

**AIRTON LUIS KLEINOWSKI**

**DESENVOLVIMENTO DE UM EXERCITADOR LOMBAR  
AUTOMÁTICO MICROCONTROLADO NA PREVENÇÃO DA  
LOMBALGIA RELACIONADA À POSTURA SENTADA**

**Dissertação de Mestrado em Engenharia  
Biomédica  
Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande  
do Sul - PUC  
Faculdade de Engenharia  
Programa de Pós-graduação em Engenharia  
Elétrica – PPGEE**

**Orientadora: Thais Russomano**

**Porto Alegre**

**2007**

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	6
1 OBJETIVO GERAL .....	Erro! Indicador não definido.
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	Erro! Indicador não definido.
2.1 Anatomia Básica da Coluna Vertebral.....	Erro! Indicador não definido.
2.1.1 Curvaturas da Coluna Vertebral .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
2.1.2 Funções da Coluna Vertebral .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
2.2 Biomecânica da Coluna Vertebral.....	Erro! Indicador não definido.
2.2.1 Movimentos da Coluna Vertebral .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
2.2.2 Efeito do Suporte Postural Insuficiente pelos Músculos do Tronco	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
2.2.3 Efeitos dos Músculos dos Membros na Estabilidade da Coluna .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
2.2.4 Suporte Dinâmico para a Coluna Lombar e Discos Intervertebrais	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
2.3 Biomecânica Ocupacional.....	Erro! Indicador não definido.
2.3.1 Trabalhos Estático e Dinâmico.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
2.3.2 Postura Corporal .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
2.3.2.1 Postura em Pé.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
2.3.2.2 Postura Sentada.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
2.4 Lombalgia.....	Erro! Indicador não definido.
2.4.1 Conceito e Classificação de Lombalgia.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
2.4.2 Fatores de Risco para Lombalgia .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
2.4.3 Prevenção e Tratamento na Lombalgia .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
3 MATERIAIS E DESENVOLVIMENTO.....	Erro! Indicador não definido.
3.1 Introdução .....	Erro! Indicador não definido.
3.2 Materiais de Construção Mecânica.....	Erro! Indicador não definido.
3.2.1 Apoio Lombar e seus Componentes.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
3.2.2 Circuito Pneumático .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
3.3 Materiais Eletromecânicos.....	Erro! Indicador não definido.
3.3.1 Micro-Controlador.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
3.3.2 Transdutor de Pressão Manométrica .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
3.3.3 Válvula 2\2 Vias .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
3.3.4 Drivers de Potência .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
3.3.5 Bombas de Ar .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>

3.3.6 Fonte de Alimentação .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
<b>3.4 Material de Informática</b> .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
3.4.1 <i>Software</i> Gerenciador do Sistema .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
<b>3.5 Desenvolvimento do ELAM</b> .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
3.5.1 Diagrama em Blocos .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
3.5.2 Fluxograma de Funcionamento do <i>ELAM</i> .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
3.5.3 Descrição do Funcionamento Prático do <i>ELAM</i> .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
<b>PERSPECTIVAS E TRABALHOS FUTUROS</b> .....	<b>10</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>

## RESUMO

A dor lombar ou lombalgia tem sido considerada uma das alterações músculoesqueléticas mais comuns nas sociedades industrializadas, a qual limita o trabalho, principalmente em indivíduos com menos de 45 anos de idade. Acredita-se que 80 % da população mundial teve ou terá um episódio de lombalgia em algum período da vida. A maior parte dessas dores são causadas por problemas musculares, em geral por retrações de músculos devido à má postura, esforço físico, movimentos repetitivos feitos de maneira inadequada e predisposição genética. A postura sentada, inerente a diversas profissões, como pilotos de avião, motoristas, atendentes de *call center* e ainda atividades escolares e domésticas, tem sido apontada também como fator causal para a lombalgia mecânica. Esta postura determina um menor gasto energético, quando comparada à postura em pé, mas se mantida por longos períodos, sobrecarrega estruturas passivas da coluna lombar (ligamentos, cápsula articular, fâscias e disco intervertebral), que são ricas em nociceptores, provocando dor. Exercícios passivos ou ativos neste segmento estimulam mecanoreceptores que inibem os nociceptores, prevenindo e controlando a lombalgia mecânica. **Objetivo** - Este estudo objetivou desenvolver um protótipo que realize movimentos passivos ritmados da coluna lombar na postura sentada de forma automática, utilizando-se de recursos e conhecimentos da engenharia mecatrônica, biomecânica e saúde humana. **Método** - Como base, foi utilizado um apoio lombar com componente inflável disponível no mercado, sendo agregado a este, recursos eletromecânicos, pneumáticos e de informática. O *ELAM*, Exercitador Lombar Automático Microcontrolado, foi desenvolvido no Centro de Microgravidade da PUCRS. **Resultados** - O protótipo *ELAM* proporciona movimentos ritmados e controlados de forma automática pelo sistema gerenciador para a coluna lombar na postura sentada. É de fácil manuseio, portátil de custo baixo. Poderá ser utilizado sem restrição por qualquer pessoa que adote a postura sentada por longos períodos e que queira prevenir ou controlar a lombalgia mecânica.

