do CNS e aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal de São Carlos (parecer nº 059/04).

### **Avaliação Clínica da Flexibilidade Muscular**

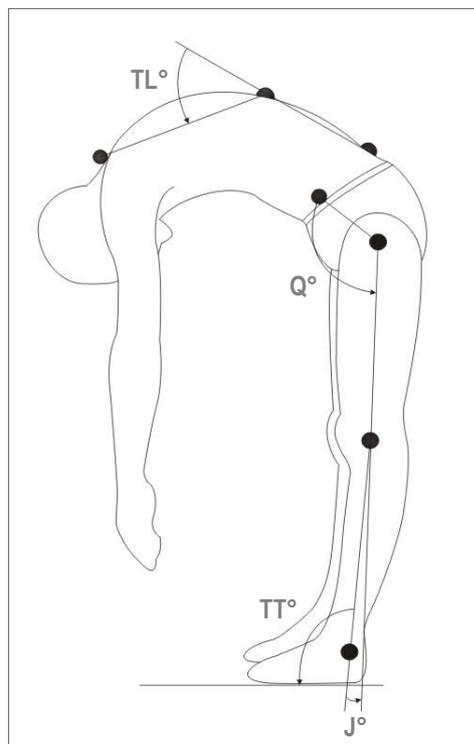
Foram aplicados nos participantes os testes de Elevação dos MMII em Extensão (Figura 1) e o Teste de Dedos ao Chão (Figura 2), pelo mesmo avaliador. Ambos proporcionam resultados dicotômicos, ou seja, a distribuição dos indivíduos em flexibilidade normal ou reduzida.

Os seguintes marcadores ósseos foram colocados na pele: Trocânter Maior do Fêmur (tmf), Maléolo Lateral (ml), Epicôndilo Lateral do Fêmur (elf), Espinha Iliaca ântero-superior (eias) e Pósterio-Superior (eips), processo espinhoso de T12 e C7 (Figuras 1 e 2). As linhas unindo eips-T12 e T12-C7 representaram o ângulo tóraco-lombar<sup>34</sup> (TL°) (Figura 2). O ângulo do quadril (Q°) foi baseado em Kapandji<sup>26</sup> e mensurado como o ângulo entre as linhas da eias-tmf e elf-tmf. O ângulo do joelho<sup>26</sup> (J°) foi representado pelo ângulo entre as linhas do ml-elf e tmf-elf, e o ângulo tíbio-társico<sup>26</sup> (TT°) calculado pelo cruzamento da linha paralela à sola dos pés com o eixo da tibia (elf-ml) (Figura 2). A rotação do Quadril (R°) foi representada pelo cruzamento entre a linha horizontal e a linha da eias-tmf, e medida a partir da subtração do ângulo durante a postura em repouso com o ângulo nos membros inferiores elevados. O ângulo

da perna ( $P^\circ$ ) foi determinado como o ângulo entre a horizontal absoluta e a linha da perna (tmf-ml) (Figura 1).



**Figura 1.** Teste de Elevação dos Membros Inferiores em Extensão ( $Q^\circ$  – ângulo do quadril,  $P^\circ$  – ângulo da perna,  $R^\circ$  – rotação do quadril).



**Figura 2.** Teste de Dedos ao Chão ( $Q^\circ$  – ângulo do quadril,  $J^\circ$  – ângulo do joelho,  $TL^\circ$  – ângulo tóraco lombar,  $TT^\circ$  - TÍbio-tÁrsico).

Procedimentos foram direcionados à obtenção de fotografias com qualidade (Watson, 1998). Uma câmera fotográfica digital MAVICA e um tripé foram posicionados a 2,75 m do local de aplicação dos testes, direcionados na altura do quadril. O eixo óptico da câmera estava perpendicular ao plano sagital dos sujeitos.

Inicialmente, aplicou-se o teste de *Thomas* (Kendall et al., 1995) na verificação da flexibilidade do músculo iliopsoas. Caso o resultado indicasse redução da flexibilidade, uma almofada deveria ser posicionada abaixo da coxa do membro contralateral, com intuito de manter leve flexão do quadril e facilitar o apoio da coluna lombar na aplicação do teste de elevação, diminuindo possíveis influências deste segmento. Em seguida, os testes para mensuração da flexibilidade dos IT foram aplicados nos sujeitos. Os participantes não realizaram nenhum tipo de aquecimento ou alongamento antes da administração de cada teste.

### **Elevação dos Membros Inferiores em Extensão**

O teste foi aplicado passivamente, com base em Kendall et al. (1995) e Gajdosik et al. (1994). Os indivíduos foram classificados em dois grupos de acordo com o ângulo entre o eixo da perna e a horizontal. Nesse sentido, indivíduos que obtiveram valores maiores ou iguais a  $65^\circ$  foram classificados com flexibilidade normal e os que obtiveram valores menores que  $65^\circ$  foram classificados com flexibilidade reduzida. Foram tomadas precauções durante a realização do teste: fixação da coxa contralateral de todos os sujeitos com uma fita, instruções para o sujeito se relaxar como um todo, e padronização de uma velocidade lenta de elevação. O momento final da elevação da perna foi fotografado, ou seja, o momento no qual os sujeitos referissem uma sensação de tensão muscular que causasse grande desconforto nos IT. Os ângulos medidos foram o segmento da perna em relação à horizontal, quadril e descrição da rotação do quadril,

que deve ser monitorada para prevenir uma superestimação dos resultados (Kippers e Parker, 1987; Bohannon, 1982).

### **Dedos ao Chão**

O teste foi aplicado de acordo com Magnusson et al. (1997). Os sujeitos são solicitados a manterem os joelhos completamente estendidos e, a partir daí, flexionarem o tronco em direção ao chão, com os braços e cabeça relaxados. O momento final da flexão era indicado por uma sensação de tensão muscular que causasse grande desconforto nos IT, e neste momento as fotos foram tiradas. Indivíduos que conseguiam atingir uma distância inferior a 10 cm com relação ao chão e o toque no chão eram classificados como flexibilidade normal, e os que ficam aquém dos 10 cm de distância do chão possuem flexibilidade reduzida. A distância dos dedos ao chão (em cm) foi medida na fotografia, tendo como base uma medida linear conhecida colocada no mesmo campo visual dos indivíduos. Os ângulos mensurados foram o tóraco-lombar, quadril, joelho e tíbio-társico. Foram consideradas as medidas do lado esquerdo, e tomou-se o cuidado de orientar os sujeitos a manterem os joelhos estendidos.

### **Procedimentos de confiabilidade**

Para avaliar a confiabilidade das medidas planejou-se um estudo paralelo com design transversal, com dois avaliadores. Foi realizada a confiabilidade do procedimento de análise fotogramétrica de 30 fotos selecionadas aleatoriamente, para a avaliação dos ângulos do Quadril, Tóraco-lombar, Perna, Joelho e Tíbio-Társico, totalizando trinta medidas para cada ângulo. As análises foram realizadas por cada avaliador em dois momentos, separados por um intervalo de 10 dias entre si. Utilizou-se o programa AutoCad® 2000 para as análises fotogramétricas dos ângulos.

## **Análise Estatística**

Os resultados foram analisados adotando-se uma significância de 5% e intervalo de confiança (IC) de 95%. Dados referentes à idade, estatura, massa e medidas angulares foram apresentados em relação à média e o desvio-padrão.

Em relação ao teste de elevação dos MMII, aplicou-se um teste *t* pareado para verificar diferenças entre os ângulos de elevação da perna direita e esquerda. Em caso de ausência de diferença significativa seria calculada a média entre os ângulos direito e esquerdo, sendo este o valor de referência na classificação da flexibilidade de cada sujeito. A partir dos resultados os indivíduos foram classificados em dois grupos: flexibilidade normal e reduzida. As medidas dos ângulos tóraco-lombar, quadril, joelho, tíbio-társico, elevação da perna e rotação do quadril entre os dois grupos foram comparadas por diferença por meio do teste *t de student*. O teste de *McNemar* para variáveis nominais dicotômicas foi aplicado para comparar a distribuição dos indivíduos segundo a classificação nos dois testes de flexibilidade.

Para a confiabilidade intra e inter-avaliadores dos procedimentos de análise fotogramétrica e concordância do ângulo do quadril entre os testes, utilizou-se o Coeficiente de Correlação Intra-Classes (CCI *one-way random*) e os limites de concordância de Bland e Altman (1986).

### **2.1.3. RESULTADOS**

O resultado das análises fotogramétricas para o teste de dedos ao chão demonstrou que apenas o ângulo quadril foi significativamente diferente ( $P = 0.004$ ) entre os grupos de flexibilidade ( $106^\circ \pm 14$  e  $94^\circ \pm 13$ , respectivamente, para os grupos com flexibilidade reduzida e normal), sendo que o grupo com flexibilidade reduzida apresentou uma menor flexão do quadril em relação ao grupo com flexibilidade normal.

Em relação ao teste de elevação dos MMII, apenas os ângulos de elevação da perna e quadril apresentaram diferenças significativas entre os grupos de flexibilidade ( $P = 0.000$ ). Do mesmo modo, os sujeitos com flexibilidade reduzida (quadril:  $107^\circ \pm 10$  e elevação da perna:  $54^\circ \pm 7$ ) apresentaram menor flexão do quadril e menores valores para a elevação da perna em relação aos sujeitos com flexibilidade normal (quadril:  $88^\circ \pm 9$  e elevação da perna:  $72^\circ \pm 6$ ).

A Tabela 1 apresenta a comparação dos resultados dos testes de Elevação dos Membros Inferiores e Dedos ao Chão, de acordo com os critérios de classificação. Foi encontrada uma diferença significativa de 22.8% ( $P < 0.02$ ) na distribuição de flexibilidade designada pelos dois testes, sendo que o teste de Elevação dos MMII em extensão identificou maior número de sujeitos com redução de flexibilidade do que o teste de Dedos ao Chão.

**Tabela 1.** Comparação da distribuição dos sujeitos classificados com flexibilidade reduzida ou normal, de acordo com a aplicação dos dois testes de flexibilidade (N = 35 indivíduos).

		Elevação do MMII*		Total
		Flex. Reduzida	Flex. Normal	
Dedos ao Chão	Flex. Reduzida	12	1	13
	Flex. Normal	9	13	22
	Total	21	14	35

\*Considerou-se a média entre os MMII, devido à ausência de diferença estatística entre os lados.  
 Teste de Elevação dos MMII: *Sensibilidade* de 60% e *Valor Preditivo Positivo* de 92%.

Os resultados da elevação dos MMII nos grupos de flexibilidade, corrigidos com referência à rotação do quadril demonstraram que, em média, sujeitos com flexibilidade normal atingiram  $53^\circ$  de elevação da perna. Entretanto, os sujeitos com flexibilidade reduzida apresentaram em média  $33^\circ$  de elevação. A monitoração foi relevante, pois

confirmou que os valores do ângulo da perna utilizados para a classificação da flexibilidade foram superestimados por uma influência da rotação do quadril.

A Tabela 2 apresenta os valores do ICC e diferença média ( $\pm$  DP) para as medidas de confiabilidade intra e inter-avaliadores do procedimento de análise fotogramétrica adotado no estudo. Todos os ângulos analisados apresentaram ótima reprodutibilidade, tanto intra quanto inter avaliadores.

**Tabela 2.** Coeficientes de Correlação Intra-Classes (intervalo de confiança) e diferença média (média  $\pm$  DP), correspondente à confiabilidade *intra e inter-avaliador* do procedimento de análise fotogramétrica .

	<b>Confiabilidade <i>Intra-avaliador</i></b>			
	<b>Avaliador 1</b>		<b>Avaliador 2</b>	
	<b>ICC</b>	<b>Diferença da Média</b>	<b>ICC</b>	<b>Diferença da Média</b>
<b>Quadril</b>	0.98 (0.98 – 0.99)	-0.2° (4.0)	0.99 (0.98 – 0.99)	-0.5° (2.5)
<b>Elevação Perna</b>	0.96 (0.82 – 0.99)	3.2° (3.0)	0.94 (0.77 – 0.98)	1.1° (3.1)
<b>Tóraco-Lombar</b>	0.998 (0.994 – 0.999)	-0.1° (0.9)	0.998 (0.994 – 0.999)	-0.1° (0.9)
<b>Joelho</b>	0.99 (0.97 – 0.99)	-0.1° (0.5)	0.99 (0.98 – 0.99)	-0.1° (0.6)
<b>Tíbio-Tarsico</b>	0.98 (0.94 – 0.99)	-0.2° (1.3)	0.98 (0.96 – 0.99)	0.1° (1.1)
	<b>Confiabilidade <i>Inter-avaliador</i></b>			
	<b>1° Medida</b>		<b>2° Medida</b>	
	<b>ICC</b>	<b>Diferença da Média</b>	<b>ICC</b>	<b>Diferença da Média</b>
<b>Quadril</b>	0.94 (0.88 – 0.97)	-0.3° (1.9)	0.95 (0.90 – 0.97)	0.1° (1.2)
<b>Elevação Perna</b>	0.94 (0.75 – 0.98)	-0.1° (0.6)	0.94 (0.77 – 0.98)	-2.2° (3.1)
<b>Tóraco-Lombar</b>	0.99 (0.98 – 0.99)	-0.3° (1.4)	0.998 (0.994 – 0.999)	-0.3° (0.9)
<b>Joelho</b>	0.98 (0.95 – 0.99)	0° (0.6)	0.99 (0.98 – 0.99)	0° (0.3)
<b>Tíbio-Tarsico</b>	0.96 (0.89 – 0.98)	0.1° (1.8)	0.98 (0.95 – 0.99)	0.3° (1.2)

A comparação dos valores angulares do quadril de cada teste apresentou alto índice de concordância (ICC = 0.89, IC = 0.78-0.94), sendo a diferença média entre ambos de  $-0.85^\circ \pm 6.8^\circ$  (IC = -1.6 – 3.3) e os limites de concordância entre 14.2 a -12.5 (média  $\pm$  2DP).

#### 2.1.4. DISCUSSÃO

A diferença significativa de 22,8% encontrada na comparação dos testes indica que a medida da flexibilidade com base nos parâmetros da distância dos dedos ao chão e ângulo da perna em relação à horizontal foram responsáveis por uma diferente classificação dos sujeitos avaliados. De fato, a distância dos dedos ao chão pode ser influenciada por características antropométricas, como tamanho dos braços e ADM da coluna (Cornbleet e Woolsey, 1996). Do mesmo modo, a medida resultante do ângulo da perna pode ter influências da rotação do quadril (Bohannon, 1982; Bohannon et al., 1985).

Por outro lado, a ótima concordância das medidas do ângulo do quadril aponta para o fato de que os testes podem proporcionar classificações semelhantes e consistentes, desde que se tenha como referência a articulação do quadril. De fato, as diferenças significativas do quadril entre os dois grupos, nos dois testes de flexibilidade, apontam o encurtamento dos IT como fator limitante do movimento desta articulação (Kippers e Parker, 1987; Gajdosik et al., 1994; Tully e Stillman, 1997). Outros estudos corroboram a relação de medidas clínicas com a rigidez muscular, e IT encurtados podem ser responsáveis pela alteração da tolerância ao alongamento (Magnusson et al., 1997; Halbertsma et al., 2001), além de constituir importante influência na ADM do quadril (Li et al., 1996).

Neste sentido, o ângulo do quadril poderia ser o parâmetro para estes testes de flexibilidade com base na relação direta dos IT com a pelve e funcionalidade do quadril (Hamill e Knutzen, 1999; Palastanga et al., 2000; Kapandji, 2000). A diferença encontrada entre os testes em respeito às distribuições de flexibilidade, contrapostas por ótima concordância do quadril, sugerem a viabilidade de estudos no sentido de se

estabelecer valores normativos do ângulo do quadril tanto no teste de dedos ao chão quanto no de elevação dos MMII, que podem torná-los mais específicos e comparáveis entre si.

O ângulo tóraco-lombar foi analisado com a intenção de detectar possível compensação nesta região, em resposta à restrição de ADM do quadril. Ao contrário de Gajdosik et al. (1994), os achados não apresentaram diferença significativa, apesar de que sujeitos com flexibilidade reduzida apresentaram maiores valores de flexão tóraco-lombar ( $46^\circ \pm 5$ ) quando comparados com os sujeitos normais ( $44^\circ \pm 6$ ). Apesar do ângulo ter sido baseado em estudo de Gajdosik et al. (1994), talvez a inclusão da eips possa ter ocasionado a ausência de significância. Os achados referentes aos ângulos do joelho e tibio-társico foram positivos, pois ambos foram utilizados para monitorar a posição dos sujeitos de acordo com as orientações. O fato da ausência de diferença significativa entre os grupos sugere que os sujeitos mantiveram os joelhos em extensão e não compensaram o movimento na articulação do tornozelo e evitaram alterações na interpretação da distância dos dedos ao chão.

Se a aplicação de diferentes testes na mensuração do mesmo parâmetro levar a resultados comparáveis e consistentes, pode-se garantir o incremento da qualidade da comunicação entre diferentes profissionais, e contribuir para o embasamento científico da prática clínica (Rothstein, 1985). Por outro lado, a dificuldade de comparação dos achados com a literatura demonstra a variedade de definições e ângulos utilizados, além da variação no modo de aplicação dos testes, e confirmam os problemas relatados por Dixon e Keating (2000).

O procedimento de análise fotogramétrica demonstrou ser prático e útil, e a confiabilidade do método foi estabelecida. Entretanto, os achados devem ser vistos com cautela, pois a utilização de marcadores ósseos superficiais pode estar permeada por

erros de medida devido ao movimento dos marcadores na pele (Stagni et al., 2005). Considerações metodológicas relativas ao estabelecimento de confiabilidade e padronização da colocação dos marcadores se fazem necessários no futuro, de modo a oferecer opções de avaliação ainda mais confiáveis para a prática clínica. Do mesmo modo, dados provenientes da monitoração da rotação do quadril durante o teste de elevação dos MMII efetivamente demonstraram superestimação dos resultados, e confirmam a suposição de que esse movimento pode interferir na avaliação da flexibilidade (Bohannon, 1982; Bohannon et al., 1985). No entanto, estes resultados também devem ser aceitos com cautela, visto que artefatos de movimentação da pele podem ocorrer, principalmente em marcadores colocados na região do trocânter, durante a movimentação da coxa (Stagni et al., 2005).

Questionamentos referentes à validade de testes clínicos, apesar das dificuldades em estabelecê-la (Rothstein, 1985), são sempre importantes. A definição difundida de validade como a evidência de que um teste mede o que se propõe a medir (Rothstein, 1985), levanta discussões relevantes que podem justificar a influência dos IT na função do quadril e sua conseqüente avaliação. Existem vários fatores limitantes da ADM de uma articulação (cápsula articular, contato ósseo, ligamentos, tecidos moles), sendo o fator mais comum o estiramento do tecido musculotendíneo (Abernethy et al., 1997).

As relações de comprimento-tensão que ditam a eficiência de um músculo referem-se às posições das articulações envolvidas. Consensualmente, considera-se que os IT são mais eficientes como extensores do quadril com a manutenção dos joelhos estendidos (Kapandji, 2000). Os dois testes utilizados no estudo são aplicados de modo a reproduzir a ADM no sentido contrário aos movimentos dos IT como extensores do quadril, contemplando o posicionamento eficiente deste grupo muscular. Ambos são amplamente recomendados tanto como exercício de alongamento (Alter, 1996; Hamill e

Knutzen, 1999), quanto na avaliação da flexibilidade dos músculos posteriores da coxa (Kippers e Parker, 1987; Gajdosik et al., 1993; Cameron et al., 1994; Gajdosik et al., 1994; Dixon e Keating, 2000; Polachini et al., 2005). Considerando-se que exercícios de alongamento são aplicados da mesma maneira, e que tais exercícios são a base do ensino em cinesioterapia, parece aceitável que a utilização de testes clínicos que reproduzam tais movimentos possam ser considerados válidos para essa finalidade.

### **2.1.5. CONCLUSÃO**

Os testes de flexibilidade muscular avaliados neste estudo apresentaram diferenças na classificação de flexibilidade entre os sujeitos. Entretanto, quando o ângulo do quadril foi considerado no teste de elevação dos MMII, houve alta concordância entre os resultados dos dois testes. Verificou-se que o teste de elevação dos MMII foi mais sensível e apresentou um maior valor preditivo positivo. Os procedimentos de análise fotogramétrica foram reprodutíveis, tanto intra quanto inter-avaliadores, constituindo-se em uma ferramenta útil de análise para os testes em questão, resguardados os cuidados com erros na movimentação dos marcadores.

### **3. PARTE II**

#### **FLEXIBILIDADE MUSCULAR E O MANUSEIO DE MATERIAIS**

### **3.1. Estudo II**

## **INFLUÊNCIA DA FLEXIBILIDADE DOS MÚSCULOS POSTERIORES DA COXA NA ESTRATÉGIA DE MOVIMENTO DO TRONCO E PELVE DURANTE UM MANUSEIO DE CARGA**

### **3.1.1 INTRODUÇÃO**

Sabe-se que a lombalgia afeta grande parte da população, e que pode ser responsável por alto índice de incapacitação relacionada ao trabalho (Manchikanti, 2000), além de possuir natureza reconhecidamente multifatorial (Burdorf e Sorock, 1997; Manchikanti, 2000; Marras, 2000; Leboeuf-Yde, 2004). Além das evidências que apontam o manuseio de materiais como um fator de risco para a lombalgia ocupacional (Kuiper et al., 1999), existem outros fatores associados com a gênese de lesões ocupacionais, tais como trabalho pesado (Marras, 2000), ausência de atividade física (Manchikanti, 2000; Stevenson et al., 2001), posturas inadequadas (Burdorf e Sorock, 1997), alterações da coordenação entre segmentos corporais (Granata et al., 2000) e aspectos individuais, tais como a flexibilidade reduzida dos músculos isquiotibiais (Feldman et al., 2001; Sjolie, 2004).

Medidas da flexibilidade dos isquiotibiais foram utilizadas para avaliar sua associação com a história de lombalgia em trabalhadores industriais, e Grenier et al. (2003) sugerem indicativos acerca da relação entre a redução de flexibilidade e o desenvolvimento da lombalgia. Além disso, o encurtamento dos isquiotibiais foi associado com pouca mobilidade da articulação do quadril em adolescentes (Sjolie, 2004) e à lombalgia (Feldman, 2001; Sjolie, 2004).

O termo isquiotibiais (IT) é utilizado para descrever o grupamento de três músculos, o semitendinoso, semimembranoso e bíceps da coxa, que formam uma grande massa muscular envolvida diretamente nos movimentos do quadril e joelho (Kapandji, 2000; Kroll e Raya, 1997). Estes músculos têm grande influência na inclinação antero-posterior da pelve e afetam indiretamente a lordose lombar (Kapandji, 2000). Acredita-se, também, que o encurtamento dos isquiotibiais possa alterar a relação de força entre membros inferiores (MMII) e coluna, além de favorecer demasiado aumento da atividade eletromiográfica dos músculos eretores da espinha durante a realização de atividades dinâmicas (Kroll e Raya, 1997). Assim, a redução de flexibilidade dos IT pode afetar a funcionalidade da articulação do quadril e coluna lombar (Hamill e Knutzen, 1999; Shin et al., 2004). Essas afirmações levantam a hipótese de que uma restrição de movimento do quadril represente um fator predisponente para lombalgia em sujeitos que no futuro poderão se tornar trabalhadores manuais (Sjolie, 2004).

Considerando-se que as características estáticas e dinâmicas de inúmeras atividades ocupacionais requerem a ação de músculos bi-articulares da coluna lombar e membros inferiores (Shin et al., 2004), a possível influência do encurtamento dos isquiotibiais no tronco e quadril torna-se mais clara. Ressalta-se que a compreensão das estratégias de manuseio adotadas por trabalhadores é importante para a busca de um conhecimento que possa auxiliar a prevenção de lesões e adoção de treinamentos mais efetivos (Burgess-Limerick e Abernethy, 1997; Gagnon, 2005). No entanto, embora muitos estudos tenham comparado sujeitos saudáveis e com lombalgia com o objetivo de discriminar suas características dinâmicas durante movimentos livres do tronco (Kang et al., 1995; McGregor et al., 1995; Lee e Wong, 2002; Wong e Lee, 2004) e durante a realização de manuseio de materiais (Ferguson et al., 2004; Wrigley et al., 2005),

nenhum objetivou a compreensão da influência dessa redução de flexibilidade dos isquiotibiais nas estratégias de movimento adotadas por sujeitos saudáveis durante o manuseio de cargas.

Deste modo, o objetivo deste estudo foi avaliar a influência da flexibilidade dos músculos posteriores da coxa (isquiotibiais) na estratégia de movimento do tronco e pelve adotada por sujeitos saudáveis durante a realização do abaixamento e levantamento de uma caixa. Para o estudo em questão, o termo estratégia foi definido como uma solução neuromusculoesquelética adotada na performance de uma tarefa motora que resulta em um padrão de movimento específico (Stergiou, 2004).

### **3.1.2 MATERIAIS E MÉTODOS**

**Sujeitos.** Dezessete sujeitos saudáveis do gênero masculino foram recrutados para o estudo. Todos eram trabalhadores com no mínimo seis meses de experiência em atividades de manuseio de carga. Para serem incluídos, foram submetidos a uma avaliação postural (Anexo III) e selecionados de acordo com os critérios de inclusão e exclusão. Os critérios de inclusão foram: idade compreendida entre 18 e 35 anos e estatura entre 1.65 e 1.75 m e os critérios de exclusão foram: problemas de equilíbrio (romberg positivo); traumas e qualquer tipo de cirurgia de natureza músculo-esquelética em membros inferiores e coluna; presença de assimetrias posturais; lombalgia nos últimos seis meses e quadros neurológicos, como hérnia discal diagnosticada.

Os indivíduos que atenderam aos critérios e concordaram em participar foram esclarecidos sobre os objetivos e procedimentos da pesquisa (Anexo I), e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (Anexo II) de acordo com a Resolução 196 do CNS. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da instituição (parecer nº 059/04).

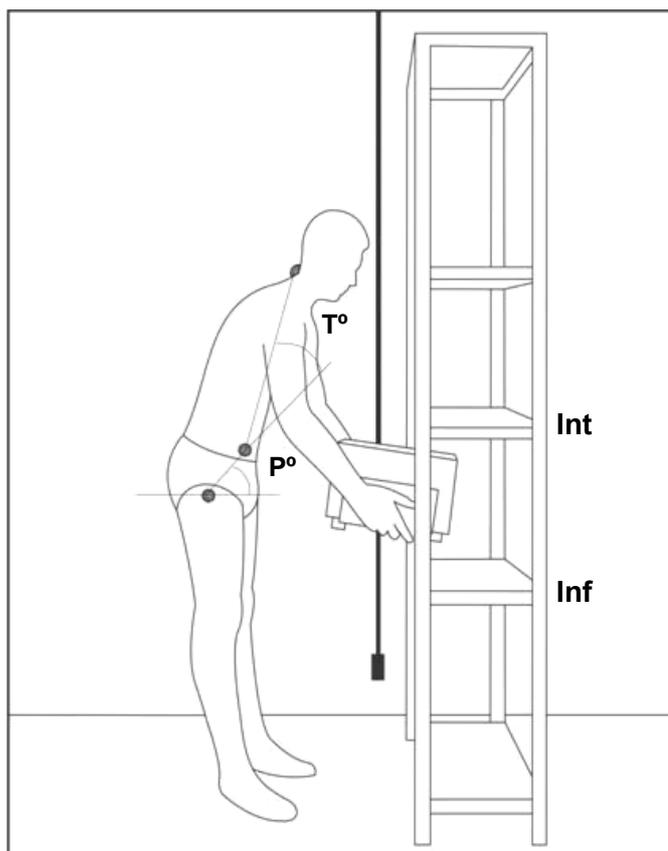
Inicialmente, foram coletados dados pessoais e os sujeitos foram familiarizados com o ambiente de coleta. Os indivíduos foram avaliados quanto à flexibilidade dos músculos isquiotibiais, com base na aplicação do Teste de Elevação dos Membros Inferiores (MMII) em extensão, baseado em Gajdosik et al. (1994). Este teste pode ser considerado válido clinicamente (Gajdosik, 2001), e permite a mensuração indireta do encurtamento dos músculos isquiotibiais com base na flexibilidade da articulação do quadril (Gajdosik et al., 1993). Neste sentido, o ângulo da perna em referência à horizontal foi mensurado e, indivíduos que obtiveram valores maiores ou iguais a  $65^\circ$  foram classificados com flexibilidade normal e os que obtiveram valores menores a  $65^\circ$  foram classificados com flexibilidade reduzida. Maiores detalhes sobre os procedimentos de aplicação do teste de elevação dos MMII em extensão podem ser encontrados em outro estudo (Carregaro et al., 2007). Deste modo, dois grupos foram formados: um deles compreendeu dez indivíduos com flexibilidade reduzida (média de  $23.3 \pm 2.9$  anos de idade,  $1.68 \pm 0.03$ m de altura e  $64.5 \pm 10.4$ kg) e média de  $55 \pm 5^\circ$  de elevação dos MMII em extensão e, no outro grupo, sete sujeitos com flexibilidade normal (média de  $25.4 \pm 4.5$  anos de idade,  $1.69 \pm 0.04$ m de altura e  $66.8 \pm 6.8$ kg), com média de  $73 \pm 7^\circ$  de elevação dos MMII.

**Instrumentação.** Utilizou-se uma filmadora digital JVC (GR-DV 1800) para registrar os movimentos do tronco e pelve durante o manuseio. A câmera foi posicionada perpendicularmente ao plano sagital dos sujeitos a uma distância de 3.8m, e as imagens foram coletadas com uma amostragem de 50 quadros/segundo. Foram utilizados marcadores superficiais refletivos, fixados com fita dupla face nas seguintes referências ósseas: processo espinhoso da sétima vértebra cervical (C7), espinha ilíaca ântero-superior (EIAS) e trocânter maior do fêmur (TMF). A partir dos marcadores superficiais

fixados na pele, foram calculados os ângulos de flexão do tronco (representado pelo ângulo entre a linha de C7 e EIAS com o prolongamento da linha entre a EIAS e TMF) e inclinação da pelve (ângulo entre a linha da EIAS e TMF em relação à horizontal) (Figura 1), baseados em Whistance et al. (1995).

**Procedimentos.** Foi realizado um manuseio experimental simétrico no plano sagital, entre diferentes alturas, a partir de uma superfície intermediária (altura de 100 cm) para uma prateleira inferior (altura de 59 cm) – abaixamento – e da prateleira inferior de volta para a prateleira intermediária – levantamento (Figura 1). Cada manuseio foi realizado em apenas uma repetição, com uma massa de 15kg. A seqüência das transferências foi aleatorizada.

Em seguida foram dadas instruções sobre a seqüência do manuseio e orientação para realizá-lo de forma natural, mas de modo a evitar a rotação do tronco. Com o intuito de evitar uma preparação para se realizar a tarefa, os indivíduos não foram informados a respeito da massa da caixa. Além disso, foram orientados a iniciar a atividade após um comando verbal e, após o término de cada manuseio, deveriam retornar à posição inicial e aguardar o comando para realizar a transferência seguinte. Não houve restrição ou orientação quanto à movimentação dos pés.



**Figura 1.** Manuseio avaliado no estudo. Ângulo de Flexão do Tronco (**T°**) e Inclinação da Pelve (**P°**). Superfícies de manuseio: Intermediária (**Int**: 100 cm de altura) e Inferior (**Inf**: 59 cm de altura).

**Análise do Manuseio de Materiais.** O início e término da tarefa foram determinados, visualmente, nas imagens adquiridas, como o instante no qual os sujeitos tocaram a caixa e o instante no qual as mãos soltaram a caixa, respectivamente. Os vídeos foram recortados e digitalizados por meio do software ARIEL-APAS®. A posição de referência para o registro cinemático foi determinada pela postura no instante de apreensão da caixa na prateleira intermediária. A partir dela, os movimentos do tronco e pelve foram convenções, respectivamente, como extensão e retroversão (+) e flexão e anteroversão (-). Foi elaborada uma rotina no programa Matlab®, utilizada na análise

dos dados cinemáticos provenientes das digitalizações. Os dados brutos foram submetidos a um filtro digital *Butterworth* de segunda ordem, com uma frequência de corte de 4Hz, determinada por uma análise residual<sup>64</sup>. Realizou-se uma interpolação para 101 pontos e normalização na base do tempo (% do tempo bruto da tarefa), para tornar os manuseios comparáveis entre os grupos e para a apresentação gráfica dos padrões de movimento.

**Análise da coordenação entre tronco e pelve.** Os dados cinemáticos provenientes dos movimentos do tronco foram plotados pelos movimentos da pelve, caracterizando gráficos ângulo-ângulo (Lee e Wong, 2002). Essa análise foi aplicada de modo a fornecer a relação entre os segmentos e comparar o comportamento do movimento entre os grupos com flexibilidade normal e reduzida durante as tarefas de abaixamento e levantamento.

**Análise do ajuste postural.** Uma alteração da amplitude angular do tronco e da pelve em determinado período de tempo foi considerada um ajuste postural adotado na performance da atividade. Para se localizar o primeiro ajuste postural do tronco e pelve, foram realizados janelamentos a cada 25 pontos (0.25 segundos) e suas respectivas médias e desvios-padrão. Em relação ao movimento de flexão, a ocorrência do ajuste postural foi caracterizada quando a amplitude média da janela fosse menor que o valor médio menos 1.96 desvios-padrão em relação à janela anterior e maior que o valor médio da janela posterior. Em relação ao movimento de extensão, o ajuste foi determinado quando a amplitude média da janela fosse maior que o valor médio mais 1.96 desvios-padrão em relação à janela anterior e menor que o valor médio da janela posterior (Noé, 2006).

**Análise estatística.** O pacote SPSS (*Statistical Package for Social Sciences*) versão 10.0 foi utilizado para as análises estatísticas. Para dados que não cumprissem os pressupostos de normalidade, verificados pelo teste de *Shapiro-Wilks*, os resultados foram submetidos a uma transformação logarítmica de modo a proporcionar o uso de testes estatísticos inferenciais. Todos os dados foram avaliados descritivamente em relação à média e o desvio-padrão e adotou-se uma significância de 5% ( $P \leq 0.05$ ), com um intervalo de confiança de 95%. O teste t de *student* para amostras independentes foi utilizado na determinação das diferenças entre os grupos de flexibilidade para a variável amplitude de movimento (ADM) do tronco e pelve no depósito da caixa, ADM total utilizada no manuseio e instante do ajuste postural.

### 3.1.3. RESULTADOS

Os valores em graus referentes à amplitude do tronco no instante de deposição da caixa na superfície inferior, ao final do abaixamento foram de  $-29.73 \pm 16.75^\circ$  para os sujeitos com flexibilidade reduzida e  $-21.61 \pm 14.13^\circ$  no grupo com flexibilidade normal. Em relação à pelve, foram encontrados os valores de  $-1.98 \pm 10.06^\circ$  no grupo flexibilidade reduzida e  $-3.2 \pm 13.77^\circ$  para os sujeitos com flexibilidade normal. Apesar de não terem sido encontradas diferenças significativas entre os grupos, nota-se que sujeitos com flexibilidade reduzida realizaram a deposição da caixa com uma menor flexão da pelve e maior flexão do tronco em relação aos que possuem flexibilidade normal.

A Tabela 1 apresenta os valores da amplitude total de movimento utilizada durante o levantamento e abaixamento (valores máximos subtraídos dos valores mínimos de amplitude). Não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes

entre os grupos em relação ao abaixamento, entretanto, os sujeitos com flexibilidade reduzida utilizaram uma menor amplitude pélvica e uma maior amplitude de tronco durante o manuseio. Por outro lado, durante o levantamento, encontrou-se uma diferença significativa ( $P < 0.05$ ), de modo que sujeitos com flexibilidade reduzida utilizaram maiores amplitudes no tronco.

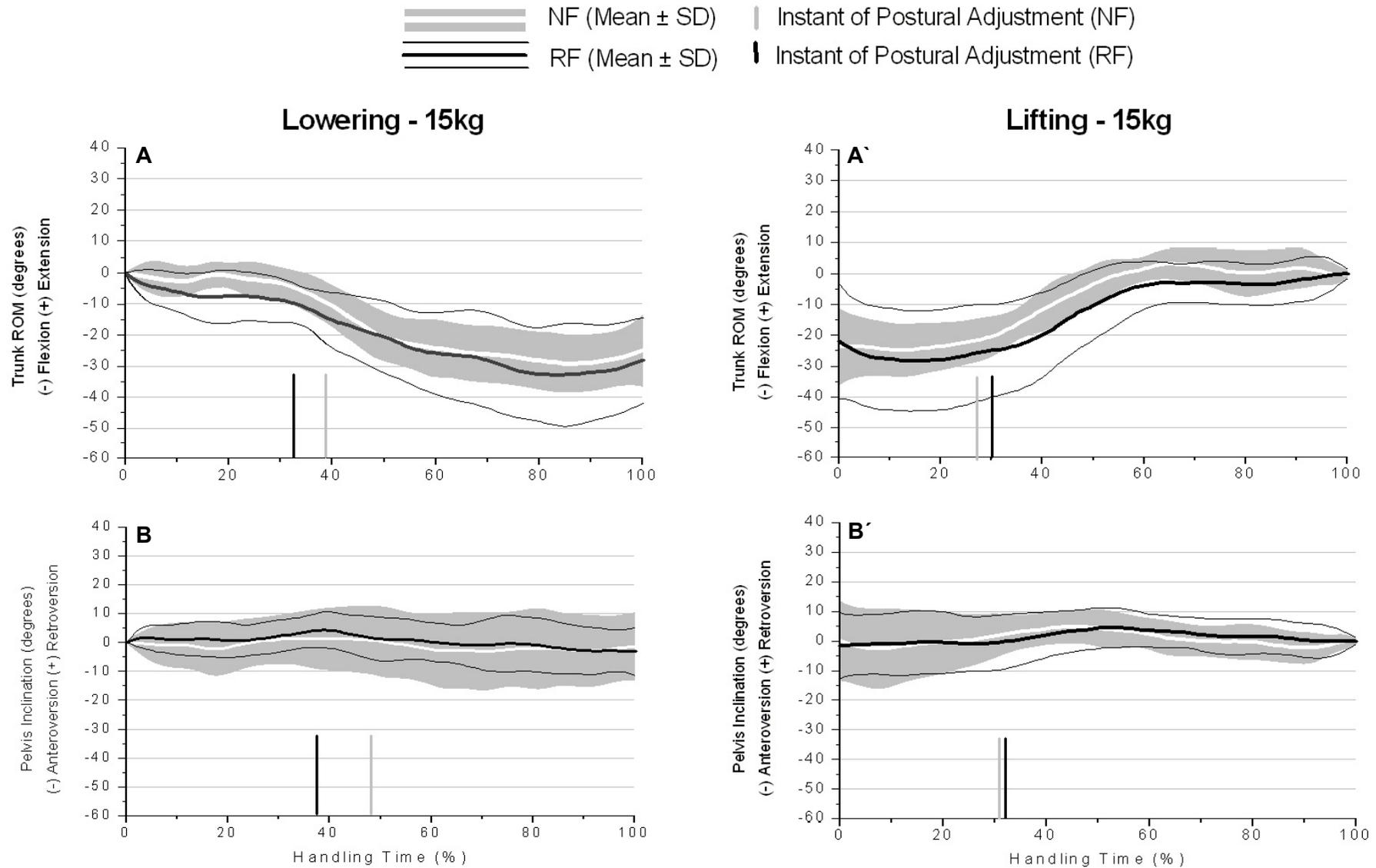
**Tabela 1.** Amplitude total de movimento (amplitude máxima subtraída da mínima) utilizada por cada grupo durante o manuseio (Média  $\pm$  Desvio-Padrão, valores em graus) (FR: Flexibilidade Reduzida, FN: Flexibilidade Normal).

	Abaixamento		Levantamento	
	FR	FN	FR	FN
Tronco*	-36.89 (17.13)	-24.96 (13.53)	-35.84 (12.27)	-18.03 (9.65)
Pelve	3.53 (13.56)	-6.18 (19.56)	2.65 (16.23)	-4.79 (9.83)

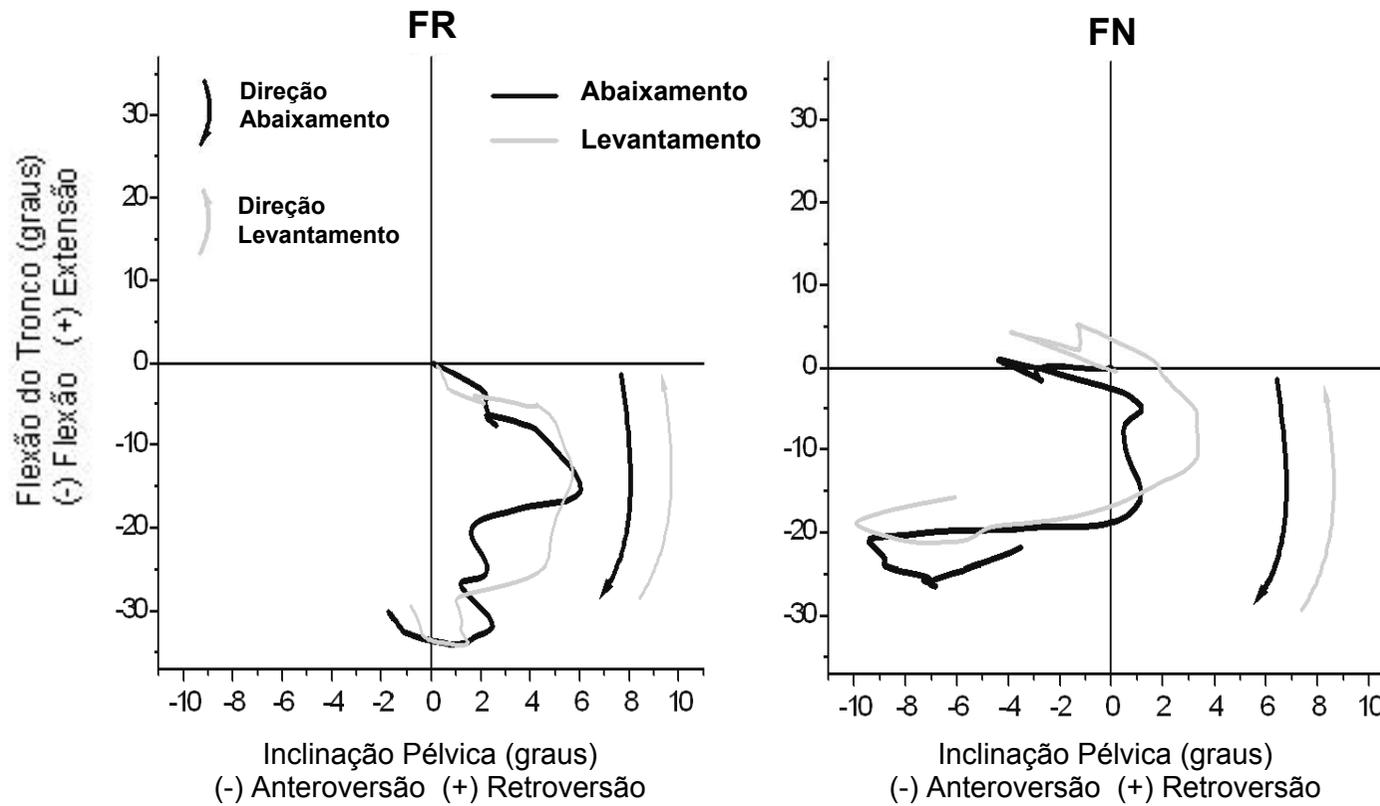
\* Diferença significante entre os grupos ( $P < 0.05$ )

Em relação ao ajuste postural da pelve e tronco, não foram encontradas diferenças significantes entre os grupos durante o abaixamento e levantamento. Apesar da não significância, comparações intergrupos permitiram observar que indivíduos com flexibilidade reduzida ajustaram a pelve temporalmente antes, tanto no abaixamento quanto no levantamento, em relação aos sujeitos com flexibilidade normal. Em relação à avaliação intragrupos, verificou-se que ambos ajustaram primeiro o tronco, previamente ao ajuste da pelve, durante o abaixamento da carga. O grupo com flexibilidade normal apresentou um maior intervalo temporal entre o ajuste do tronco e da pelve, o que não ocorreu para o grupo com flexibilidade reduzida. As diferenças para a tarefa de levantamento não foram consistentes (Figura 2).

Em geral, a Figura 2 confirma visualmente os dados médios apresentados na Tabela 1, no qual sujeitos com flexibilidade reduzida apresentaram maiores amplitudes de tronco durante toda a tarefa de abaixamento e levantamento. Ainda, sujeitos com flexibilidade reduzida tenderam a adotar uma postura fletida e alguma retroversão pélvica já no início do abaixamento (entre 20 e 40%) e mantiveram este padrão até aproximadamente 80-90% da tarefa. Em geral, o grupo flexibilidade reduzida apresentou maior variabilidade do movimento do tronco, tanto no abaixamento quanto no levantamento. No entanto, um padrão oposto pode ser verificado em relação ao movimento da pelve, no qual sujeitos com flexibilidade reduzida apresentaram uma menor variabilidade, particularmente no abaixamento (Figura 2).