**Palavras-chave:** postura sentada, lombalgia, exercício

## ABSTRACT

The lumbar pain or low back pain has been considered one of more common musculoskeletal alterations in the industrialized societies, which limits the work, mainly in individuals with less than 45 years old. It is believed that 80% of the world population had or will have one lumbar pain episode in some period of the life. Most of those pains are caused by muscular problems, in general for retractions of muscles due the incorrect posture, physical effort, repetitive movements in inadequate way and genetic predisposition. The seating posture, inherent to several professions as airplane pilots, drivers, call attendants center and still school and domestic activities, it has also been pointed as causal factor of the mechanical lumbar pain. This posture determines a smaller energy expense, when compared with the posture in foot, but if maintained to long periods, overloads passive structures of the lumbar column as ligaments, articulate capsule, fasciae and intervertebral disc, that are rich in nociceptors, provoking pain. Passives or actives exercises in this segment stimulate mecanoreceptors that inhibit the nociceptors, preventing and controlling the mechanical lumbar pain. **Objective** - This study aimed at to develop a prototype that accomplishes rhythmic passives movements of the lumbar column in the seating posture in an automatic way, being used resources and knowledge of the mecatronics engineering, biomechanics and human health. **Method** - As base, a lumbar support was used with an inflatable component available in the market, being joined to this electromechanical resources, pneumatics and computer science. Microcontrolled Automatic Lumbar Exercitator, was developed in the Center of Microgravity of PUCRS University. **Results** - The prototype provides rhythmic and controlled movements in automatic way by a system manager to the lumbar column in the seating posture. It is easily handling, portable and low cost. It can be used without restriction by anybody that adopts the seating posture for long periods and that wants to prevent or to control the mechanical lumbar pain.

**Key words:** sitting posture, lumbar pain, exercise

## INTRODUÇÃO

Nos EUA, a lombalgia se apresenta como a principal causa de restrição laboral antes dos 45 anos de idade e está em terceiro lugar entre os 45 e 64 anos de idade, atrás das doenças cardíacas e da artrite. A postura sentada é sugerida como grande fator de risco. Muitos veículos vibram em uma frequência similar à frequência natural do corpo (4 Hz a 6 Hz). A exposição a estas vibrações, na postura sentada, pode causar a fadiga dos músculos paravertebrais, dos ligamentos vertebrais e dos discos intervertebrais, levando a hérnias discais lombares. Ainda nos Estados Unidos, calcula-se uma perda anual de 1400 dias de trabalho para cada 1000 funcionários por problemas de coluna, sendo que as compensações geradas resultam em custos estimados de 16 bilhões de dólares ao ano (FERGUNSON e MARRAS, 1997).

A postura sentada, aliada com a falta de atividade física, são fatores determinantes na diminuição da flexibilidade em pessoas que desenvolvem suas atividades nesta postura, levando quase de forma inevitável o aparecimento da lombalgia. Pesquisas demonstraram que a carga intradiscal na postura sentada aumenta em até 40 % quando comparada a postura em pé (GRANDJEAN, 1998).

Entre várias profissões que adotam a postura sentada para desenvolver suas atividades, a de piloto de avião parece apresentar maior risco para desenvolver a lombalgia mecânica em virtude também de outros fatores como a força G e vibração.