**Figura 2.** Padrões de movimento do tronco (A) e pelve (B) durante o abaixamento (A e B) e levantamento (A' e B'), para cada grupo. As linhas verticais cinza e pretas representam o instante no qual os sujeitos adotaram o primeiro ajuste postural. Valores em graus (Média  $\pm$  Desvio-Padrão) (FN: Flexibilidade Normal, FR: Flexibilidade Reduzida, DP: Desvio Padrão, ADM: Amplitude de movimento).



**Figura 3.** Valores médios da flexão do tronco X inclinação pélvica, para os grupos de flexibilidade normal e reduzida durante o abaixamento e levantamento (setas representam a direção do movimento, considerando o início e final da atividade) (FR: Flexibilidade Reduzida; FN: Flexibilidade Normal).

A Figura 3 apresenta os valores médios da flexão do tronco versus o movimento médio da pelve, para os grupos de flexibilidade. Como se pode observar, sujeitos com flexibilidade reduzida apresentaram um movimento da pelve com pequena amplitude e em retroversão. Além disso, pode-se notar que este grupo adotou uma maior amplitude de movimento da coluna (aproximadamente 35° de flexão). De modo contrário, os sujeitos com flexibilidade normal atingiram maiores amplitudes de movimento em anteroversão da pelve ao longo do manuseio, além de menores valores de amplitude da coluna (aproximadamente 25° de flexão). Ainda, sujeitos com flexibilidade reduzida apresentaram uma amplitude da pelve de aproximadamente 7° (de -1° a 6°), e os sujeitos com flexibilidade normal aproximadamente 13.5° (de -10° a 3.5°).

### **3.1.4. DISCUSSÃO**

Sujeitos com flexibilidade reduzida adotam maiores amplitudes de flexão do tronco já nos instantes iniciais do abaixamento, o que se manteve ao longo da tarefa. Maiores amplitudes do tronco podem indicar uma compensação devido à restrição do movimento pélvico no grupo com flexibilidade reduzida. Os resultados de Gajdosik et al. (1994) apóiam este achado e levantam uma questão sobre a possível influência da redução do comprimento dos isquiotibiais durante o movimento do tronco. De fato, outros estudos (Feldman et al., 2001; Grenier et al., 2003; Sjolie, 2004) levantam a hipótese de que essa limitação da amplitude pélvica realmente se deve a isquiotibiais encurtados e pode ser considerada uma predisposição para a lombalgia. Neste sentido, a menor variabilidade e menores amplitudes encontradas no padrão de movimento da pelve durante o manuseio em questão podem ser indicativas de que sujeitos com flexibilidade reduzida possuam movimentos da pelve restringidos e corroborar com o fator predisponente mencionado.

Além disso, a adoção de maiores amplitudes de flexão do tronco em associação com influências de redução da flexibilidade dos isquiotibiais pode ocasionar aumento da tensão dos ligamentos e tecidos da coluna (Shin et al., 2004). A pelve em anteroversão no grupo com flexibilidade normal pode indicar uma preservação da lordose durante o abaixamento de cargas. Contrariamente, o grupo com flexibilidade reduzida apresentou um padrão em retroversão. É possível que o padrão em retroversão possa ocasionar alguns aspectos que oferecem risco, tais como a limitação de movimento da coluna lombar e sua conseqüente retificação, além de propiciar uma compensação na coluna torácica e, conseqüentemente, aumentar a sobrecarga articular e ligamentar durante o manuseio. Em acordo, encontrou-se que durante a flexão do tronco, a posição retificada da coluna lombar apresenta maiores valores de forças tensivas nas vértebras (Potvin et al., 1991) e maiores contribuições dos componentes passivos (Arjmand e Shirazi-Adl, 2005).

Os resultados provenientes dos gráficos do movimento tronco pelo movimento da pelve demonstraram que, em media, sujeitos com flexibilidade normal tiveram uma melhor coordenação, em adição com maiores amplitudes em anteroversão da pelve e menores amplitudes do tronco. Neste sentido, os ajustes posturais do tronco e da pelve podem ser um indicativo de que a coordenação destes segmentos realmente esteja alterada, já que nos sujeitos com flexibilidade reduzida, estes ajustes tiveram um intervalo temporal muito pequeno. Este fato levanta a possibilidade de que os movimentos tenham ocorrido em “bloco” e tenham comprometido o ritmo lombopélvico fisiológico. Em acordo com McClure et al. (1997), padrões de movimento anormais podem levar a um aumento da sobrecarga na coluna e confirmam a possibilidade de que esse evento possa estar relacionado com a predisposição a lombalgia. Em adição, Esola et al. (1996) encontraram que sujeitos com histórico de

lombalgia tendem a usar maiores amplitudes da coluna lombar, além de apresentarem uma participação precoce deste segmento, durante o movimento de flexão do tronco, e sugerem implicações clínicas importantes, tais como o fato de que o uso precoce da lombar durante o movimento impõe maior estresse tensivo nos elementos posteriores da coluna.

Mesmo considerando-se o fato de que o manuseio analisado foi simétrico no plano sagital, a utilização de um sistema 2D na impôs limitações técnicas para a aquisição dos dados cinemáticos do membro inferior esquerdo. Não foram impostas restrições ao movimento dos membros inferiores durante o manuseio da caixa, pois o estudo tentou representar a atividade de manuseio o mais realisticamente possível, de acordo com as recomendações de Marras (2000). A articulação do joelho exerce importante papel durante situações dinâmicas (Shin et al., 2004) e pode auxiliar a interpretação da influência da flexibilidade dos isquiotibiais durante o manuseio de materiais. Com base nesta premissa, futuros estudos com o contexto de interpretação das influências funcionais da flexibilidade dos isquiotibiais durante o manuseio de cargas devem considerar a articulação do joelho e a utilização de um sistema tridimensional de aquisição.

Sihvonen (1997) afirma que o ritmo lombo-pélvico é controlado por músculos da coluna e isquiotibiais, e demonstraram que durante a flexão do tronco, os isquiotibiais e eretores são ativados quase que simultaneamente, sendo que a atividade eletromiográfica dos IT tem uma maior duração. Ainda, Shin et al. (2004) apresentaram resultados interessantes sobre a influência da flexibilidade nas diferentes posições do tronco. Ao que parece, a flexibilidade impôs efeitos na atividade eletromiográfica dos músculos do tronco e alterou a resposta de “flexão-relaxamento”. Estudos futuros deveriam analisar a atividade eletromiográfica dos eretores da coluna e dos isquiotibiais

durante um manuseio de carga para determinar possíveis diferenças na ativação muscular e, associado a uma análise cinemática 3D dos segmentos, elucidar a influência da diminuição de flexibilidade dos isquiotibiais na sobrecarga da coluna durante atividades ocupacionais.

Talvez a utilização de uma superfície inferior com altura de 59 cm do chão não tenha sido baixa o suficiente para “desafiar” o sistema músculo-esquelético, de modo que as amplitudes do tronco adotadas poderiam ter sido mais pronunciadas e facilitar a interpretação da influência da flexibilidade nos movimentos da pelve e tronco. Em se tratando do abaixamento de cargas e a influência do encurtamento muscular, pesquisas futuras deveriam considerar superfícies mais próximas ao chão.

Em relação aos desfechos do estudo de Sedgwick e Gormley (1998) sobre o consenso do treino de manuseio, é importante reconhecer a variabilidade proveniente das tarefas, do ambiente e dos trabalhadores. Deste modo, os autores apontam a importância da adaptabilidade traduzida pelos ajustes dos movimentos durante o manuseio, o aprendizado da natureza da tarefa e a capacidade física (por exemplo, mobilidade articular) como métodos efetivos em busca da segurança no trabalho. Neste sentido, espera-se que o presente estudo auxilie a difundir a idéia de que o treinamento de manuseios não apenas prescreva uma maneira padrão de realizá-lo, mas ensine os sujeitos a reconhecer situações de risco e considere limitações individuais.

A avaliação de um aspecto físico como a flexibilidade dos isquiotibiais foi importante no sentido de compreender possíveis alterações da estratégia de movimento adotada por sujeitos saudáveis durante o manuseio de cargas. Apesar da pequena amostra, os resultados indicam de que a flexibilidade pode influenciar a dinâmica da pelve e, conseqüentemente, alterar o padrão e amplitudes de movimento do tronco adotadas pelos sujeitos durante atividades ocupacionais. Este fato deveria ser considerado em

programas de treinamento e exercícios, com o intuito de se minimizar os fatores de risco responsáveis por lesões músculo-esqueléticas.

### **3.1.5. CONCLUSÃO**

Sujeitos com flexibilidade reduzida apresentaram menores amplitudes de inclinação da pelve, durante o movimento de flexão livre do tronco, em relação a sujeitos com flexibilidade normal. Ainda, esta limitação de movimento da pelve, associada a uma retroversão, também pode ser observada durante o manuseio e, parece ter sido responsável pela adoção de maiores amplitudes de flexão do tronco por parte dos sujeitos com flexibilidade reduzida. Os resultados sugerem que a diminuição da flexibilidade dos isquiotibiais pode ser responsável por uma maior utilização do tronco e conseqüentemente ocasionar maior sobrecarga articular durante o manuseio de cargas.

**4. PARTE III**

**DESDOBRAMENTOS**

#### **4.1. Estudo III**

### **ANÁLISE BIOMECÂNICA DA COLUNA DURANTE MANUSEIO DE CARGA REALIZADO POR SUJEITOS EXPERIENTES E INEXPERIENTES**

#### **4.1.1. INTRODUÇÃO**

O manuseio de materiais pode ser definido como atividades que envolvam levantamento, abaixamento ou carregamento de cargas (Kroemer e Grandjean, 1997). Tais atividades ainda são imprescindíveis em vários setores industriais e de serviço, e podem ser exemplificados pelo manuseio de pacientes dependentes em hospitais, deslocamentos de produtos em centros de produção ou de distribuição de mercadorias (Dempsey, 1998). De acordo com Straker (1999), tais atividades podem representar risco ao sistema músculo-esquelético e ocasionar lesões por sobrecarga caso o estresse físico exceda os limites individuais (Garg, 1997).

Compreender a sobrecarga e o mecanismo de lesão presentes em situações de risco pode favorecer a prevenção de lesões músculo-esqueléticas e o desenvolvimento de treinamentos mais efetivos (Gagnon, 1997). Neste sentido, alguns estudos (Authier et al., 1996; Gagnon e Delisle, 2002; Wrigley et al., 2005; Gagnon, 2005) avaliaram técnicas de manuseio relativas às posturas dos segmentos corporais adotadas, para melhor compreender a sobrecarga durante o manuseio de cargas. Por sua vez, a avaliação de técnicas de manuseio são utilizadas com o intuito de recomendar a adoção de posturas menos prejudiciais durante o trabalho manual (Garg, 1997; Burgess-Limerick, 2003). Entretanto, em vista da grande variabilidade de posturas adotadas no local de trabalho (Garg, 1997), a implementação de recomendações tradicionais, caracterizadas por instruções de manuseio padronizadas, podem dificultar a

compreensão de aspectos qualitativos do comportamento individual durante a realização do manuseio de materiais.

Dentre os recursos utilizados para se determinar os riscos presentes durante a realização de atividades ocupacionais, encontra-se a avaliação da biomecânica corporal com o objetivo de detectar aspectos prejudiciais, inerentes às atividades manuais, tais como estimativas do momento e compressão nos discos intervertebrais, principalmente em L5/S1 (Pope et al., 1991). Ainda, a utilização de padrões de movimento pode ser uma alternativa para se avaliar as técnicas adotadas e compreender o comportamento humano durante a realização de determinada tarefa ocupacional (Burgess-Limerick e Green, 2000).

Ressalta-se a importância da utilização de métodos direcionados à comparação de sujeitos com e sem experiência profissional no manuseio de cargas. Tal abordagem permite a comparação entre padrões de movimento adotados por ambos, de forma a se avaliar o efeito da experiência sobre as posturas e movimentos realizados e, conseqüentemente, determinar a sobrecarga (Gagnon et al., 1996; Davis e Marras, 2005) e os riscos que cada indivíduo está exposto (Gagnon, 2005). Esse conhecimento pode, por sua vez, aprimorar a implementação de programas de intervenção de forma a favorecer a prática segura de atividades manuais (Gagnon, 2005).

Assim, o objetivo do presente estudo foi avaliar os movimentos da coluna tóraco-lombar durante uma atividade de manuseio de carga realizada por sujeitos com e sem experiência profissional no manuseio de cargas.

#### 4.1.2. MATERIAIS E MÉTODOS

##### Sujeitos

Participaram do estudo 31 sujeitos saudáveis e do gênero masculino. Quinze indivíduos (média de  $22 \pm 4$  anos de idade,  $1,71 \pm 0,04$  m de altura e  $72 \pm 7$ kg) não apresentavam experiência profissional e treinamento em técnicas para manuseio de materiais, e dezesseis sujeitos (média de  $23 \pm 4$  anos de idade,  $1,68 \pm 0,04$ m de altura e  $66 \pm 9$ kg) eram trabalhadores com no mínimo seis meses de experiência profissional com o manuseio de caixas em um supermercado ( $5,6 \pm 5$  anos de experiência).

Para serem incluídos, todos os sujeitos foram submetidos a uma avaliação postural e selecionados de acordo com critérios de inclusão e exclusão. Os critérios de inclusão foram: idade compreendida entre 18 e 35 anos e estatura entre 1,65 e 1,75 m. A faixa de estatura foi determinada com o objetivo de evitar grandes variações, considerando-se que o eletrogoniômetro utilizado no estudo é antropométrico-dependente. Os critérios de exclusão foram: presença de assimetrias posturais, tais como hiperlordose e escoliose acentuada; traumas ou disfunção músculo-esquelética dos membros superiores e inferiores, coluna tóraco-lombar e cervical no último ano; sintomas de lombalgia nos últimos seis meses e quadros neurológicos, como hérnia discal diagnosticada. Todos os indivíduos foram devidamente esclarecidos sobre os objetivos e procedimentos do estudo, e manifestaram concordância por meio da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, de acordo com a Resolução 196 do CNS. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Instituição (parecer n. 059/04).

## **Materiais e equipamentos**

Um eletrogoniômetro flexível biaxial da *Biometrics (Gwent, UK)*, sensor XM-150B, foi utilizado para mensurar os movimentos de flexo-extensão e inclinação lateral da coluna tóraco-lombar. Uma estante de metal com 3 prateleiras fixas foi utilizada para a realização do manuseio (Figura 1) com uma caixa (medidas: 300 X 300 X 180 mm) instrumentada com células de carga (Kratos Ltda). As superfícies da estante foram fixadas aproximadamente ao nível dos ombros (superior), cintura (intermediária) e joelho (inferior) dos sujeitos. Tais alturas objetivaram reproduzir estantes fixas, comumente utilizadas em locais com estocagem de caixas e volumes. Os indivíduos foram filmados (amostragem de 50 quadros por segundo) por duas câmeras digitais durante a realização das tarefas de levantamento e abaixamento. Uma das câmeras foi posicionada perpendicularmente ao plano sagital dos sujeitos e a outra perpendicular ao plano coronal, com vista posterior. O programa da Universidade de Michigan, *3D Static Strength Prediction Program*<sup>TM</sup> (3DSSPP) versão 4.1, foi utilizado para se estimar os valores de compressão intradiscal em L5/S1.

## **Calibragem e aquisição dos dados**

Os sujeitos foram instruídos a permanecerem em uma postura ereta e confortável, que foi estabelecida como posição de referência para a calibragem do eletrogoniômetro. Os dados foram coletados com uma amostragem de 100Hz, por meio do programa *Data Link 2.0 (Biometrics Ltd)*. As células de carga da caixa instrumentada foram calibradas com os parâmetros de sensibilidade a 1mV, taxa de aquisição de 100Hz e escala máxima de 30kgf (Padula e Gil Coury, 2004), e os resultados da força de prensão foram utilizados apenas como parâmetro para demarcar o início e fim do manuseio.

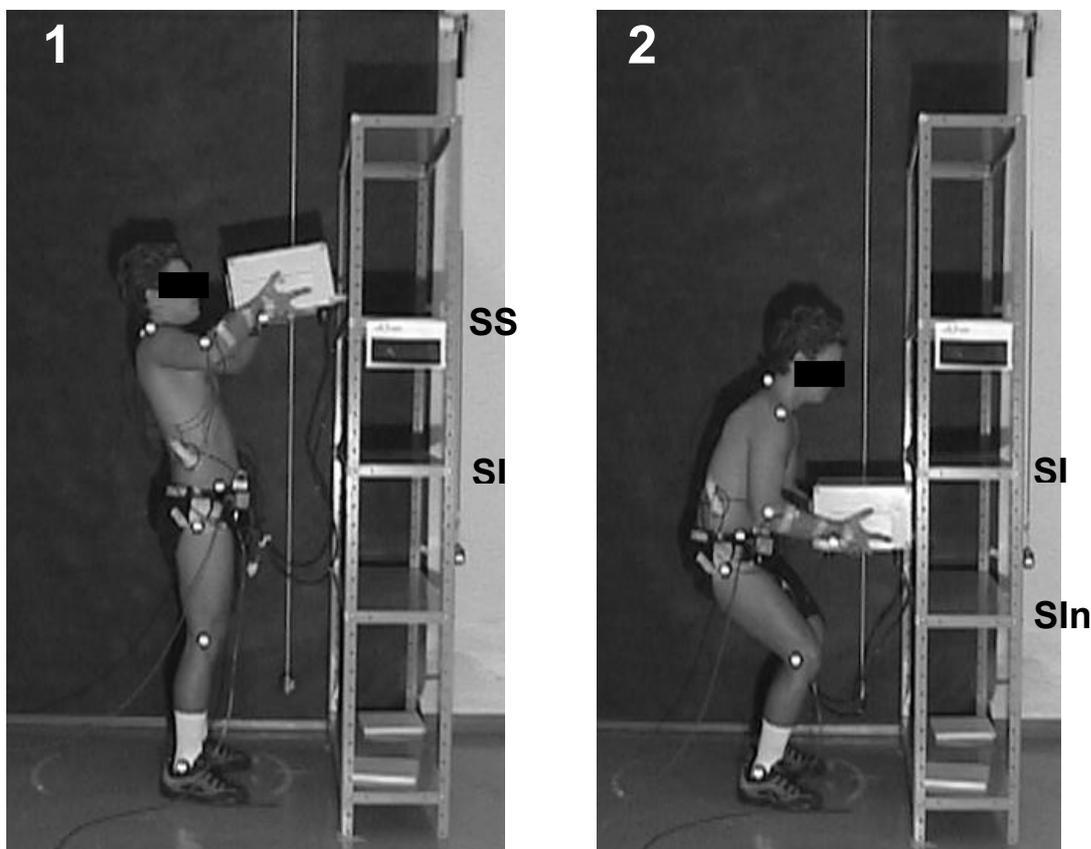
Com base nos instantes (em segundos) determinados pelos valores de apreensão da caixa, determinaram-se três momentos distintos para a análise das imagens, a saber, 1) início (0% - instante no qual os sujeitos tocaram a caixa), 2) meio (50%) e 3) deposição da caixa (100% - instante no qual os sujeitos soltaram a caixa). Apenas um avaliador realizou os procedimentos de seleção das imagens. Utilizou-se o programa de edição *Pinnacle Studio* versão 9 para editar as imagens referentes aos três momentos distintos, que foram utilizadas para a reprodução das posturas no programa 3DSSPP Versão 4.1, possibilitando o cálculo estimado da compressão intradiscal em L5/S1.

### **Descrição da atividade e procedimentos**

O sensor biaxial do eletrogoniômetro foi fixado com fita dupla-face, e o terminal fixo posicionado sobre o processo espinhoso de L4 e o terminal telescópico posicionado ao nível de T10. Os cabos referentes aos canais eram conectados ao *Data Link Subject Unit (Biometrics Ltd)*, unidade de aquisição dos dados, o qual foi fixado na cintura dos sujeitos por meio de um cinto.

Após a familiarização dos indivíduos com o local, foram dadas instruções sobre a seqüência da tarefa e a orientação para realizá-la de forma natural. Não houve restrição quanto à movimentação dos pés ou orientações relativas ao posicionamento dos membros superiores, mas os sujeitos foram instruídos a realizarem um manuseio simétrico no plano sagital. A transferência da caixa foi feita a partir da superfície intermediária (altura de 99 cm) para a prateleira inferior (altura de 59 cm), caracterizando o abaixamento e para a prateleira superior (altura de 140 cm), caracterizando o levantamento (Figura 1). Cada manuseio foi realizado com massas de 7 e 15kg, de modo a representar as cargas comumente manuseadas no dia-a-dia de

trabalhadores manuais. A ordem das cargas e da seqüência foi aleatorizada e, além disso, os voluntários desconheciam os valores das massas colocadas na caixa.



**Figura 1.** Tarefa de manuseio avaliada: 1) Levantamento 2) Abaixamento. **SS:** Superfície Superior com altura de 140 cm, **SI:** Superfície Intermediária, altura de 99 cm e **SIn:** Superfície Inferior, altura de 59 cm.

### **Análise dos dados**

Foi elaborada uma rotina no programa Matlab® versão 6.5 (*MathWorks Inc., Natick, MA, USA*), utilizada na análise dos dados exportados em formato *.ASCII* a partir do programa *Data Link 2.0*. A rotina foi implementada para demarcar o início e final do manuseio com base nos valores da força de prensão registrados pela caixa, utilizando-se um limiar de 0,5kgf para determinar o momento exato no qual os sujeitos estivessem

elevando ou soltando a caixa. Deste modo, a rotina forneceu os cálculos com base no período de manuseio demarcado.

Os padrões de amplitude de movimento resultantes do registro eletrogoniométrico foram submetidos a um filtro digital *Butterworth* de segunda ordem, com uma frequência de corte de 5Hz, determinado por uma análise residual. Os dados foram interpolados para 101 pontos e normalizados na base do tempo (em % do tempo bruto), para tornar os manuseios comparáveis entre os grupos e para a apresentação gráfica dos padrões.

Para a análise estatística utilizou-se o Programa SPSS 10.0, adotando-se uma significância de 5% e intervalo de confiança de 95%. Todos os dados foram expressos em relação à média e o desvio-padrão. Utilizou-se o coeficiente de variação (CV) (Eq 1)<sup>16</sup> para quantificar a variabilidade *inter*-grupos da amplitude de movimento (ADM) da coluna. Os valores relativos ao CV foram apresentados como índices (Eq. 1), de modo que um valor igual a 1 indica que o desvio-padrão da curva de movimento foi igual a média da mesma. Aplicou-se uma multianálise de variância (*MANOVA three-way*) com três fatores (experiência, massa manuseada e tipo de manuseio) para as variáveis dependentes tempo de manuseio e ADM da coluna no depósito da caixa. O teste *t de student* foi aplicado na determinação das diferenças dos valores de compressão intradiscal entre experiência e tipo de manuseio.

$$\text{Eq (1) } CV = \frac{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \sigma_i^2}}{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |M_i|}$$

Onde,  
 N = Número de pontos da curva  
 $\sigma_i$  = Desvio-padrão de cada instante *i*  
 $M_i$  = Média a cada instante *i*

### 4.1.3. RESULTADOS

O tempo dispendido pelos sujeitos experientes para completar o manuseio da caixa durante o abaixamento e levantamento com massas de 7kg e 15kg encontram-se na Tabela 1. Apesar de não haver nenhuma diferença estatisticamente significativa ao se considerar a experiência e tipo de manuseio, foi encontrado um aumento significativo do tempo dispendido conforme o incremento da massa manuseada de 7kg para 15kg.

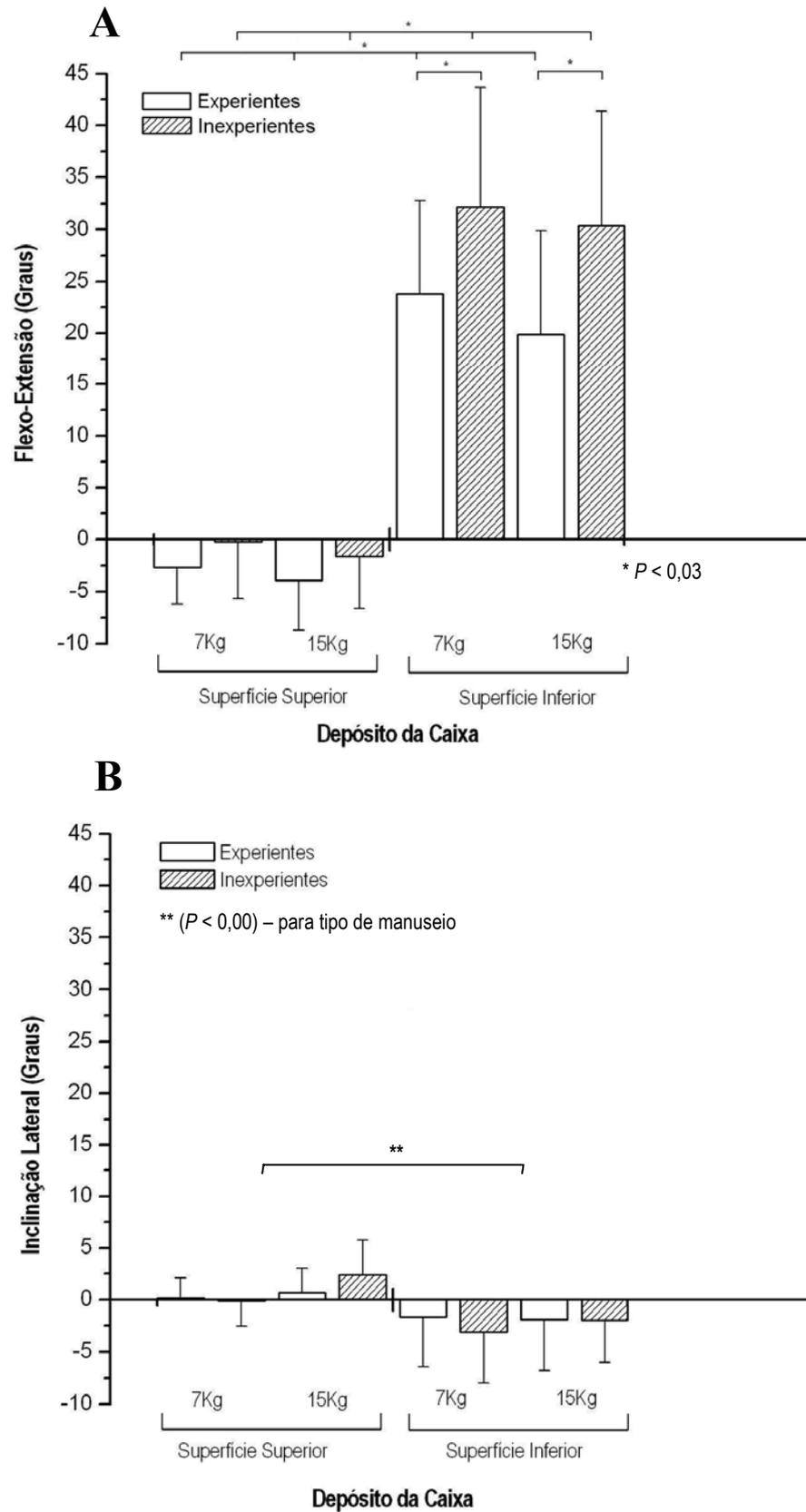
**Tabela 1.** Tempo dispendido (em segundos) pelos grupos para realizar o abaixamento e levantamento da caixa com massas de 7 e 15kg (EXP: Experientes; INEXP: Inexperientes; Média  $\pm$  Desvio-Padrão)

	<b>Abaixamento</b>		<b>Levantamento</b>	
	7kg*	15kg*	7kg*	15kg*
EXP	3,8 (0,5)	4,3 (0,9)	4,1 (0,8)	4,4 (1,1)
INEXP	3,9 (0,5)	4,2 (0,6)	4,1 (0,9)	4,7 (0,8)

\*Diferença significativa intragrupos entre as massas manuseadas ( $P = 0.012$ )

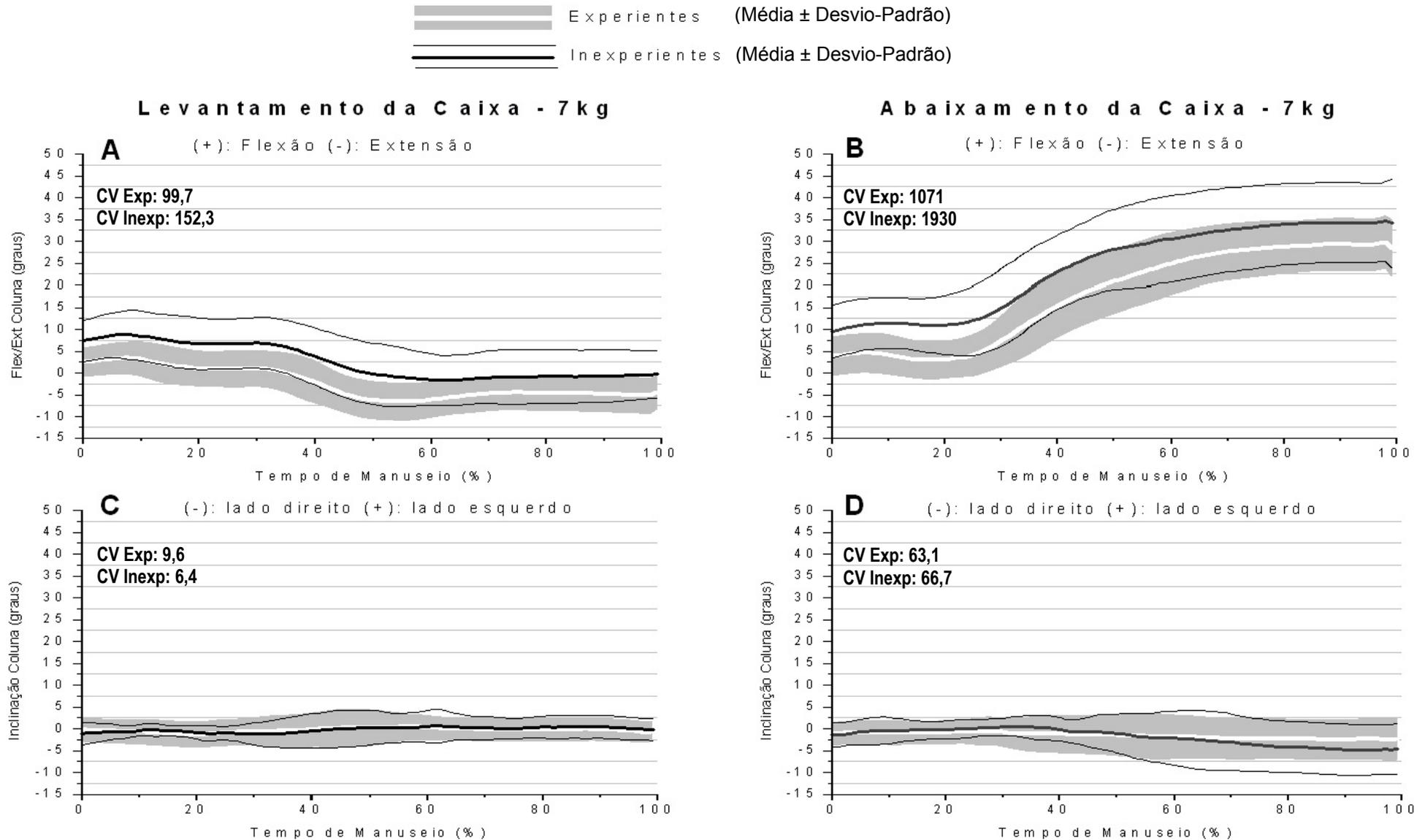
Em relação à postura adotada pelos sujeitos no momento exato da deposição da caixa nas superfícies superior e inferior, os valores para a flexo-extensão e inclinação lateral da coluna estão representados na Figura 2. Foram encontradas diferenças significativas para a flexo-extensão da coluna, considerando-se a experiência e tipo de manuseio (abaixamento e levantamento). Os inexperientes adotaram amplitudes significativamente maiores de flexão do tronco para realizar a deposição da caixa. Os indivíduos experientes adotaram uma extensão, apesar de discreta, significativamente maior que os sujeitos inexperientes, quando a carga era depositada na superfície superior (Figura 2A). Entretanto, não houve diferença quando os manuseios com 7 e 15kg foram comparados, para todos os sujeitos. O aumento da massa manuseada não apresentou nenhuma influência significativa nas amplitudes da coluna, tanto de flexo-extensão quanto de inclinação lateral.

Em relação à inclinação lateral da coluna, foram encontradas diferenças significativas apenas para o tipo de manuseio. Apesar da ausência de significância entre os grupos por experiência, pode-se notar que sujeitos experientes adotaram posturas com menor inclinação lateral, tanto no levantamento quanto no abaixamento (Figura 2B).

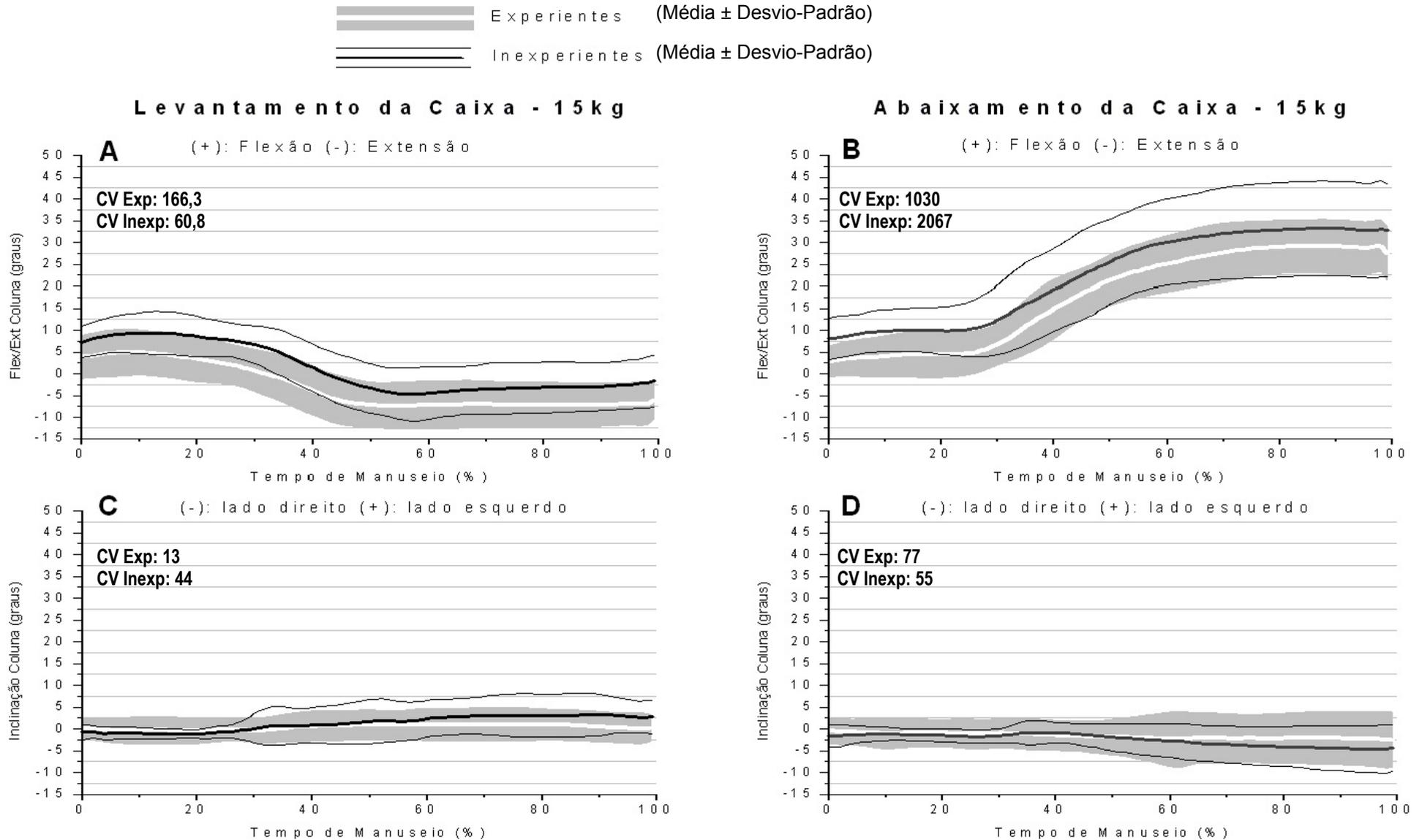


**Figura 2.** Amplitude de movimento da coluna no instante do depósito da caixa, de acordo com o manuseio em direção às superfícies superior e inferior. A) Flexo-extensão da coluna (- extensão, + flexão) e, B) Inclinação lateral (- lado direito, + lado esquerdo) da coluna (valores em graus).

As Figuras 3 e 4 apresentam os padrões de movimento da coluna durante o manuseio da caixa no levantamento e abaixamento com 7 e 15kg. O comportamento dos grupos foi similar ao se considerar o padrão das curvas de movimento. Entretanto, pode-se notar que os indivíduos inexperientes apresentaram maiores amplitudes de flexão da coluna ao longo do abaixamento da carga. Já no início do manuseio os inexperientes apresentavam maiores valores de flexão da coluna em relação aos experientes, que adotaram uma postura mais próxima à ereta até aproximadamente 20-30% do manuseio. Em se tratando da inclinação lateral da coluna durante o levantamento, os sujeitos mantiveram uma relativa simetria ao longo da transferência da caixa, com uma tendência a uma maior lateralização da coluna para o lado direito durante o abaixamento, mais pronunciada nos sujeitos inexperientes.



**Figura 3.** Padrões de movimento da coluna durante o levantamento e abaixamento da caixa com a carga de 7kg (Valores Médios da ADM ± DP) e respectivos coeficientes de variação (CV) para expressar a variabilidade do manuseio. **A e B** flexo-extensão da coluna; **C e D** inclinação lateral da coluna.



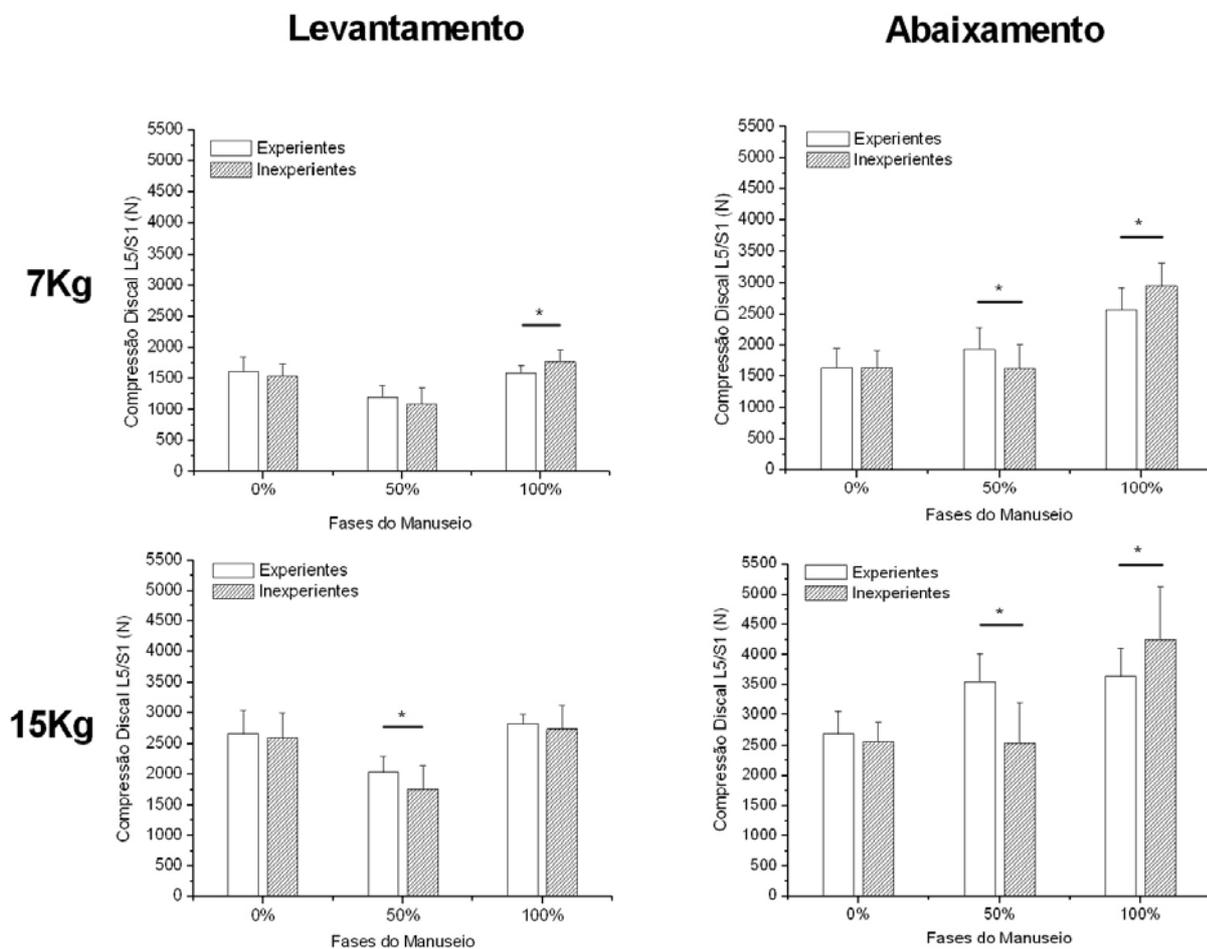
**Figura 4.** Padrões de movimento da coluna durante o levantamento e abaixamento da caixa com a carga de 15kg (Valores Médios da ADM ± DP) e respectivos coeficientes de variação (CV) para expressar a variabilidade do manuseio. **A e B** flexo-extensão da coluna; **C e D** inclinação lateral da coluna.

Durante o levantamento da caixa com 7kg, os experientes apresentaram uma extensão da coluna já nos primeiros momentos (em torno de 40%), diferentemente dos inexperientes, que em média não apresentaram extensão da coluna. Com o incremento da carga para 15kg, ambos os grupos apresentaram extensão da coluna, entretanto, os experientes apresentaram maiores amplitudes de extensão, adotando esta postura a partir dos 30% iniciais do manuseio. O coeficiente de variação indicou que os sujeitos inexperientes apresentaram maior variabilidade ( $CV = 152$ ), em relação aos experientes, durante o levantamento com 7kg. Entretanto, na carga de 15kg os experientes obtiveram maiores índices de variabilidade ( $CV = 166$ ) do que os inexperientes (Figura 4).

A variabilidade durante o abaixamento foi maior do que no levantamento. A flexo-extensão da coluna durante o abaixamento foi caracterizada por coeficientes de variação em torno de 2000 para os sujeitos inexperientes no manuseio com 15kg (Figura 4). Em geral, o incremento da carga parece ter causado um aumento da variabilidade na execução do manuseio pelos grupos, principalmente para a ADM de flexão lateral da coluna no levantamento e flexo-extensão no abaixamento realizado pelos inexperientes (Figuras 3 e 4).

Na Figura 5 estão apresentados os valores de compressão do disco intervertebral em L5/S1 nas tarefas de levantamento e abaixamento com 7 e 15kg. Como pode-se observar, as diferenças entre experientes e inexperientes foram mais evidenciadas durante o abaixamento. Na fase intermediária (50%), pode-se notar que os sujeitos experientes apresentaram maiores valores de compressão, principalmente durante o abaixamento da carga. Por outro lado, no instante do depósito da caixa (100%), os experientes apresentaram valores de compressão significativamente menores do que os inexperientes, tanto para o abaixamento com 7kg quanto com 15kg. A comparação entre

o abaixamento e levantamento demonstrou que a tarefa de abaixamento apresentou maiores valores de compressão, principalmente no momento de deposição da caixa.



**Figura 5.** Valores estimados da compressão no disco intervertebral de L5/S1 para o levantamento e o Abaixamento com 7kg e 15kg (0% - início do manuseio e 100% - momento de deposição da caixa) (\*diferença significativa,  $P < 0,05$ ).

#### 4.1.4. DISCUSSÃO

Os achados relativos ao tempo necessário para se completar a tarefa não foram totalmente conclusivos. Entretanto, houve um aumento significativo do tempo dispendido no manuseio após o incremento da massa para 15kg, tanto no levantamento quanto abaixamento. Burgess-Limerick et al. (1995) também encontraram um aumento da duração do tempo dispendido em um levantamento e abaixamento experimental conforme o aumento da carga manuseada. Por outro lado, talvez este parâmetro temporal represente melhor a exposição a possíveis fatores de risco caso estudos sejam conduzidos na situação real de trabalho. Aspectos do ambiente (ritmo de produção, prazos de entrega e limitações de espaço físico) em associação com a experiência e tipo de manuseio, talvez possam influenciar o tempo necessário para se completar as tarefas, além de determinar a presença de riscos para lesões.

Os resultados do presente estudo corroboram com os da literatura, na medida em que foram encontradas diferenças na postura da coluna durante o depósito da caixa na superfície inferior entre os sujeitos experientes e inexperientes. Estudos que compararam as estratégias de manuseio entre sujeitos experientes e inexperientes demonstraram que as principais diferenças encontram-se no início e final (depósito da caixa) do manuseio (Authier et al., 1996).