Estudos que analisaram a dor musculoesquelética em pilotos demonstraram que a coluna lombar é o local mais acometido no corpo. Os efeitos da postura sentada têm sido reportados como causa da lombalgia em pilotos. Vários fatores podem levar a problemas na coluna dos pilotos: postura estática e assimétrica que determinam tensão constante dos músculos de sustentação da coluna vertebral, força G, vibração, sedentarismo, jornada de trabalho extensa, fatores ergonômicos e não fisiológicas (SIMPSON e PORTER, 2003).

Segundo Chaffin *et al* (2001), “vários estudos indicam um aumento do risco de dores lombares em indivíduos que realizam tarefas predominantemente na postura sentada”, que no caso dos pilotos e avião é obrigatória. Para Pereira (2001), o trabalho sentado apresenta-se ideal sob o ponto de vista do gasto energético, porém promove distúrbios osteomusculares, entre eles a lombalgia, e contribui para o sedentarismo.

Valenti *et al* (2004) realizaram pesquisa com grupo de pilotos de helicóptero, onde foi observada a prevalência de dor lombar naqueles trabalhadores de 94%, correlacionando com as cargas de trabalho e a vibração durante o vôo do helicóptero.

Segundo Zilli (2002), a adoção de um estilo de vida não-sedentário, ou seja, com a realização de atividade física no mínimo três vezes por semana, reduz diretamente o risco para o desenvolvimento da maior parte das doenças crônico-degenerativas.

Rohlmann *et al* (2001) dissertam que a carga na região lombar durante as atividades realizadas na postura sentada, depende do grau da lordose e da inclinação da pelve. Na postura sentada, adota-se diferentes graus de lordose e inclinação pélvica. Os autores finalizam que a carga na coluna lombar vai então depender do tipo de assento e da postura que o trabalhador assume nas suas atividades.

Então, o aumento da pressão nos discos, coxas e nádegas, acrescido de uma postura inadequada, quando mantida por longos períodos de tempo, são fatores fundamentais no surgimento de problemas físicos, fadiga e sintomatologia de desconforto, entre eles a lombalgia mecânica relacionada à postura sentada.

Deve-se então propor a utilização de recursos que minimizem estes desconfortos musculoesqueléticos relacionados à postura sentada, seja ela no trabalho, na escola ou em casa. Existem hoje no mercado apoios lombares rígidos ou infláveis, chamados também de apoios lombares ergonômicos. Eles permitem que as atividades realizadas na postura sentada, sejam mais confortáveis, já que preserva a lordose fisiológica, prevenindo assim a lombalgia ocasionada pela retificação ou inversão da lordose na postura sentada conforme Chaffin (2001). Porém, mesmo com uma boa postura adotada na utilização do apoio lombar, com presença da lordose fisiológica, observa-se ainda que a postura estática, outro fator causal da lombalgia, ainda assim é mantida. Fisioterapeutas que atuam em saúde ocupacional, sabem que trabalhadores sentados,

determinam pouca mobilidade ativa ou passiva da sua coluna lombo-sacra. A postura estática é importante agente causal que leva a uma perda da flexibilidade e sobrecarga nas estruturas sensíveis a dor da região lombar como ligamentos, cápsulas articulares, discos intervertebrais, músculos, fâscias, entre outros.

A motivação do autor em desenvolver esta pesquisa, vem da sua atuação como fisioterapeuta em aviação comercial brasileira que, durante cinco anos prestou atendimento à tripulantes, em especial os pilotos, com queixas musculoesqueléticas relacionadas à atividade de vôo. A lombalgia era a queixa mais comum nos pilotos, causada pela manutenção prolongada da postura sentada associada a rotações da coluna durante as diversas operações previstas para o vôo. O tratamento ambulatorial com recursos fisioterapêuticos clássicos eliminavam as queixas, porém não interferiam nas causas supra-citadas. Era necessário então, promover atividades ou recursos que prevenissem a reagudização do quadro nos já atendidos e ainda evitassem a instalação da lombalgia nos pilotos ainda não acometidos. O autor, percebendo a necessidade de atuar durante a atividade profissional apresenta um recurso preventivo: o Exercitador Lombar Automático Microcontrolado (*ELAM*), que poderá ser utilizado por todos aqueles que desenvolvam suas atividades laborais, acadêmicas, domiciliares ou recreativas na postura sentada.