Apesar da ausência de significância, com o aumento da massa manuseada, todos os indivíduos adotaram posturas menos fletidas da coluna durante o depósito da caixa em superfícies inferiores. Entretanto, os sujeitos experientes adotaram posturas menos fletidas em relação aos inexperientes. Segundo Burgess-Limerick e Abernethy (1997), indivíduos que realizam manuseios com cargas mais pesadas adotam com maior frequência posturas de joelho fletidas. Apesar das posturas do joelho não terem sido avaliadas no presente estudo, este fato talvez possa explicar as menores amplitudes da

coluna, devido a uma melhor sinergia entre as articulações dos membros inferiores e coluna durante o manuseio de materiais (Burgess-Limerick e Abernethy, 1997).

Ao que parece, os sujeitos experientes adotaram uma estratégia que acarretou um aumento da compressão intradiscal no instante de 50% do levantamento e abaixamento (exceto no levantamento com 7kg). O aumento da sobrecarga em 50% foi sucedido por uma menor compressão durante a deposição da caixa na superfície inferior, associada à postura menos fletida da coluna. Essa maior sobrecarga durante a tarefa pode estar relacionada à adoção de uma ação preparatória, de modo a proporcionar estabilidade e equilíbrio da coluna (Granata e Orishimo, 2001) e favorecer um melhor posicionamento para completar o manuseio. De fato, manuseios realizados em direção a superfícies inferiores e associados com assimetria da coluna são responsáveis por altos índices de compressão intradiscal (Davis e Marras, 2005).

Entretanto, os menores valores de compressão em L5/S1 apresentados pelos experientes durante a deposição da caixa sugerem que eles possam ter adotado uma técnica envolvendo posturas semifletidas de joelho. Tais posturas são reconhecidas por proporcionarem economia energética (Authier e Lortie, 1996) e melhor posicionamento do objeto manuseado com o intuito de diminuir a sobrecarga na coluna (Pope et al., 1991) durante a realização de tarefas de manuseio. Portanto, a adoção de uma possível estratégia preparatória em conjunto com posturas mais simétricas por parte dos experientes podem ter ocasionado menores índices de sobrecarga no depósito da caixa, em comparação aos inexperientes. Estudos futuros deveriam ser conduzidos para elucidar possíveis riscos encontrados nas fases intermediárias do manuseio.

A tarefa de abaixamento com 15kg demonstrou grande sobrecarga, por apresentar maiores valores de compressão intradiscal em relação ao levantamento. De fato, tarefas de abaixamento parecem impor maior sobrecarga (Davis et al., 1998; Davis

e Marras, 2005) e conseqüente risco de lesões para a coluna vertebral (Davis et al., 1998). Apesar de terem sido relativamente menores (em torno de 4500N contra 5600N), os dados corroboram com outro estudo (Davis e Marras, 2005) que utilizou uma carga similar (11,4kg). De acordo com Davis e Marras (2005), a necessidade de se manter os pés dos sujeitos avaliados em uma posição fixa pode ter aumentado os índices de sobrecarga. Ao contrário, o presente estudo deliberadamente não estipulou restrições à movimentação dos pés durante o manuseio, para que as condições experimentais pudessem se aproximar das reais, dentro do possível e com base nas recomendações de Marras (2000).

A postura em extensão, apresentada pelos experientes durante o depósito da caixa na superfície superior, pode caracterizar a adoção de uma estratégia facilitatória. Os valores de compressão intradiscal parecem reforçar esta suposição, já que no levantamento com 7kg os experientes apresentaram uma sobrecarga significativamente menor em L5/S1 em relação aos inexperientes, o que não ocorreu com a carga de 15kg. Provavelmente essa postura tenha sido adotada com o intuito de favorecer o posicionamento dos membros superiores para otimizar a tarefa, além de aumentar a estabilidade da coluna. Granata e Orishimo (2001) afirmam que o sistema neuromuscular responde a mudanças, de modo que aumentos de carga e altura induzem uma maior ativação muscular. Estes autores demonstraram, ainda, que levantamentos na altura da cabeça e ombro requerem maior ativação muscular de flexores e extensores do tronco, para manter a estabilidade postural. Os achados do presente estudo sugerem que novas pesquisas devem ser conduzidas para avaliar se o aumento da extensão apresentada por experientes no depósito da carga pode ser um elemento protetor à coluna, e para avaliar se as menores amplitudes de flexão e menores valores de

compressão intradiscal nos experientes foram ocasionados pela participação das articulações do quadril e joelho.

Um dos critérios adotados para se avaliar se uma determinada técnica de manuseio é segura ou não inclui, dentre vários parâmetros, a simetria postural da coluna (Gagnon, 2005). Os sujeitos experientes avaliados neste estudo apresentaram um padrão de relativa simetria de inclinação lateral da coluna, tanto ao longo do manuseio quanto no momento de deposição da caixa, o que sugere a adoção de uma postura biomecanicamente mais favorável. De modo contrário, em determinados momentos houve uma atitude assimétrica principalmente pelos inexperientes, com a lateralização da coluna para o lado direito. Tal atitude pode estar relacionada com a dominância manual dos sujeitos. De fato, em estudo prévio (Padula et al., 2006) de nosso grupo observamos que a mesma amostra analisada no presente estudo apresentou maiores valores de força de preensão no lado direito da caixa manuseada. Assim, talvez o posicionamento da coluna em lateralização à direita tenha ocorrido para favorecer a realização de força durante a preensão da caixa. No entanto, este fato necessita de melhor investigação em estudos futuros.

Em se tratando da variabilidade, sabe-se que os seres humanos apresentam diferenças individuais, sejam elas antropométricas (Pheasant, 2001) ou diferenças na adoção de posturas e padrões de movimentos utilizados para se completar uma tarefa específica (Burgess-Limerick e Green, 2000). Em geral, os inexperientes apresentaram maiores índices de variabilidade e a tarefa de abaixamento foi caracterizada por uma grande variação. Com o aumento do peso manuseado, houve uma tendência de adoção de posturas mais variadas. É possível que essa variabilidade tenha ocorrido como estratégias individuais de enfrentamento perante o aumento do esforço.

Os achados do presente estudo sugerem que as instruções padronizadas de manuseio usualmente utilizadas em treinamentos sejam revistas. O fato dos sujeitos adotarem variadas posturas sejam elas decorrentes de limitações físicas ou experiência pessoal e profissional, talvez confirme a idéia de que para prevenir, devemos ensinar os sujeitos a identificarem e reconhecerem situações de risco, e não apenas prescrever a “maneira correta” de se fazer.

## **CONCLUSÃO**

Sujeitos inexperientes tenderam a adotar posturas da coluna mais fletidas no depósito da carga em superfícies baixas, enquanto os experientes apresentaram menores amplitudes de flexão. Ainda, o manuseio em direção à superfície inferior foi caracterizado por uma maior inclinação lateral da coluna por parte dos inexperientes, sendo que sujeitos experientes adotaram posturas mais simétricas. Foi encontrada uma grande variabilidade durante a execução do manuseio, principalmente durante o abaixamento para os sujeitos inexperientes e, em geral, o aumento da carga ocasionou um aumento da variabilidade e do tempo necessário para se completar a tarefa, tanto para experientes quanto inexperientes. Essa variabilidade talvez represente a adoção de diferentes estratégias individuais de enfrentamento perante o aumento da demanda da tarefa. A tarefa de abaixamento foi responsável por maior sobrecarga na região de L5/S1. Os sujeitos experientes apresentaram menores valores de compressão intradiscal durante a deposição da caixa em superfície inferior. Os achados sugerem que o aprendizado de como reconhecer situações de risco é mais importante do que instruções padronizadas de manuseio.

## **4.2. Estudo IV**

### **AVALIAÇÃO DAS ESTRATÉGIAS ADOTADAS POR SUJEITOS EXPERIENTES E INEXPERIENTES DURANTE ATIVIDADE DE MANUSEIO DE MATERIAIS**

#### **4.2.1. INTRODUÇÃO**

A atividade de manuseio de materiais tem sido foco de pesquisa em muitos estudos. Considerada como qualquer atividade que requeira uso de força exercida por uma pessoa para levantar, abaixar, empurrar, carregar ou segurar um objeto (Straker, 1999) o manuseio de materiais é frequentemente utilizado no contexto ocupacional.

A relação entre manuseio de cargas e a ocorrência de distúrbios músculo-esqueléticos tem sido amplamente estudada (Yeung et al., 2002). De maneira geral, as disfunções ocasionadas por estas atividades compreendem de 25 a 36% das queixas relacionadas ao trabalho (Straker, 1999). A associação entre a atividade ocupacional e as lesões músculo-esqueléticas tem motivado a realização de estudos para melhor compreender a sobrecarga corporal quando do manuseio de materiais (Ciriello et al., 1999; Gagnon et al., 2002; Padula e Gil Coury, 2003a; Padula e Gil Coury, 2003b). Os estudos com esse propósito têm avaliado a influência de diversos fatores na sobrecarga corporal, como altura do manuseio, carga manuseada, distância percorrida, tipo de manuseio (abaixamento, levantamento e assimetria).

O conhecimento da sobrecarga imposta aos indivíduos que realizam atividade de manuseio de materiais é importante do ponto de vista preventivo. Entender a sobrecarga e o mecanismo de lesão permite desenvolver treinamentos mais efetivos (Gagnon, 1997). O esforço imposto ao sistema músculo-esquelético durante o manuseio em

atividades funcionais parece ser ainda influenciado pelo nível de experiência dos indivíduos. Authier et al. (1996) compararam as técnicas de manuseio usadas por experientes e inexperientes durante o manuseio livre, e os resultados indicaram que indivíduos experientes apresentam técnicas diferenciadas. Foram identificadas, entre os experientes, mais de 40 combinações de inclinação da caixa e tipos de preensão.

Neste sentido, a inclinação foi foco de estudos com o intuito de verificar a relação com a sobrecarga dos segmentos corporais durante o manuseio. Entretanto, os sujeitos realizavam o manuseio com a carga em inclinações pré-estabelecidas e paralela ao chão. Gagnon (1997) identificou que a inclinação da carga ocasionou redução da sobrecarga da coluna e nos ombros, além da diminuição do esforço. Outro estudo (Gagnon et al., 2000) demonstrou que o melhor posicionamento do objeto manuseado e a redução da flexão do joelho permitiam uma melhor distribuição da sobrecarga imposta pelo manuseio.

As estratégias de manuseio apresentadas por indivíduos experientes não se restringem ao complexo mão-carga. Trabalhadores que realizam atividades de manuseio diariamente desenvolvem estratégias que compreendem mudanças no posicionamento dos pés e postura corporal (Gagnon, 2005). O posicionamento dos pés evita assimetrias do tronco, mostrando clara vantagem mecânica, e a postura adotada por experientes, como flexão do joelho ou ombros paralelos ao chão em combinação à inclinação da carga, tende a diminuir a demanda da tarefa (Gagnon, 2005).

Sendo assim, além dos fatores físicos relacionados às atividades de manuseio, o entendimento das estratégias desenvolvidas por indivíduos experientes torna-se importante para aprimorar os treinamentos adotados na prevenção de distúrbios músculo-esqueléticos. Os estudos desenvolvidos por Authier et al. (1996) e Gagnon (2000) identificaram a inclinação da carga como estratégia utilizada por indivíduos

experientes no manuseio de materiais. Alguns estudos avaliaram fatores como distância da carga ao centro de gravidade e sua interferência na sobrecarga lombar. Outros avaliaram a inclinação em faixas de amplitude, sendo que nenhum deles realizou medida quantitativa desse fator durante as atividades desenvolvidas por experientes e inexperientes. Assim, o objetivo deste trabalho foi comparar as estratégias de manuseio realizadas por sujeitos experientes e inexperientes com relação ao posicionamento dos pés e tronco durante atividade de abaixamento e de inclinação da carga no levantamento e abaixamento.

#### **4.2.2. MATERIAIS E MÉTODOS**

##### **Sujeitos**

Participaram do estudo 20 sujeitos saudáveis do gênero masculino, dez trabalhadores com experiência acima de 1 ano em atividades de manuseio (média de  $25 \pm 4$  anos de idade,  $1,70 \pm 0,03$  m de altura,  $64,8 \pm 8,9$  kg e  $7,2 \pm 6,2$  anos de experiência) e 10 sujeitos sem experiência profissional (média de  $21 \pm 3$  anos de idade,  $1,70 \pm 0,04$  m de altura e  $73 \pm 6$  kg). Nenhum dos sujeitos, de ambos os grupos, apresentava conhecimento sobre técnicas de manuseio seguro.

Para serem incluídos, os sujeitos foram submetidos a uma avaliação postural e selecionados de acordo com critérios: idade compreendida entre 17 e 35 anos; Índice de Massa Corpórea (IMC) indicando peso normal ou sobrepeso (de 19,9 a 29,9 kg/m<sup>2</sup>); estatura entre 1.65 e 1.75 m; ausência de grandes assimetrias posturais (lordose e escoliose acentuadas); ausência de traumas ou disfunção músculo-esquelética dos membros superiores e inferiores, coluna e pescoço no último ano e ausência de lombalgia nos últimos seis meses. Todos os sujeitos foram esclarecidos sobre os objetivos e procedimentos da pesquisa, e manifestaram concordância por meio da

assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, de acordo com a Resolução 196 do CNS. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Instituição, sob parecer número 059/04.

### **Materiais e equipamentos**

Para o desenvolvimento do estudo foram utilizados os seguintes equipamentos:

- Estante de metal com 3 prateleiras;
- Caixa de Aço (300 X 300 X 180 mm), desenvolvida para estudo da atividade de manuseio (Padula e Gil Coury, 2004). Possui massa de 7kg e permite, por meio de encaixe interno, acréscimo de carga para variação da massa;
- Balança antropométrica, fita métrica;
- Filmadora digital JVC e tripé;
- Programa editor de imagens *Pinnacle Studio* Versão 8.12;
- Programa AutoCAD<sup>®</sup> 2000.

### **Descrição da atividade e procedimentos**

O manuseio foi realizado entre diferentes alturas, a partir de uma superfície intermediária (102,5cm), para a prateleira inferior (62,5cm), caracterizando o abaixamento e para a prateleira superior (145,5cm), caracterizando o levantamento. Cada manuseio foi realizado com uma massa de 7 e 15kg. A seqüência das transferências e a carga manuseada foram aleatorizadas.

Inicialmente foram coletados dados pessoais dos sujeitos e estes foram familiarizados ao ambiente de coleta. Em seguida foram dadas instruções sobre a seqüência do manuseio e orientação para realizá-lo de forma natural. Os indivíduos não foram informados a respeito da massa da carga. Os sujeitos foram orientados a iniciar a

atividade após um comando verbal, e após o término de cada manuseio deveriam retornar à posição inicial e aguardar os comandos para realizar a transferência seguinte.

A atividade foi registrada e para tal, a filmadora digital e o tripé foram posicionados perpendicularmente ao plano sagital dos sujeitos. As imagens foram coletadas com uma amostragem de 50 quadros/segundo.

### **Processamento dos dados**

Por meio do programa de edição, as imagens foram selecionadas de modo que o início e término do manuseio foram sinalizados como o momento no qual os sujeitos tocaram a caixa e o momento no qual as mãos soltaram a caixa, respectivamente. O momento referente a 50% da tarefa foi armazenado em formato ‘.jpg’ e em seguida a inclinação antero-posterior da caixa foi mensurada por meio do programa AutoCAD<sup>®</sup>. Neste caso foi traçada uma reta paralela à base da caixa e calculado o ângulo em respeito à horizontal absoluta. Para que a inclinação pudesse ser comparada entre os diferentes manuseios, não foi considerado o sentido (horário ou anti-horário), apenas sua magnitude.

Para a classificação das posturas, realizou-se uma análise qualitativa do momento de deposição da caixa na superfície inferior. Foram utilizadas as categorizações: Agachado (*Squat*), Joelhos estendidos (*Stoop*) ou Semi-fletido (*semi-squat*), baseados em Burgess-Limerick (2003) e posicionamento dos pés: simétrico, direito à frente ou esquerdo à frente, com base em Gagnon (2003).

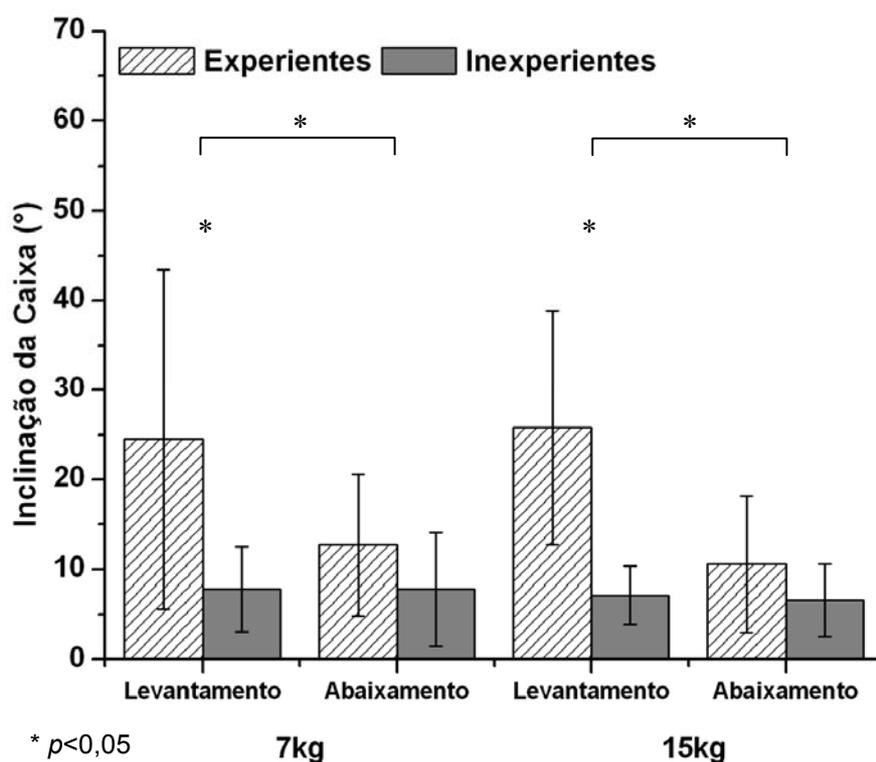
### **Análise dos dados**

Utilizou-se a Análise de Variância com 3 fatores (*ANOVA three-way*) para avaliar a inclinação da carga com relação à experiência, carga manuseada e tipo de manuseio

(levantamento e abaixamento). Os dados referentes à classificação das posturas foram analisados de forma descritiva.

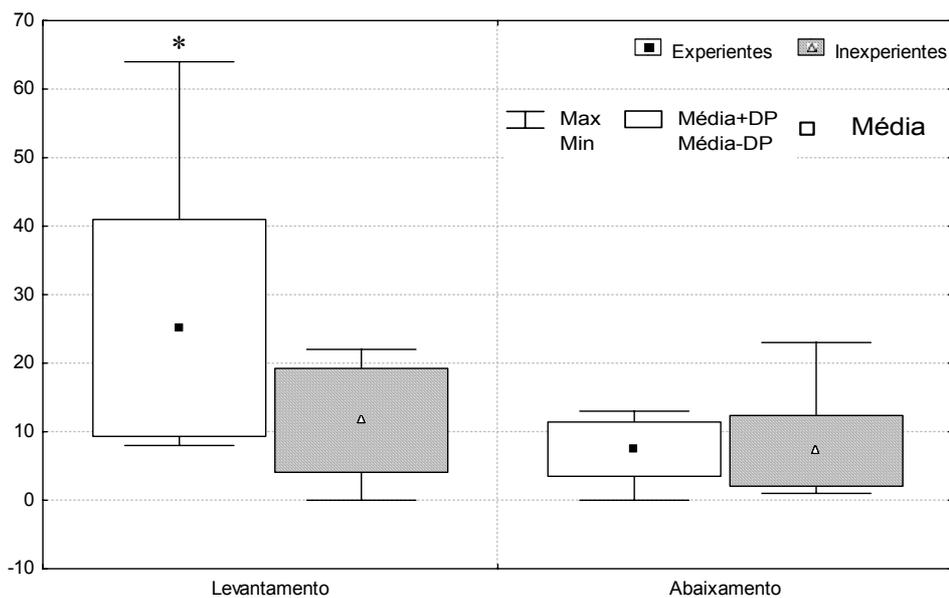
#### 4.2.3. RESULTADOS

Na Figura 1 estão apresentados os valores angulares de inclinação da caixa que os sujeitos experientes e inexperientes realizaram durante o levantamento e abaixamento com cargas de 7 e 15kg. A análise estatística indicou diferença na inclinação da carga com relação à experiência e tipo de manuseio ( $P < 0,05$ ). A massa manuseada não interferiu de maneira significativa na inclinação realizada pelos sujeitos durante a tarefa.



**Figura 1.** Inclinação da caixa realizada pelos sujeitos experientes e inexperientes durante o levantamento e abaixamento com 7kg e 15kg.

Ainda em relação à inclinação da caixa, foi encontrada uma interação significativa entre experiência e tipo de manuseio ( $P < 0.05$ ). Os experientes realizaram maior inclinação da caixa no levantamento. Durante o abaixamento não houve diferença entre os grupos para esta variável (Figura 2). Deve-se destacar a grande variabilidade observada entre os sujeitos experientes quando na atividade de levantamento (Figura 2).



\*  $p < 0,05$  para todas as combinações.

**Figura 2.** Comparação da inclinação da caixa realizada pelos sujeitos experientes e inexperientes durante levantamento e abaixamento.

As Tabelas 1 e 2 apresentam a classificação das posturas durante o abaixamento. O manuseio com 7kg foi caracterizado pela adoção de posturas com tronco fletido e joelhos estendidos, pela maioria dos sujeitos experientes (60%). A maioria dos inexperientes adotaram posturas semi-fletidas (50%) para o mesmo peso manuseado. O aumento da massa manuseada demonstrou que houve uma inversão das posturas adotadas pelos experientes. A maioria (60%) adotou posturas semi-fletidas. Já os

sujeitos inexperientes não apresentaram grandes mudanças posturais com o aumento de peso (Tabela 1).

**Tabela 1.** Porcentagem de sujeitos classificados com a postura joelhos estendidos (*stoop*), agachado (*squat*) ou semi-fletido (*semi-squat*) durante a deposição da caixa na superfície inferior (abaixamento) com 7kg e 15kg.

	<b>Experientes</b>		<b>Inexperientes</b>	
	<b>7kg</b>	<b>15kg</b>	<b>7kg</b>	<b>15kg</b>
<b>Joelhos estendidos</b>	60	20	40	30
<b>Agachado</b>	10	20	10	10
<b>Semi-fletido</b>	30	60	50	60

Os dados referentes ao posicionamento dos pés estão apresentados na Tabela 2. Ambos os grupos adotaram posturas assimétricas dos membros inferiores com maior frequência. Entretanto, conforme o aumento da massa para 15kg, parte dos experientes (20%) modificaram a postura simétrica dos pés para uma postura com abertura da base de apoio (membros direito ou esquerdo à frente). Esta mudança resultou em 90% dos experientes adotando tal postura em assimetria, ao contrário dos inexperientes, que não apresentaram mudanças em relação ao manuseio com 7kg.

**Tabela 2.** Porcentagem de sujeitos classificados com a postura dos pés em simetria, direito ou esquerdo à frente durante a deposição da caixa na superfície inferior (abaixamento) com 7kg e 15kg.

	<b>Experientes</b>		<b>Inexperientes</b>	
	<b>7kg</b>	<b>15kg</b>	<b>7kg</b>	<b>15kg</b>
<b>Simétrico</b>	30	10	30	30
<b>MID à frente</b>	20	30	40	40
<b>MIE à frente</b>	50	60	30	30

MID – Membro inferior direito; MIE – Membro inferior esquerdo

#### 4.2.4. DISCUSSÃO

Os resultados confirmam a adoção de diferentes estratégias de manuseio, sendo que experientes realizaram maior inclinação da carga durante a atividade de levantamento. Sabe-se que atividades de levantamento impõem maior demanda ao sistema músculo-esquelético (Granata e Orishimo, 2001), já que este deve atuar no sentido de vencer a força da gravidade. Este fator pode estar relacionado à maior inclinação observada nos sujeitos experientes durante a transferência da carga para a superfície alta. De fato, a inclinação da caixa aproxima o objeto manuseado do centro de massa do indivíduo, e reduz o estresse de compressão em L5/S1 e o torque durante a flexão dos ombros (Authier et al., 1996; Gagnon, 1997). Uma maior inclinação da caixa pode favorecer a manutenção dos ombros em simetria, o que está associado à redução dos riscos para esta articulação (Gagnon, 2000). Os indivíduos inexperientes também aumentaram o grau de inclinação da carga no levantamento, embora não tenha sido significativo.

Durante o abaixamento não houve diferenças entre os grupos no tocante à inclinação da caixa. Ao que parece, durante o abaixamento de cargas, a experiência determinou a adoção de estratégias mais voltadas para o posicionamento do corpo. De fato, Authier et al. (1996) encontraram que as principais diferenças na deposição de uma caixa realizada por sujeitos experientes e inexperientes concernem à postura, movimentação dos pés e posicionamento da caixa. Por outro lado, a tarefa avaliada pelos autores era de natureza assimétrica, ao contrário do presente estudo, no qual o manuseio foi simétrico. É possível que a assimetria das atividades de abaixamento favoreça uma maior inclinação da caixa.

O incremento da massa de 7 para 15kg parece não ter sido suficiente para alterar a estratégia de inclinação da caixa entre os grupos de experiência. Por outro lado, este fator determinou a estratégia dos membros inferiores. Sujeitos experientes parecem diversificar o posicionamento dos pés conforme o aumento da massa manuseada. Enquanto os inexperientes não apresentaram mudanças no posicionamento dos pés com o aumento de peso, um maior número de experientes modificou o posicionamento simétrico dos pés e adotaram uma abertura da base de apoio na carga de 15kg. De fato, Delisle et al. (1996) afirmam que a mobilidade dos pés constitui um mecanismo para distribuir melhor a sobrecarga na coluna, além de melhorar a estabilidade corporal e favorecer manuseio de cargas mais pesadas.

Em relação à deposição da caixa na superfície inferior, o aumento da massa manuseada evidenciou a utilização de posturas semi-fletidas do tronco e joelho pela maioria dos sujeitos avaliados. Sabe-se que posturas envolvendo semi-flexão de joelho são reconhecidas por proporcionarem economia energética na realização de tarefas de manuseio (Gagnon et al., 1996). Ao contrário dos inexperientes, os experientes demonstraram uma inversão na adoção destas posturas, influenciadas pelo peso. Ou seja, no manuseio com 7kg, enquanto 60% dos sujeitos adotaram a postura com joelhos estendidos, com o aumento de carga houve uma grande inversão e a maioria (80%) adotou posturas agachadas (20%) ou semi-fletidas (60%). Neste sentido, apenas os experientes apresentaram uma estratégia de adaptação postural em resposta a um aumento de peso.

Segundo Gagnon et al. (2000), a inclinação da carga e a postura do tronco são elementos importantes que podem diferenciar indivíduos experientes de inexperientes durante tarefas de manuseio. No ambiente ocupacional, existem muitas possibilidades de combinações de inclinações, posicionamento dos pés e tronco e, embora estes

parâmetros tenham sido estudados separadamente, eles são interdependentes (Delisle et al., 1996) e contribuem para maior segurança durante o desempenho das tarefas.

Outro aspecto interessante foi a maior variabilidade observada entre os sujeitos experientes. De acordo com Authier et al. (1996), trabalhadores com experiência em atividades de manuseio apresentam diferentes estratégias, o que resulta em maior variabilidade nos padrões de pega e movimentação da carga.

Talvez a variabilidade apresentada pelos experientes durante o levantamento caracterize diferentes estratégias adotadas em face de um aumento da sobrecarga. Tendo em vista as estratégias de controle motor, uma das características dos ajustes posturais associados ao movimento é sua adaptabilidade às condições da tarefa (Shumway-Cook e Woollacott, 2003). Podemos considerar a variabilidade observada entre sujeitos experientes como estratégias de enfrentamento perante diferentes demandas das situações funcionais. De fato, a aprendizagem motora é descrita como uma série de processos associados à experiência, que levam a mudanças relativamente permanentes na capacidade de produzir uma ação hábil (Shumway-Cook e Woollacott, 2003).

Apesar da padronização do movimento ser vista como positiva em situações ocupacionais, por refletir um padrão mais econômico de movimento, ela pode não levar em conta a variabilidade inerente aos sujeitos. Deste modo, o comportamento registrado para o grupo de experientes pode ter influências da experiência prévia na atividade. Estas estratégias evidenciam-se em situações de maior demanda, o que no presente estudo refere-se ao levantamento e ao aumento da carga de 7 para 15kg. Tal variabilidade deve ser vista como positiva, no sentido de que uma adaptação à demanda da situação ocupacional pode ser responsável pela adoção de um método individual e econômico, permeado pela experiência profissional.

#### **4.2.5. CONCLUSÃO**

Sujeitos experientes e inexperientes adotaram diferentes estratégias durante a tarefa de manuseio estudada. Os indivíduos experientes inclinaram mais a carga durante o levantamento em comparação com os inexperientes, mas o aumento do peso manuseado parece não interferir na inclinação antero-posterior da caixa. Por outro lado, o manuseio com maior carga foi caracterizado pela adoção de posturas semi-fletidas e abertura da base de apoio dos membros inferiores por parte dos experientes. Ressalta-se a importância dos treinamentos e intervenções preventivas considerarem a existência de variabilidade entre sujeitos experientes. Deste modo, a variabilidade no sentido da adaptação a uma demanda ocupacional e o aprendizado de como reconhecer situações de risco torna-se relevante na implementação de programas de prevenção mais efetivos.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A escolha de dois testes clínicos destinados à avaliação da flexibilidade dos músculos isquiotibiais, utilizados no Estudo I, foi importante, pois inseriu técnicas amplamente utilizadas na prática clínica do fisioterapeuta, em estudo de contexto ocupacional. Embora os testes tenham apresentado diferenças na classificação de flexibilidade quando comparados entre si, os resultados demonstraram que o Teste de Elevação dos Membros Inferiores em Extensão foi mais sensível e, forneceram indicativos acerca da restrição de movimento do quadril devido à redução de flexibilidade dos isquiotibiais. Com base no estudo pormenorizado de dois métodos, amplamente utilizados na avaliação da flexibilidade dos isquiotibiais, foi possível escolher o Teste de Elevação dos Membros Inferiores em Extensão para consequente aplicação no Estudo II com maior segurança.

Em termos gerais, é importante ressaltar que a utilização dos dois testes clínicos em questão (Estudo I) deve ser cautelosa. Estudos futuros e aplicações clínicas deveriam considerar alguns aspectos, dentre os quais a massa abdominal, já que indivíduos obesos ou mulheres grávidas podem oferecer resistência durante a flexão do tronco, principalmente no teste de dedos ao chão. Neste sentido, o índice de massa corpórea, mensurações de pregas cutâneas ou cirtometria podem auxiliar no controle de variáveis confundidoras da interpretação do teste. Ainda, o fato de que a gravidade possa atuar, principalmente no teste de elevação dos MMII em extensão, deve ser considerada para evitar possíveis alterações de interpretação dos achados, por parte dos avaliadores.

Os resultados referentes à influência da redução de flexibilidade na estratégia de movimento adotada durante a realização do manuseio, relatados no Estudo II, foram elucidativos e corroboraram com os indicativos da literatura. Apesar das limitações

impostas pela aquisição dos dados com um sistema bidimensional e a pequena amostra no Estudo II, acredita-se que os métodos empregados forneceram informações importantes, principalmente por terem sido aplicados em um contexto ocupacional e dinâmico. Tais achados podem embasar a realização de novos estudos direcionados ao estabelecimento da influência da flexibilidade reduzida dos isquiotibiais como fator predisponente para a lombalgia, em atividades de manuseio de carga. A adoção de sistemas de análise cinemática com aquisição tridimensional e a adição dos padrões de movimento do joelho, além da eletromiografia dos eretores da coluna e isquiotibiais poderão confirmar os indicativos de que sujeitos com flexibilidade reduzida de fato estão expostos à maior sobrecarga ligamentar e articular na coluna durante o manuseio de cargas.

Os Estudos III e IV demonstraram que a experiência em ocupações que requerem manuseio de cargas determinou a adoção de estratégias durante a atividade de manuseio avaliada. Tais estratégias podem ser exemplificadas pela inclinação da caixa manuseada e posturas mais simétricas e equilibradas, como pode ser observado no Estudo IV. Os resultados destes estudos sugerem que sujeitos experientes possuem estratégias preparatórias em resposta a condições adversas que podem ser encontradas durante atividades de manuseio, tais como o aumento de peso manuseado e diferenças de altura.

Por sua vez, a inclusão de sujeitos experientes dentro de um contexto que avaliou a influência de um aspecto físico como a flexibilidade dos isquiotibiais (Estudo II) na performance de uma atividade ocupacional forneceu indicativos importantes acerca de possíveis riscos de lesões. O Estudo II demonstrou que sujeitos experientes adotaram estratégias de movimento em resposta às influências da redução da flexibilidade muscular. Os achados indicam que esta redução de flexibilidade impôs restrições ao movimento da pelve e, conseqüentemente, ocasionou a adoção de maiores amplitudes

de movimento do tronco. Estes resultados sugerem que isquiotibiais encurtados podem ocasionar aumentos na sobrecarga da coluna durante a atividade de manuseio de cargas.

Os resultados apresentados nesta dissertação contribuíram para o conjunto de conhecimento que pode auxiliar o estudo dos fatores de risco presentes em atividades de manuseio de carga. Os resultados sugerem que a experiência foi responsável pela adoção de estratégias em resposta às condições da atividade. Entretanto, novos estudos deveriam ser realizados no sentido de melhor compreender e determinar se tais estratégias caracterizam respostas protetoras ou de risco.

Os achados levantam a hipótese de que a influencia da flexibilidade reduzida dos isquiotibiais tenha, de certo modo, anulado os conhecimentos e técnicas de movimento proporcionadas pela experiência profissional de manuseio. Deste modo, sugere-se que o encurtamento muscular pode atuar concomitantemente com outros fatores de risco presentes em atividades de manuseio e favorecer o aumento da sobrecarga na coluna.

Com base no que foi apresentado, espera-se que os resultados contribuam no sentido de incrementar os conhecimentos aplicados em programas de treinamento e intervenção preventiva em indústrias e empresas com postos de trabalho que exijam atividades de manuseio. Ressalta-se que os sujeitos devam aprender a reconhecer situações de risco. Assim, o reconhecimento da existência de variabilidade durante a execução da atividade, limites físicos individuais e capacidade de adaptação e ajustes dos movimentos durante o manuseio podem proporcionar um melhor aprendizado e segurança durante o trabalho.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abernethy B, Kippers V, Mackinnon LT, Neal RJ, Hanrahan S. The biophysical foundations of human movement. Champaign: Human Kinetics, 1997.
2. Alter MJ. Science of flexibility. 2<sup>nd</sup> ed. Champaign: Human Kinetics, 1996.
3. Arjmand N, Shirazi-Adl A. Biomechanics of changes in lumbar posture in static lifting. *Spine* 2005, 30(23):2637-2648.
4. Atkinson G, Nevill AM. Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports Med* 1998 oct; 26(4):217-238.
5. Authier M, Lortie M, Gagnon M. Manual handling techniques: comparing novices and experts. *Int J Ind Ergon* 1996, 17:419-429.
6. Battié MC, Videman KT. Epidemiology of the back. *In*: Nordin M, Andersson GBJ, Pope MH. *Musculoskeletal disorders in the workplace: principles and practice*. St Louis: Mosby, 1997.
7. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1986; i:307-310.
8. Bohannon R, Gajdosik R, LeVeau BF. Contribution of pelvic and lower limb motion to increases in the angle of passive straight leg raising. *Phys Ther* 1985; 65(4):474-476.
9. Bohannon RW. Cinematographic analysis of the passive straight-leg-raising test for hamstring muscle length. *Phys Ther* 1982; 62(9):1269-1274.
10. Burdorf A, Sorock G. Positive and negative evidence of risk factors for back disorders. *Scand J Work Environ Health* 1997, 23:243-256.
11. Burgess-Limerick R, Abernethy B, Neal RJ, Kippers V. Self-selected manual lifting technique: Functional consequences of the interjoint coordination. *Hum Factors* 1995, 37(2):395-411.

12. Burgess-Limerick R, Abernethy B. Qualitatively different modes of manual lifting. *Int J Ind Ergon* 1997, 19:413-417.
13. Burgess-Limerick R, Green B. Using multiple case studies in ergonomics: an example of pointing device use. *Int J Ind Ergon* 2000, 26:381-388.
14. Burgess-Limerick R. Squat, stoop or something between? *Int J Ind Ergon* 2003, 31:143-148.
15. Cameron, DM, Bohannon RW, Owen SV. Influence of hip position on measurements of the straight leg raise test. *J Orthop Sports Phys Ther* 1994; 19(3):168-172.
16. Carregaro RL, Silva LCCB, Gil Coury HJC. Comparação entre dois testes clínicos para avaliar a flexibilidade dos músculos posteriores da coxa. *Rev Bras Fisioter* 2007, no prelo.
17. Ciriello VM, Snook SH, Hashemi L, Cotnam J. Distribution of manual material handling task parameters. *Int J Ind Ergon* 1999, 24:379-388.
18. Cornbleet SL, Woolsey NB. Assessment of hamstring muscle length in school-aged children using the sit-and-reach test and the inclinometer measure of hip joint angle. *Phys Ther* 1996; 76(8):850-855.
19. Davis K, Marras W. Load spatial pathway and spine loading: how does lift origin and destination influence low back response? *Ergonomics* 2005, 48(8):1031-1046.
20. Davis KG, Marras WS, Waters TR. Evaluation of spinal loading during lowering and lifting. *Clin Biomech* 1998, 13(3):141-152.
21. Delisle A, Gagnon M, Desjardins P. Handgrip and box tilting strategies in handling: Effect on stability and trunk and knee efforts. *Int J Occup Safe Ergon* 1996, 2(2):109-118.
22. Dempsey PG. A critical review of biomechanical, epidemiological, physiological and psychophysical criteria for designing manual material handling tasks. *Ergonomics* 1998, 41(1):73-88.

23. Dempsey PG. A survey of lifting and lowering tasks. *Int J Ind Ergon* 2003, 31:11-16.
24. Dixon JK, Keating JL. Variability in straight leg raise measurements: Review. *Physiotherapy* 2000; 86(7):361-370.
25. Esola MA, McClure PW, Fitzgerald GK, Siegler S. Analysis of lumbar spine and hip motion during forward bending in subjects with and without a history of low back pain. *Spine* 1996, 21(1):71-78.
26. Feldman DE, Shrier I, Rossignol M, Abenhaim L. Risk factors for the development of low back pain in adolescence. *Am J Epidem* 2001, 154(1):30-36.
27. Ferguson SA, Marras WS, Burr DL, Davis KG, Gupta P. Differences in motor recruitment and resulting kinematics between low back pain patients and asymptomatic participants during lifting exertions. *Clin Biomech* 2004, 19:992-999.
28. Franco G, Fusetti L. Bernardo Ramazzini's early observations of the link between musculoskeletal disorders and ergonomic factors. *Appl Ergon* 2004, 35:67-70.
29. Gagnon M, Delisle A, Desjardins P. Biomechanical differences between best and worst performances in repeated free asymmetrical lifts. *Int J Ind Ergon* 2002, 29:73-83.
30. Gagnon M, Larrivé A, Desjardins P. Strategies of load tilts and shoulders positioning in asymmetrical lifting. A concomitant evaluation of the reference systems of axes. *Clin Biomech* 2000, 15:478-488.
31. Gagnon M, Plamondon A, Gravel D, Lortie M. Knee movement strategies differentiate expert from novice workers in asymmetrical manual materials handling. *J Biomech* 1996, 29(11):1445-1453.
32. Gagnon M. Box tilt and knee motions in manual lifting: two differential factors in expert and novice workers. *Clin Biomech* 1997, 12(7/8):419-428.
33. Gagnon M. Ergonomic identification and biomechanical evaluation of worker's strategies and their validation in a training situation: Summary of research. *Clin Biomech* 2005, 20:569-580.

34. Gagnon M. The efficacy of training for three manual handling strategies based on the observation of expert and novice workers. *Clin Biomech* 2003, 18:601-611.
35. Gajdosik RL, Albert CR, Mitman JJ. Influence of hamstring length on the standing position and flexion range of motion of the pelvic angle, lumbar angle and thoracic angle. *J Orthop Sports Phys Ther* 1994; 20(4):213-219.
36. Gajdosik RL, Rieck MA, Sullivan DK, Wightman SE. Comparison of four clinical tests for assessing hamstring muscle length. *J Orthop Sports Phys Ther* 1993; 18(5):614-618.
37. Gajdosik RL. Passive extensibility of skeletal muscle: review of the literature with clinical implications. *Clin Biomech* 2001; 16:87-101.
38. Garg A. Manual Material Handling: The science. *In* Nordin M, Andersson GBJ, Pope MH. *Musculoskeletal disorders in the workplace: principles and practice*. St.Louis: Mosby-Year book, 1997.
39. Göeken LN, Hof L. Instrumental straight-leg raising: Results in healthy subjects. *Arch Phys Med Rehabil* 1993; 74:194-203.
40. Granata KP, Orishimo KF. Response of trunk muscle coactivation to changes in spinal stability. *J Biomech* 2001, 34:1117-1123.
41. Granata KP, Sanford AH. Lumbar-pelvic coordination is influenced by lifting tasks parameters. *Spine* 2000, 25(11):1413-1418.
42. Grenier SG, Russell C, McGill SM. Relationships between lumbar flexibility, sit-and-reach test, and a previous history of low back discomfort in industrial workers. *Can J Appl Physiol* 2003, 28(2):165-177.
43. Halberstma JPK, Göeken LNH, Groothoff JW, Eisma WH. Extensibility and stiffness of the hamstrings in patients with nonspecific low back pain. *Arch Phys Med Rehabil* 2001; 82:232-238.
44. Hamill J, Knutzen KM. *Bases biomecânicas do movimento humano*. 1ª ed. São Paulo: Manole, 1999.

45. Kang SW, Lee WN, Moon JH, Chun SI. Correlation of spinal mobility with the severity of chronic lower back pain. *Yonsei Med Journal* 1995, 36(1):37-43.
46. Kapandji AI. *Fisiologia articular*, volume II. 5ª ed. São Paulo: Panamericana; 2000.
47. Kendall FP, McCreary EK, Provance PG. *Músculos. Provas e funções*. 4ª ed. São Paulo: Manole, 1995.
48. Kippers V, Parker AW. Toe-touch test. A measure of its validity. *Phys Ther* 1987; 67(11):1680-1684.
49. Kroemer KHE, Grandjean E. *Fitting the task to the human: A textbook of occupational ergonomics*. 5<sup>th</sup> ed. Taylor & Francis, 1997.
50. Kroll PG, Raya MA. Hamstrings muscles: An Overview of anatomy, biomechanics and function, injury etiology, treatment, and prevention. *Crit Rev Phys Rehabil Med* 1997; 9(3&4):191-203.
51. Kuiper JI, Burdorf A, Verbeek JHAM, Frings-Dresen MHW, van der Beek A, Viikari-Juntura ERA. Epidemiologic evidence on manual materials handling as a risk factor for back disorders: a systematic review. *Int J Ind Ergon* 1999, 24:389-404.
52. Leboeuf-Yde C. Back pain – individual and genetic factors. *J Electrom Kinesiol* 2004; 14:129-133.
53. Lee RYW, Wong TKT. Relationship between the movements of the lumbar spine and hip. *Hum Mov Science* 2002, 21:481-494.
54. Li Y, McClure PW, Pratt N. The effect of hamstring muscle stretching on standing posture and on lumbar and hip motion during forward bending. *Phys Ther* 1996; 76(8):836-849.
55. Magnusson SP, Simonsen EB, Aagaard P, Boesen J, Johannsen F, Kjaer M. Determinants of musculoskeletal flexibility: viscoelastic properties, cross-sectional area, EMG and stretch tolerance. *Scand J Med Sci Sports* 1997; 7:195:202.
56. Manchikanti L. Epidemiology of low back pain. *Pain Physician* 2000, 3(2):167-192.

57. Marras WS. Occupational low back disorder causation and control. *Ergonomics* 2000, 43(7):880-902.
58. McClure PW, Esola M, Schreier R, Siegler S. Kinematic analysis of lumbar and hip motion while rising from a forward, flexed position in patients with and without a history of low back pain. *Spine* 1997, 22(5):552-558.
59. McGregor AH, McCarthy ID, Hughes SPF. Motion characteristics of normal subjects and people with low back pain. *Physiotherapy* 1995 oct, 81(10):632-637.
60. Mitchell HL, Newton I. Medical photogrammetric measurement: Overview and prospects. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 2002; 56:286-294.
61. Noé F. Modifications of anticipatory postural adjustments in a rock climbing task: The effect of supporting wall inclination. *J Electrom Kinesiol* 2006, 16:336-341.
62. Norris CM, Matthews M. Inter-tester reliability of a self-monitored active knee extension test. *J Bodywork Mov Ther* 2005; 9:256-259.
63. Ordem de Serviço nº 606, de 5 de agosto de 1998. Aprovação de Norma Técnica sobre Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho – DORT, publicado no Diário Oficial da União em 19/08/98. Brasília (DF): Instituto Nacional de Seguridade Social (INSS).
64. Padula RS, Gil Coury HJC. An electrogoniometric study of trunk movements during lifting activities. *In: WAARD, D.; BROOKHUIS, K.A.; VERWEY, W.B. Human Factors in the age of virtual reality. Shaker Publishing, 279-282, 2003a.*
65. Padula RS, Gil Coury HJC. Device for analysing grip forces during handling. *Abstract Book, Premus 2004: Fifth International Scientific Conference on Prevention of Work-related Musculoskeletal Disorders, Zurich, Switzerland, 2004, II:599-600, 2004.*
66. Padula RS, Gil Coury HJC. Sagittal trunk movements during load carrying activities: a pilot study. *International Journal of Industrial Ergonomics* 2003b, 32:181-188.