Este estudo consiste em desenvolver protótipo que utilize um apoio lombar inflável disponível no mercado, interligado a um sistema automático pressurizado que o infla e desinfla com bomba de ar de forma programada e controlada. Este equipamento estimula a realização de exercícios passivos da coluna lombo-sacra pelo usuário na postura sentada. Após o acionamento do interruptor pelo usuário é acionado o sistema gerenciador que controla o acionamento da bomba de ar, inflando e desinflando o componente inflável do apoio lombar. É acionado de hora em hora, quando mantido ligado, com uma frequência de 20 ciclos durante o tempo máximo de 3 minutos. Conforme diversos autores, micropausas de 3 a 5 minutos por hora são extremamente benéficas para trabalhadores (GRANDJEAN,1998; COUTO,2002; BAÚ,2002). Durante estas micropausas, programadas pelo equipamento, o trabalhador experimenta movimentos lentos e ritmados na coluna lombosacra que vão da posição de repouso, lordose fisiológica, até a retificação da curva. Os exercícios promovidos para a região

lombar durante o acionamento automático do equipamento propiciam a lubrificação e distensibilidade das estruturas anatômicas da coluna lombo-sacra.

O equipamento não oferece riscos ao usuário e não apresenta contra-indicações, já que os exercícios são ritmados, lentos e acontecem com periodicidade compatível com a atividade profissional e fisiológica da coluna vertebral.

O aparelho utiliza tecnologia de ponta, concebido através do conhecimento transdisciplinar no Centro de Microgravidade da PUCRS. É de fácil adaptação ao assento, e manuseio pelo usuário. Dispõe de uma chave liga e desliga para seu acionamento, podendo ser utilizado em ambientes empresariais, acadêmicos, veículos e aeronaves.

O *ELAM* não encontra similar no mercado mundial, demonstrando assim a vanguarda e o diferencial desta pesquisa.

O desenvolvimento deste estudo divide-se em etapas, sendo elas:

1ª etapa: revisão bibliográfica dos temas abordados nesta dissertação;

2ª etapa: descrição detalhada dos materiais e desenvolvimento na construção do protótipo;

3ª etapa: descrição do funcionamento do equipamento a partir de ensaio no Centro de Microgravidade com usuário.

## PERSPECTIVAS E TRABALHOS FUTUROS

O objetivo principal de se desenvolver um equipamento operacional e prático para a prevenção da lombalgia mecânica foi alcançado. É claro que o *ELAM* não é e nem deve ser utilizado como único recurso de exercício para coluna lombar em pessoas que adotem a postura sentada por longos períodos nas suas diversas atividades diárias. Acredita-se que exercícios globais e cuidados posturais devem ser estimulados a serem praticados no dia-a-dia por estas pessoas não só para o benefício da coluna vertebral, mas também da saúde como um todo.

A continuidade deste estudo se faz necessário para validar o *ELAM*. Pessoas portadoras e não portadoras de lombalgia mecânica serão convidadas a participar da sequência deste estudo, onde experimentos práticos e longitudinais com o protótipo definirão os resultados.

Entende-se que, no futuro próximo, trabalhadores como, motoristas, pilotos de avião, operadores de *call center*, escriturários, entre outros, poderão se beneficiar do *ELAM*, bem como escolares e ainda pessoas que permaneçam sentados por muito tempo no ambiente doméstico, já que o computador é tão comum hoje em todos os lares do Brasil e do Mundo.

O homem evolui através dos tempos da postura de quatro apoios para a postura em pé, mas atualmente em virtude das tecnologias, atividades e tarefas impostas pela modernidade, vem-se adotando cada vez mais a postura sentada, podendo assim apresentar distúrbios músculo-esqueléticos advindos da manutenção desta postura e a tendência mundial do sedentarismo em jovens e adultos.

O *ELAM* será mais uma ferramenta integrante do arsenal disponível na prevenção e controle da lombalgia postural. Poderá estar disponível a todos interessados com preço acessível, quando produzido em larga escala, e assim contribuir de forma efetiva com a saúde pública.