67. Padula RS, Oliveira AB, Carregaro RL, Silva LCC, Gil Coury HJC. Comparison of performance between experienced and inexperienced individuals in load handling activities. Proceedings of the 16<sup>th</sup> World Congress on Ergonomics; 2006 July 10-14; Maastricht, The Netherlands, 2006.
68. Palastanga N, Field D, Soames R. Anatomia e movimento humano. Estrutura e função. 3<sup>a</sup> ed. São Paulo: Manole, 2000.
69. Pheasant S. Bodyspace: Anthropometry, ergonomics and the design of work. 2<sup>nd</sup> ed. Philadelphia: Taylor & Francis, 2001.
70. Polachini LO, Fuzasaki L, Tamaso M, Tellini GG, Masieiro D. Estudo comparativo entre três métodos de avaliação do encurtamento de musculatura posterior da coxa. Rev Bras Fisioter 2005; 9(2):187-193.
71. Pope MH, Andersson GBJ, Frymoyer JW, Chaffin DB. Occupational low back pain: Assessment, treatment and prevention. St Louis: Mosby-Year Book, 1991.
72. Potvin JR, McGill SM, Norman RW. Trunk muscle and lumbar ligament contributions to dynamic lifts with varying degrees of trunk flexion. Spine 1991, 16(9):1099-1107.
73. Ranney R. Distúrbios Osteomusculares Crônicos Relacionados ao Trabalho. 1<sup>a</sup> ed. São Paulo: ROCA, 2000.
74. Rothstein JM. Measurement and clinical practice: theory and application. In Rothstein JM, editor. Measurement in Physical Therapy. New York: Churchill Livingstone; 1985. P. 1-46.
75. Sedwick AW, Gormley JT. Training for lifting; an unresolved ergonomic issue? Appl Ergon 1998, 29(5):395-398.
76. Shin G, Shu Y, Li Z, Jiang Z, Mirka G. Influence of knee angle and individual flexibility on the flexion-relaxation response of the low back musculature. J Electromyogr Kinesiol 2004, 14:485-494.

77. Shum GLK, Crosbie J, Lee R. Symptomatic and asymptomatic movement coordination of the lumbar spine and hip during an everyday activity. *Spine* 2005, 30(23):E697-E702.
78. Shumway-Cook A, Woollacott MH. Controle motor. Teoria e aplicações práticas. 2<sup>a</sup> edição. São Paulo: Manole, 2003.
79. Sihvonen T. Flexion relaxation of the hamstring muscles during lumbar-pelvic rhythm. *Arch Phys Med Rehabil* 1997, 78:486-490.
80. Sjolie AN. Low-back pain in adolescents is associated with poor hip mobility and high body mass index. *Scand J Med Sci Sports* 2004, 14:168-175.
81. Stagni R, Fantozzi S, Cappello A, Leardini A. Quantification of soft tissue artifact in motion analysis by combining 3D fluoroscopy and stereophotogrammetry: a study on two subjects. *Clin Biomech* 2005; 20:320-329.
82. Stergiou N. Innovative Analyses of Human Movement. Champaign: Human Kinetics, 2004.
83. Stevenson JM, Weber CL, Smith JT, Dumas GA, Albert WJ. A longitudinal study of the development of low back pain in an industrial population. *Spine* 2001, 26(12):1370-1377.
84. Straker LM. An overview of manual handling injury statistics in western Australia. *Int J Ind Ergon* 1999, 24:357-364.
85. Tully EA, Stillman BC. Computer-aided video analysis of vertebrofemoral motion during toe touching in healthy subjects. *Arch Phys Med Rehabil* 1997; 78:759-766.
86. Watson AWS. Procedure for the production of high quality photographs suitable for recording and evaluation of posture. *Rev Fisio USP* 1998; 5(1):20-26.
87. Whistance RS, Adams LP, Van Geems BA, Bridger RS. Postural adaptations to workbench modifications in standing workers. *Ergonomics* 1995, 38(12):2485-2403.
88. Winter DA. Biomechanics and motor control of human movement. 2<sup>nd</sup> ed. Toronto: John Wiley & Sons, 1990.

89. Winter DA. Kinematic and kinetic patterns in human gait: variability and compensating effects. *Hum Mov Science* 1984, 3:51-76.
90. Wong TKT, Lee RYW. Effects of low back pain on the relationship between the movements of the lumbar spine and hip. *Hum Mov Science* 2004, 23:21-34.
91. Wrigley AT, Albert WJ, Deluzio KJ, Stevenson JM. Differentiating lifting technique between those who develop low back pain and those who do not. *Clin Biomech* 2005, 20:254-263.
92. Yeung SS, Genaidy A, Deddens J, Alhemood A, Leung PC. Prevalence of musculoskeletal symptoms in single and multiple body regions and effects of perceived risk of injury among manual handling workers. *Spine* 2002, 27(19):2166-2172.
93. Young S. Research for medical photographers: Photographic measurement. *J Audiov Media Med* 2002, 25(3):94-98.

## 7. ANEXOS

---

**7.1. ANEXO I****ESCLARECIMENTO AO PARTICIPANTE DA PESQUISA**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA  
Laboratório de Fisioterapia Preventiva e Ergonomia  
Análise cinesiológica e biomecânica em atividade de manuseio de carga

---

## ESCLARECIMENTO AO PARTICIPANTE DA PESQUISA

**PESQUISA:** Análise Cinesiológica e Biomecânica em Atividade de Manuseio de Carga.

**Docente responsável:** Profa. Dra. Helenice Jane Cote Gil Goury

O manuseio de materiais é amplamente desenvolvido em situações ocupacionais. Muitos estudos e levantamentos epidemiológicos têm mostrado a relação desta atividade com o desenvolvimento de lesões músculo-esqueléticas. Tal atividade impõe riscos para pessoas que a realizam diariamente.

O objetivo deste estudo é avaliar a biomecânica e cinesiologia do tronco, membros superiores e inferiores, quando este desenvolve a atividade simulada de manuseio de cargas. Isso para que se possam entender os fatores associados ao desenvolvimento de lesões e mesmo para realização de uma análise mais ampla, já que geralmente os estudos têm como ênfase a coluna lombar.

Para tal, o voluntário irá participar inicialmente de uma entrevista e uma avaliação antropométrica, verificação de possíveis alterações posturais e de saúde geral. Após essa avaliação, caso seja considerado apto a participar, vestirá um calção e terá acoplado ao seu corpo alguns instrumentos de medida e marcadores esféricos – todos fixados com fita adesiva dupla face. Primeiro serão acoplados oito eletrodos para aquisição da atividade muscular (trapézio, bíceps, deltóide e eretor da coluna, bilateralmente). O local de fixação deverá ser tricotomizado e limpo com álcool, pois como se trata de um equipamento muito sensível, pêlos e células mortas podem causar interferência. Em seguida serão fixados dois sensores eletrogoniométricos (um na articulação do punho e outro na coluna lombar). Finalmente serão fixados marcadores esféricos em alguns pontos anatômicos (face posterior dos acrômios D e E; epicôndilo lateral D e E; processos espinhosos das vértebras C7 e T7; espinha Íliaca Antero-superior D; trocânter maior do fêmur D; epicôndilo lateral do fêmur D; maléolo lateral D; borda lateral da 12<sup>a</sup> costela; processo estilóide da ulna D e processo espinhoso de S2). Todos os equipamentos de medida utilizados são protegidos contra descarga elétrica. Após a calibragem dos equipamentos o voluntário irá simular a atividade de manuseio de cargas, primeiro em uma prateleira de altura fixa e em seguida irá percorrer um pequeno percurso (4m) carregando a carga e depositando-a em um suporte de alturas diferentes.

A possibilidade de ocorrência de problemas ou danos físicos ao voluntário é desprezível. No entanto, se ele se sentir cansado ou desconfortável, o teste será interrompido imediatamente. É importante destacar que o voluntário poderá abandonar o teste a qualquer momento que desejar, sem qualquer constrangimento ou implicação, bastando para isso informar ao avaliador sobre essa decisão.

A duração total do teste (avaliação, preparo e coleta dos dados) será de aproximadamente 2 horas.

São Carlos, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_.

**7.2. ANEXO II****TERMO DE CONSENTIMENTO FORMAL, LIVRE E ESCLARECIDO**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA**

**Laboratório de Fisioterapia Preventiva e Ergonomia**

Análise cinesiológica e biomecânica em atividade de manuseio de carga

## **TERMO DE CONSENTIMENTO FORMAL, LIVRE E ESCLARECIDO**

Eu, \_\_\_\_\_, abaixo assinado, tendo lido o “Esclarecimento ao Participante da Pesquisa” e sido devidamente esclarecido sobre os objetivos, riscos e demais condições que envolverão minha participação no Projeto de Pesquisa intitulado “Avaliação cinesiológica e biomecânica em atividade de manuseio de carga”, realizado pelos pesquisadores Rosimeire Simprini Padula, Ana Beatriz de Oliveira e Rodrigo Luiz Carregaro e orientado pela Profa. Dra. Helenice Jane Cote Gil Coury, declaro que tenho total conhecimento dos direitos e das condições que me foram apresentadas e asseguradas, as quais passo a descrever:

1. A garantia de ser informado e de ter qualquer pergunta respondida ou esclarecimento a dúvidas sobre os procedimentos, objetivos, decorrências e riscos referentes às situações da pesquisa a que serei submetido, ainda que isso possa influenciar a minha decisão de nele permanecer;
2. A liberdade de deixar de participar do estudo, a qualquer momento, sem qualquer ônus ou constrangimento;
3. A garantia de que não serei pessoalmente identificado, a despeito da publicação ou divulgação dos dados genéricos do estudo, e que terei a minha privacidade resguardada;
4. O compromisso de que, caso seja necessário, serei ressarcido de eventuais despesas decorrentes da minha participação neste estudo pelos responsáveis pelo projeto. Neste fica estabelecido o contato com os pesquisadores responsáveis através do telefone: (16) 3351-8634.

Declaro, ainda, que estou ciente e concordante com todas as condições que me foram apresentadas e que, livremente, manifesto a minha vontade em participar do projeto supramencionado.

São Carlos \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_.

\_\_\_\_\_  
 Nome do Participante (legível)  
 RG:

\_\_\_\_\_  
 Assinatura do Participante

**7.3. ANEXO III****AVALIAÇÃO POSTURAL**

## Avaliação Postural

### Inspeção anterior

#### 1. Pés e tornozelo

Alterações	D	E
Hálux valgo		
Pé plano		
Pé cavo		
Deformidade nos dedos		
Alinhamento dos maléolos		

#### 2. Quadril

Alterações	D	E
Alinhamento das EIAS		

#### 3. Cabeça e pescoço

Alterações	D	E
Inclinação lateral		
Rotação		

#### 4. Tronco

Alterações	D	E
△ de Tales assimétrico		
Linha alba		

#### 5. Ombros

Alterações	D	E
Assimetria das clavículas		
Assimetria dos ombros		
Rotação interna		

#### 6. Joelhos

Alterações	D	E
Valgo ><		
Varo <>		
Torção tibial		

### Inspeção lateral

#### 1. Joelhos

Alterações	D	E
Recurvatum		

#### 2. Tronco

Alterações	D	E
Hiperlordose		
Retificação lombar		
Cifose dorsal acentuada		
Rotação pélvica		
Protusão abdominal		

#### 3. Ombros

Alterações	D	E
Protusos		

#### 4. Cabeça e pescoço

Alterações	D	E
Protusão da cabeça		
Hiperlordose cervical		

### Inspeção posterior

#### 1. Pés e tornozelos

Alterações	D	E
Inversão		
Eversão		

#### 2. Joelhos

Alterações	D	E
Prega poplíteia alinhada		

**3. Tronco**

Alterações	D	E
Contorno abdominal		
Costas planas		
Alinhamento ombros		
Alinhamento escápulas		

**5. Coluna vertebral**

Alterações	Sim	Não
escoliose		
( ) "C"      Nível: _____		
( ) "S"      _____		

**4. Quadril**

Alterações	D	E
Pregas glúteas alinhadas		
Ainhamento das EIPS		

**Movimentação ativa****1. ADM indolor**

Movimento	Sim	Não
Flexão		
Extensão		
Inclinação lateral direita		
Inclinação lateral esquerdo		

**Encurtamento da cadeia posterior**

( ) Presente

( ) Ausente

OBS: Por meio da avaliação dos dedos ao chão

✓ **Análise qualitativa dos dados acima:****D:** discreta**M:** moderada**S:** severa✓ **Critérios de exclusão:**

Grandes e moderadas assimetrias

Grandes e moderados desvios

**7.4. ANEXO IV****PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA EM SERES HUMANOS  
Via Washington Luiz, Km. 235 - Caixa Postal 676  
Fones: (016) 3351-8109 / 3351-8110  
Fax: (016) 3361-3176 - Telex 162369 - SCUF - BR  
CEP 13.565-905 - São Carlos - SP - Brasil  
End. Eletrônico: [propg@power.ufscar.br](mailto:propg@power.ufscar.br)

Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos, Referente ao Protocolo N°. 059/04.

#### Deliberação

O Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da UFSCar (CEP/UFSCar), registrado do CENEP/Conselho Nacional de Saúde, pelo ato de 18 de março de 1997, acolhendo o parecer do relator e do revisor, deliberou pela aprovação do projeto "Análise Cinesiológica e Biomecânica em Atividade de Manuseio de Carga", com protocolo nº 059/04, a ser desenvolvido por Rosimeire Simprini Padula, Ana Beatriz de Oliveira e Rodrigo Luiz Carregaro sob a orientação do (a) Profa. Dra. Helenice Jane Cote Gil Coury.

São Carlos, 25 de outubro de 2004.

Profa. Dra. Márcia Niituma Ogata  
Coordenadora do CEP/UFSCar

**7.5. ANEXO V****CARTA DE ACEITE**

**Estudo I:** “Comparação entre dois testes clínicos para avaliar a flexibilidade dos músculos posteriores da coxa”.

Aceito para publicação na *Revista Brasileira de Fisioterapia* 11(2), 2007.

Ilmos. Srs.

Rodrigo Luiz Carregaro

Luciana Cristina da Cunha Bueno Silva

Helenice Jane Cote Gil Coury

Ref.: Manuscrito 098/2006 – *Comparação entre dois testes clínicos para avaliar a flexibilidade dos músculos posteriores da coxa.*

Prezados Autores

Informamos V. Sas que o artigo acima foi aceito para publicação na Revista Brasileira de Fisioterapia em 21/12/2006, volume 11.2.

*Atenciosamente.*

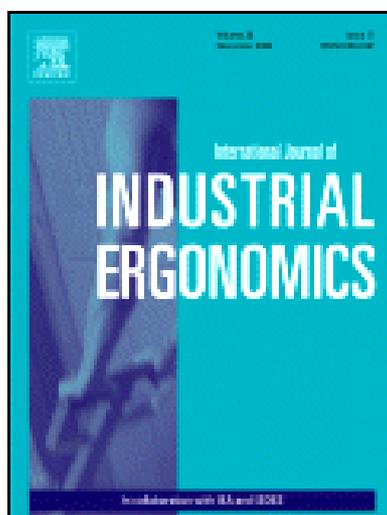
Dormélia Pereira Cazella  
Secretária Executiva  
Revista Brasileira de Fisioterapia

## 7.6. ANEXO VI

### EM PROCESSO DE APRIMORAMENTO PARA SUBMISSÃO

**Estudo II:** “Influência da flexibilidade dos músculos posteriores da coxa na estratégia de movimento do tronco e pelve durante um manuseio de carga”.

A ser submetido para o periódico *International Journal of Industrial Ergonomics*.



**ISSN:** 0169-8141

**Fator de Impacto (2005):** 0.526

**Qualis:** Internacional A

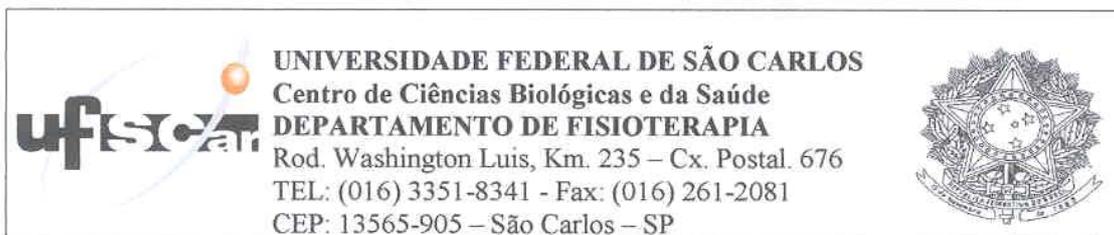
**Indexação:** Ergonomics Abstracts,  
Scopus, Scisearch, Cambridge  
Scientific Abstracts, Social Sciences  
Citation Index, Engineering Index,  
NIOSH/TIC, Research Alert,  
CAD/CAM Abstracts.

## 7.7. ANEXO VII

### CARTA DE SUBMISSÃO

**Estudo III:** “Análise biomecânica da coluna durante manuseio de carga realizado por sujeitos experientes e inexperientes”.

*Revista Fisioterapia e Pesquisa.*



São Carlos, 19 de junho de 2006

À Revista Fisioterapia e Pesquisa,  
Profa. Dra. Amélia Pasqual Marques  
Editora Chefe

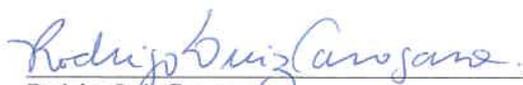
Senhora Editora,

Vimos por meio desta encaminhar o manuscrito intitulado “ANÁLISE BIOMECÂNICA DA COLUNA DURANTE MANUSEIO DE CARGA REALIZADO POR SUJEITOS EXPERIENTES E INEXPERIENTES”, para a possível publicação na Revista Fisioterapia e Pesquisa. O manuscrito tem como autores Rodrigo Luiz Carregaro e Helenice Jane Cote Gil Coury.

Informamos que todos os autores concordam com esta submissão e que este artigo não foi encaminhado para nenhuma outra revista científica. A pesquisa em questão não possui conflitos de interesse.

Agradecemos a atenção e subscrevemo-nos.

Atenciosamente,

  
Rodrigo Luiz Carregaro

  
Prof. Dra. Helenice Jane Cote Gil Coury

**7.8. ANEXO VIII****ARTIGO PUBLICADO**

**Estudo IV:** “Avaliação das estratégias adotadas por sujeitos experientes e inexperientes durante atividade de manuseio de materiais”

*Anais do 14º Congresso Brasileiro de Ergonomia, ABERGO. Curitiba, PR, 2006.*

## AValiação DAS ESTRATÉGIAS ADOTADAS POR SUJEITOS EXPERIENTES E INEXPERIENTES DURANTE ATIVIDADE DE MANUSEIO DE MATERIAIS

Rodrigo Luiz Carregaro<sup>1</sup>, Ft., Ana Beatriz de Oliveira<sup>1</sup>, Ft., Luciana Cristina C. Bueno Silva<sup>1</sup>, Ft., Rosimeire Simprini Padula<sup>1,2</sup>, Ft. Dra. Helenice Jane Cote Gil Coury<sup>1</sup>, Ft. Ph.D.

1. Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia, Universidade Federal de São Carlos

2. Universidade São Francisco (USF)

Laboratório de Fisioterapia Preventiva e Ergonomia

Rod. Washington Luis, Km 235

13.565-905 – São Carlos/SP

E-mail: [rodrigocarr@yahoo.com.br](mailto:rodrigocarr@yahoo.com.br)

Palavras-chave: Manuseio de materiais, experiência, postura, fisioterapia preventiva

**Objetivo:** Comparar estratégias de movimento adotadas por sujeitos experientes e inexperientes durante um manuseio de carga. **Materiais e Métodos:** Dez experientes e 10 inexperientes foram avaliados. Realizou-se a filmagem de manuseio com diferentes massas e alturas. A inclinação da caixa foi mensurada pela fotogrametria e analisada pela ANOVA e as posturas foram classificadas e analisadas descritivamente. **Resultados:** Experientes realizam maior inclinação no levantamento e adotam posturas mais equilibradas com o aumento da massa manuseada, além de apresentarem variabilidade. **Conclusão:** A variabilidade e técnicas decorrentes da experiência são relevantes para a implementação de programas de prevenção mais efetivos.

*Key-words: Manual material handling, experience, posture, preventive physiotherapy*

**Objective:** To compare manual handling strategies adopted by experienced and inexperienced subjects. **Materials and Methods:** Ten experienced and 10 inexperienced subjects were evaluated. A manual handling with different heights and weights was filmed. Box inclination was measured by means of photogrammetry and analyzed with the ANOVA test and postures were analyzed by classifications and descriptive analysis. **Results:** Experienced subjects performed box inclination and adopted balanced postures with weight increment, in addition to variability. **Conclusion:** Variability and technique due to experience are relevant for implementing more effective preventive programs.

### 1. INTRODUÇÃO

A atividade de manuseio de materiais tem sido foco de pesquisa em muitos estudos. Considerada como qualquer atividade que requeira uso de força exercida por uma pessoa para levantar, abaixar, empurrar, carregar ou segurar um objeto (STRAKER, 1999), o manuseio de materiais é freqüentemente utilizado no contexto ocupacional.

A relação entre manuseio de cargas e a ocorrência de distúrbios músculo-esqueléticos tem sido amplamente estudada (YEUNG *et al.*, 2002). De maneira geral, as disfunções ocasionadas por estas atividades compreendem de 25 a 36% das queixas relacionadas ao trabalho (STRAKER, 1999). A associação entre a atividade ocupacional e as lesões músculo-esqueléticas tem motivado a realização de estudos para melhor compreender a sobrecarga corporal quando do manuseio de materiais (CIRIELLO *et al.*, 1999; GAGNON *et al.*, 2002; PADULA & GIL COURY, 2003b; PADULA & GIL COURY, 2003a). Os estudos com esse propósito têm avaliado a influência de diversos fatores na sobrecarga corporal, como altura do manuseio, carga manuseada, distância percorrida, tipo de manuseio (abaixamento, levantamento e assimetria).

O conhecimento da sobrecarga imposta aos indivíduos que realizam atividade de manuseio de materiais é importante do ponto de vista preventivo. Entender a sobrecarga e o mecanismo de lesão permite desenvolver treinamentos mais efetivos (GAGNON, 1997). O esforço imposto ao sistema músculo-esquelético durante o manuseio em atividades funcionais parece ser ainda influenciado pelo nível de experiência dos indivíduos. AUTHIER *et al.* (1996) compararam as técnicas de manuseio usadas por experientes e inexperientes durante o manuseio livre, e os resultados indicaram que indivíduos experientes apresentam técnicas diferenciadas. Foram identificadas, entre os experientes, mais de 40 combinações de inclinação da caixa e tipos de preensão.

Neste sentido, a inclinação foi foco de estudos com o intuito de verificar a relação com a sobrecarga dos segmentos corporais durante o manuseio. Entretanto, os sujeitos realizavam o manuseio com a carga em inclinações pré-estabelecidas e paralela ao chão. GAGNON (1997) identificou que a inclinação da carga ocasionou redução da sobrecarga da coluna e nos ombros, além da diminuição do esforço. Outro estudo (GAGNON *et al.*, 2000) demonstrou que o melhor posicionamento do objeto manuseado e a redução da flexão do joelho permitiam uma melhor distribuição da sobrecarga imposta pelo manuseio.

As estratégias de manuseio apresentadas por indivíduos experientes não se restringem ao complexo mão-carga. Trabalhadores que realizam atividades de manuseio diariamente desenvolvem estratégias que compreendem mudanças no posicionamento dos pés e postura corporal (GAGNON, 2005). O posicionamento dos pés evita assimetrias do tronco, mostrando clara vantagem mecânica, e a postura adotada por experientes, como flexão do joelho ou ombros paralelos ao chão em combinação à inclinação da carga, tende a diminuir a demanda da tarefa (GAGNON, 2005).

Sendo assim, além dos fatores físicos relacionados às atividades de manuseio, o entendimento das estratégias desenvolvidas por indivíduos experientes torna-se importante para aprimorar os treinamentos adotados na prevenção de distúrbios músculo-esqueléticos. Os estudos desenvolvidos por GAGNON (2000) e AUTHIER *et al.* (1996) identificaram a inclinação da carga como estratégia utilizada por indivíduos experientes no manuseio de materiais. Alguns estudos avaliaram fatores como distância da carga ao centro de gravidade e sua interferência na sobrecarga lombar. Outros avaliaram a inclinação em faixas de amplitude, sendo que nenhum deles realizou medida quantitativa desse fator durante as atividades desenvolvidas por experientes e inexperientes.

## 2. OBJETIVO

Comparar as estratégias de manuseio realizadas por sujeitos experientes e inexperientes com relação ao posicionamento dos pés e tronco durante atividade de abaixamento e de inclinação da carga no levantamento e abaixamento.

## 3. MATERIAIS E MÉTODOS

### 3.1. Sujeitos

Participaram do estudo 20 sujeitos saudáveis do gênero masculino, dez trabalhadores com experiência acima de 1 ano em atividades de manuseio (média de  $25 \pm 4$  anos de idade,  $1.70 \pm 0.03$  m de altura,  $64.8 \pm 8.9$  kg e  $7.2 \pm 6.2$  anos de experiência) e 10 sujeitos sem experiência profissional (média de  $21 \pm 3$  anos de idade,  $1.70 \pm 0.04$  m de altura e  $73 \pm 6$  kg). Nenhum dos sujeitos, de ambos os grupos, apresentava conhecimento sobre técnicas de manuseio seguro.

Para serem incluídos, os sujeitos foram submetidos a uma avaliação postural e selecionados de acordo com critérios: idade compreendida entre 17 e 35 anos; Índice de Massa Corpórea (IMC) indicando peso normal ou sobrepeso (de 19,9 a 29,9 kg/m<sup>2</sup>); estatura entre 1,65 e 1,75 m; ausência de grandes assimetrias posturais (lordose e escoliose acentuadas); ausência de traumas ou disfunção músculo-esquelética dos membros superiores e inferiores, coluna e pescoço no último ano e ausência de lombalgia nos últimos seis meses. Todos os sujeitos foram esclarecidos sobre os objetivos e procedimentos da pesquisa, e manifestaram concordância por meio da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, de acordo com a Resolução 196 do CNS. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Instituição, sob parecer número 059/04.

### 3.2. Materiais e equipamentos

Para o desenvolvimento do estudo foram utilizados os seguintes equipamentos:

- Estante de metal com 3 prateleiras;
- Caixa de Aço (300 X 300 X 180 mm), desenvolvida para estudo da atividade de manuseio (PADULA & GIL COURY, 2004). Possui massa de 7kg e permite, por meio de encaixe interno, acréscimo de carga para variação da massa;
- Materiais de apoio (Balança antropométrica, fita métrica);
- Filmadora digital JVC e tripé;
- Programa editor de imagens *Pinnacle Studio* Versão 8.12;
- Programa AutoCAD® 2000.

### 3.3. Descrição da atividade e procedimentos

O manuseio foi realizado entre diferentes alturas, a partir de uma superfície intermediária (102,5cm), para a prateleira inferior (62,5cm), caracterizando o abaixamento e para a prateleira superior (145,5cm), caracterizando o levantamento. Cada manuseio foi realizado com uma massa de 7 e 15kg. A seqüência das transferências e a carga manuseada foram aleatorizadas.

Inicialmente foram coletados dados pessoais dos sujeitos e estes foram familiarizados ao ambiente de coleta. Em seguida foram dadas instruções sobre a seqüência do manuseio e orientação para realizá-lo de forma natural. Os indivíduos não foram informados a respeito da massa da carga. Os sujeitos foram orientados a iniciar a atividade após um comando verbal, e após o término de cada manuseio deveriam retornar à posição inicial e aguardar os comandos para realizar a transferência seguinte.

A atividade foi registrada e para tal, a filmadora digital e o tripé foram posicionados perpendicularmente ao plano sagital dos sujeitos. As imagens foram coletadas com uma amostragem de 50 quadros/segundo.

### 3.4. Processamento dos dados

Por meio do programa de edição, as imagens foram selecionadas de modo que o início e término do manuseio foram sinalizados como o momento no qual os sujeitos tocaram a caixa e o momento no qual as mãos soltaram a caixa, respectivamente. O momento referente à 50% da tarefa foi armazenado em formato '.jpg' e em seguida a inclinação antero-posterior da caixa foi mensurada por meio do programa AutoCAD®. Neste caso foi traçada uma reta paralela à base da caixa e calculado o ângulo em respeito à horizontal absoluta. Para que a inclinação pudesse ser comparada entre os diferentes manuseios, não foi considerado o sentido (horário ou anti-horário), apenas sua magnitude.

Para a classificação das posturas, realizou-se uma análise qualitativa do momento de deposição da caixa na superfície inferior. Foram utilizadas as categorizações: Agachado (*Squat*), Joelhos estendidos (*Stoop*) ou Semi-fletido (*semi-squat*), baseados em BURGESS-LIMERICK (2003) e posicionamento dos pés: simétrico, direito à frente ou esquerdo à frente, com base em GAGNON (2003).

### 3.5 Análise dos dados

Utilizou-se a Análise de Variância com 3 fatores (*ANOVA three-way*) para avaliar a inclinação da carga com relação à experiência, carga manuseada e tipo de manuseio (levantamento e abaixamento). Os dados referentes à classificação das posturas foram analisados de forma descritiva.

## 4. RESULTADOS

Na Figura 1 estão apresentados os valores angulares de inclinação da caixa que os sujeitos experientes e inexperientes realizaram durante o levantamento e abaixamento com cargas de 7 e 15kg. A análise estatística indicou diferença na inclinação da carga com relação à experiência e tipo de manuseio ( $p < 0.05$ ). A massa manuseada não interferiu de maneira significativa na inclinação realizada pelos sujeitos durante a tarefa.

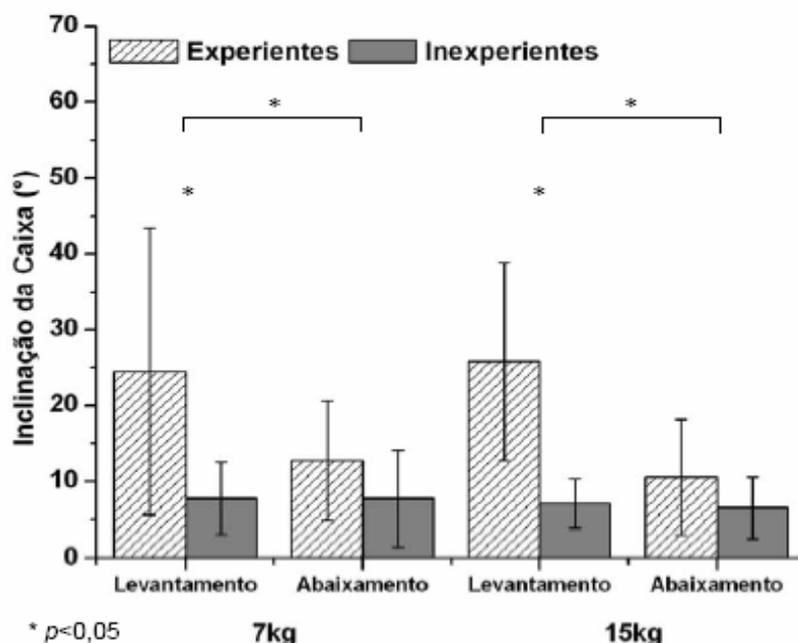
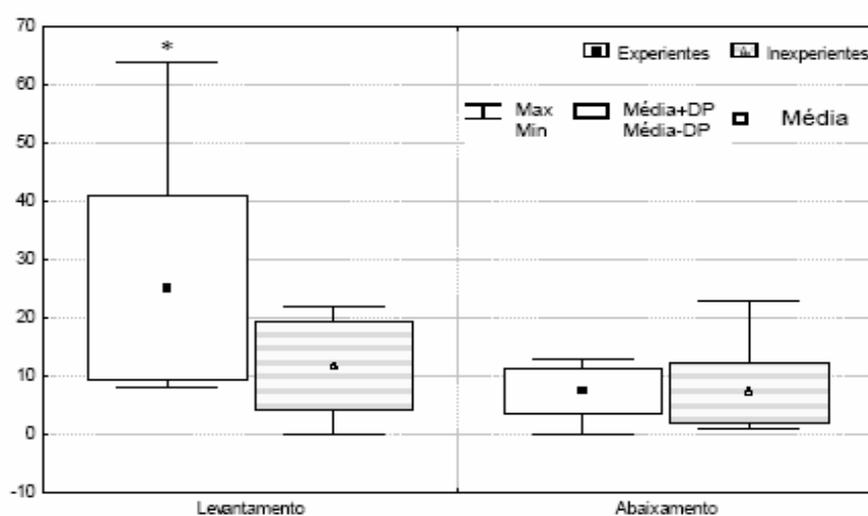


Figura 1. Inclinação da caixa realizada pelos sujeitos experientes e inexperientes durante o levantamento e abaixamento com 7Kg e 15Kg.

Ainda em relação à inclinação da caixa, foi encontrada uma interação significativa entre experiência e tipo de manuseio ( $p < 0.05$ ). Os experientes realizaram maior inclinação da caixa no levantamento. Durante o abaixamento não houve diferença entre os grupos para esta variável (Figura 2). Deve-se destacar a grande variabilidade observada entre os sujeitos experientes quando na atividade de levantamento (Figura 2).



\*  $p < 0,05$  para todas as combinações.

Figura 2. Comparação da inclinação da caixa realizada pelos sujeitos experientes e inexperientes durante levantamento e abaixamento.

As Tabelas 1 e 2 apresentam a classificação das posturas durante o abaixamento. O manuseio com 7kg foi caracterizado pela adoção de posturas com tronco fletido e joelhos estendidos, pela maioria dos sujeitos experientes (60%). A maioria dos inexperientes adotaram posturas semi-fletidas (50%) para o mesmo peso manuseado. O aumento da massa manuseada demonstrou que houve uma inversão das posturas adotadas pelos experientes. A maioria (60%) adotou posturas semi-fletidas. Já os sujeitos inexperientes não apresentaram grandes mudanças posturais com o aumento de peso (Tabela 1).

**Tabela 1.** Porcentagem de sujeitos classificados com a postura joelhos estendidos (*stoop*), agachado (*squat*) ou semi-fletido (*semi-squat*) durante a deposição da caixa na superfície inferior (abaixamento) com 7Kg e 15Kg.

	Experientes		Inexperientes	
	7kg	15kg	7kg	15kg
Joelhos estendidos	60%	20%	40%	30%
Agachado	10%	20%	10%	10%
Semi-fletido	30%	60%	50%	60%

Os dados referentes ao posicionamento dos pés estão apresentados na Tabela 2. Ambos os grupos adotaram posturas assimétricas dos membros inferiores com maior frequência. Entretanto, conforme o aumento da massa para 15kg, parte dos experientes (20%) modificaram a postura simétrica dos pés para uma postura com abertura da base de apoio (membros direito ou esquerdo à frente). Esta mudança resultou em 90% dos experientes adotando tal postura em assimetria, ao contrário dos inexperientes, que não apresentaram mudanças em relação ao manuseio com 7kg.

**Tabela 2.** Porcentagem de sujeitos classificados com a postura dos pés em simetria, direito ou esquerdo à frente durante a deposição da caixa na superfície inferior (abaixamento) com 7kg e 15kg.

	Experientes		Inexperientes	
	7kg	15kg	7kg	15kg
Simétrico	30%	10%	30%	30%
MID à frente	20%	30%	40%	40%
MIE à frente	50%	60%	30%	30%

MID – Membro inferior direito

MIE – Membro inferior esquerdo

## 5. DISCUSSÃO

Os resultados confirmam a adoção de diferentes estratégias de manuseio, sendo que experientes realizaram maior inclinação da carga durante a atividade de levantamento. Sabe-se que atividades de levantamento impõem maior demanda ao sistema músculo-esquelético (GRANATA & ORISHIMO, 2001), já que este deve atuar no sentido de

vencer a força da gravidade. Este fator pode estar relacionado à maior inclinação observada nos sujeitos experientes durante a transferência da carga para a superfície alta. De fato, a inclinação da caixa aproxima o objeto manuseado do centro de massa do indivíduo, e reduz o estresse de compressão em L5/S1 e o torque durante a flexão dos ombros (GAGNON, 1997; AUTHIER, 1996). Uma maior inclinação da caixa pode favorecer a manutenção dos ombros em simetria, o que está associado à redução dos riscos para esta articulação (GAGNON, 2000). Os indivíduos inexperientes também aumentaram o grau de inclinação da carga no levantamento, embora não tenha sido significativo.

Durante o abaixamento não houve diferenças entre os grupos no tocante à inclinação da caixa. Ao que parece, durante o abaixamento de cargas, a experiência determinou a adoção de estratégias mais voltadas para o posicionamento do corpo. De fato, AUTHIER *et al.* (1996) encontraram que as principais diferenças na deposição de uma caixa realizada por sujeitos experientes e inexperientes concernem à postura, movimentação dos pés e posicionamento da caixa. Por outro lado, a tarefa avaliada pelos autores era de natureza assimétrica, ao contrário do presente estudo, no qual o manuseio foi simétrico. É possível que a assimetria das atividades de abaixamento favoreça uma maior inclinação da caixa.

O incremento da massa de 7 para 15kg parece não ter sido suficiente para alterar a estratégia de inclinação da caixa entre os grupos de experiência. Por outro lado, este fator determinou a estratégia dos membros inferiores. Sujeitos experientes parecem diversificar o posicionamento dos pés conforme o aumento da massa manuseada. Enquanto os inexperientes não apresentaram mudanças no posicionamento dos pés com o aumento de peso, um maior número de experientes modificou o posicionamento simétrico dos pés e adotaram uma abertura da base de apoio na carga de 15kg. De fato, GAGNON *et al.* (1996) afirmam que a mobilidade dos pés constitui um mecanismo para distribuir melhor a sobrecarga na coluna, além de melhorar a estabilidade corporal e favorecer manuseio de cargas mais pesadas.

Em relação à deposição da caixa na superfície inferior, o aumento da massa manuseada evidenciou a utilização de posturas semi-fletidas do tronco e joelho pela maioria dos sujeitos avaliados. Sabe-se que posturas envolvendo semi-flexão de joelho são reconhecidas por proporcionarem economia energética na realização de tarefas de manuseio (GAGNON *et al.*, 1996). Ao contrário dos inexperientes, os experientes demonstraram uma inversão na adoção destas posturas, influenciadas pelo peso. Ou seja, no manuseio com 7kg, enquanto 60% dos sujeitos adotaram a postura com joelhos estendidos, com o aumento de carga houve uma grande inversão e a maioria (80%) adotou posturas agachadas (20%) ou semi-fletidas (60%). Neste sentido, apenas os experientes apresentaram uma estratégia de adaptação postural em resposta a um aumento de peso.

Segundo GAGNON *et al.* (2000), a inclinação da carga e a postura do tronco são elementos importantes que podem diferenciar indivíduos experientes de inexperientes durante tarefas de manuseio. No ambiente ocupacional, existem muitas possibilidades de combinações de inclinações, posicionamento dos pés e tronco e, embora estes parâmetros tenham sido estudados separadamente, eles são interdependentes (DELISLE *et al.*, 1996) e contribuem para maior segurança durante o desempenho das tarefas.

Outro aspecto interessante foi a maior variabilidade observada entre os sujeitos experientes. De acordo com AUTHIER *et al.* (1996), trabalhadores com experiência em atividades de manuseio apresentam diferentes estratégias, o que resulta em maior variabilidade nos padrões de pega e movimentação da carga.

Talvez a variabilidade apresentada pelos experientes durante o levantamento caracterize diferentes estratégias adotadas em face de um aumento da sobrecarga. Tendo em vista as estratégias de controle motor, uma das características dos ajustes posturais associados ao movimento é sua adaptabilidade às condições da tarefa (SHUMWAY-COOK & WOOLLACOTT, 2003). Podemos considerar a variabilidade observada entre sujeitos experientes como estratégias de enfrentamento perante diferentes demandas das situações funcionais. De fato, a aprendizagem motora é descrita como uma série de processos associados à experiência, que levam a mudanças relativamente permanentes na capacidade de produzir uma ação hábil (SHUMWAY-COOK & WOOLLACOTT, 2003).

Apesar da padronização do movimento ser vista como positiva em situações ocupacionais, por refletir um padrão mais econômico de movimento, ela pode não levar em conta a variabilidade inerente aos sujeitos. Deste modo, o comportamento registrado para o grupo de experientes pode ter influências da experiência prévia na atividade. Estas estratégias evidenciam-se em situações de maior demanda, o que no presente estudo refere-se ao levantamento e ao aumento da carga de 7 para 15kg. Tal variabilidade deve ser vista como positiva, no sentido de que uma adaptação à demanda da situação ocupacional pode ser responsável pela adoção de um método individual e econômico, permeado pela experiência profissional.

## 6. CONCLUSÃO

Sujeitos experientes e inexperientes adotaram diferentes estratégias durante a tarefa de manuseio estudada. Os indivíduos experientes inclinaram mais a carga durante o levantamento em comparação com os inexperientes, mas o aumento do peso manuseado parece não interferir na inclinação antero-posterior da caixa. Por outro lado, o manuseio com maior carga foi caracterizado pela adoção de posturas semi-fletidas e abertura da base de apoio dos membros inferiores por parte dos experientes. Ressalta-se a importância dos treinamentos e intervenções preventivas considerarem a existência de variabilidade entre sujeitos experientes. Deste modo, a variabilidade no sentido da adaptação a uma demanda ocupacional e o aprendizado de como reconhecer situações de risco, tornam-se relevantes na implementação de programas de prevenção mais efetivos.

## AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer o apoio da FAPESP (processo 05/53804-3) e CNPq (processo 5504872002-6).

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AUTHIER, M.; LORTIE, M.; GAGNON, M. **Manual handling techniques: comparing novices and experts.** *International Journal of Industrial Ergonomics*, 17(5):419-429, 1996.
- BURGESS-LIMERICK, R. **Squat, stoop or something between?** *International Journal of Industrial Ergonomics*, 31:143-148, 2003.
- CIRIELLO V.M.; SNOOK S.H.; HASHEMI L.; COTNAM J. **Distribution of manual material handling task parameters.** *International Journal of Industrial Ergonomics*, 24:379-388, 1999.
- DELISLE, A.; GAGNON, M.; DESJARDINS, P. **Handgrip and box tilting strategies in handling: Effect on stability and trunk and knee efforts.** 2(2):109-118, 1996.
- GAGNON, M. **Box tilt and knee motions in manual lifting: two differential factors in expert and novice workers.** *Clinical Biomechanics*, 12(7/8):419-428, 1997.
- GAGNON, M. **Ergonomic identification and biomechanical evaluation of worker's strategies and their validation in a training situation: Summary of research.** *Clinical Biomechanics*, 20:569-580, 2005.
- GAGNON, M. **The efficacy of training for three manual handling strategies based on the observation of expert and novice workers.** *Clinical Biomechanics*, 18:601-611, 2003.
- GAGNON, M.; DELISLE, A.; DESJARDINS, P. **Biomechanical differences between best and worst performances in repeated free asymmetrical lifts.** *International Journal of Industrial Ergonomics*, 29:73-83, 2002.
- GAGNON, M.; LARRIVÉ, A.; DESJARDINS, P. **Strategies of load tilts and shoulders positioning in asymmetrical lifting. A concomitant evaluation of the reference systems of axes.** *Clinical Biomechanics*, 15:478-488, 2000.
- GRANATA, K.P.; ORISHIMO, K.F. **Response of trunk muscle coactivation to changes in spinal stability.** *Journal of Biomechanics*, 34:1117-1123, 2001.
- PADULA R.S.; GIL COURY, H.J.C. **Device for analysing grip forces during handling.** In: PREMUS 2004: Fifth International Scientific Conference on Prevention of Work-related Musculoskeletal Disorders, Switzerland, Zurich, 2004. Abstract Book Premus, 2004, II:599-600.

- PADULA, R.S.; GIL COURY, H.J.C. **An electrogoniometric study of trunk movements during lifting activities.** In: WAARD, D.; BROOKHUIS, K.A.; VERWEY, W.B. *Human Factors in the age of virtual reality.* Shaker Publishing, 279-282, 2003a.
- PADULA, R.S.; GIL COURY, H.J.C. **Sagittal trunk movements during load carrying activities: a pilot study.** *International Journal of Industrial Ergonomics*, 32:181-188, 2003b.
- SHUMWAY-COOK, A.; WOOLLACOTT, M.H. **Controle motor. Teoria e aplicações práticas.** 2ª edição. São Paulo: Manole, 2003.
- STRAKER, L.M. **An overview of manual handling injury statistics in western Australia.** *International Journal of Industrial Ergonomics*, 24:357-364, 1999.
- YEUNG, S.S.; GENAIDY, A.; DEDDENS, J.; ALHEMOOD, A.; LEUNG, P.C. **Prevalence of musculoskeletal symptoms in single and multiple body regions and effects of perceived risk of injury among manual handling workers.** *Spine*, 27(19):2166-2171, 2002.