

# CONSTRUÇÃO DE DISPOSITIVO ROBÓTICO PARA TESTES EM COLUNA VERTEBRAL

**Felipe F. Lemos**, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual Paulista, UNESP – Guaratinguetá/SP e Departamento de Fisioterapia, Faculdade de Pindamonhangaba, FAPI – Pindamonhangaba/SP, e-mail: [felipeflemos@feg.unesp.br](mailto:felipeflemos@feg.unesp.br)

**José E. Tomazini**, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual Paulista, UNESP – Guaratinguetá/SP, e-mail: [tomazini@feg.unesp.br](mailto:tomazini@feg.unesp.br)

**Leonardo Zanetti de Lima**, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual Paulista, UNESP – Guaratinguetá/SP, e-mail: [leozlima@yahoo.com.br](mailto:leozlima@yahoo.com.br)

## Introdução

Muitos equipamentos vêm sendo desenvolvidos para fornecer dados de ensaios *in vitro* para alimentar simuladores através de modelamentos computacionais (Ahn, 2007; Nabhani, 2002), tais ensaios submetem os segmentos de coluna vertebral a cargas estáticas e cíclicas, utilizando-se dos mais variados protocolos de aplicação de esforços, número de ciclos, pausas e pré-carga axial (Barker, 2006).

Recentemente foram desenvolvidos um dispositivo para simular a flexão/extensão da coluna vertebral lombar e, em conjunto, um dispositivo para estimar a pressão no interior do disco intervertebral (Lemos; Tomazini; Mathias, 2006).

O projeto ora proposto vem dar continuidade aos trabalhos já iniciados nesta área, visando o desenvolvimento de um novo dispositivo que será utilizado por alunos de graduação, mestrado e doutorado, contribuindo para o avanço das pesquisas sobre coluna vertebral no país, carente deste tipo de pesquisa.

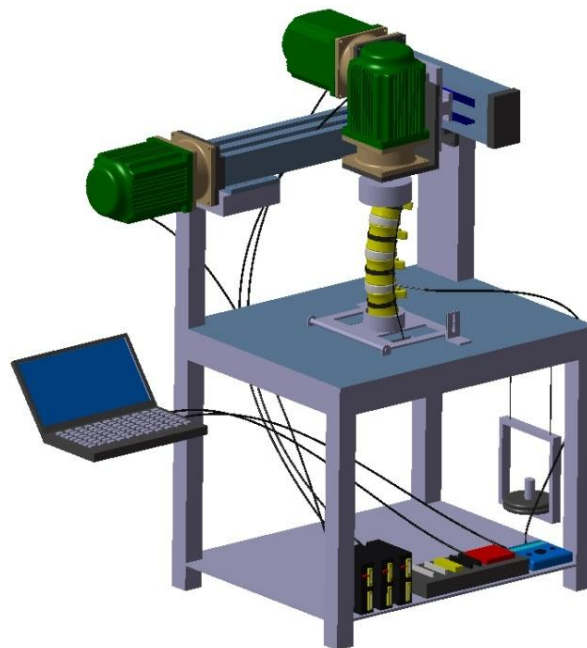
O objetivo geral deste trabalho é o desenvolvimento de equipamento para experimentos envolvendo a coluna vertebral.

Os objetivos específicos são:

- Desenvolver um dispositivo capaz de simular os movimentos de flexão-extensão e rotação da coluna vertebral, e de forma que ele permita a utilização de diferentes segmentos da coluna vertebral (tamanho e diâmetro), tornando-o mais versátil;
- Agregar a este dispositivo a empregabilidade da carga seguidora como forma de simular os esforços incidentes na coluna vertebral;
- Permitir que o equipamento simule diversas situações de posicionamento inicial de acordo com a inclinação de sua base;
- Realizar mensurações da pressão intradiscal utilizando-se um transdutor de pressão em agulha, igualmente aos estudos mais importantes do gênero.

## Material e Método

A primeira etapa será desenvolver a partir da *Máquina Universal de Ensaios em Coluna Vertebral*, desenvolvida por Wilke et al (1994), um equipamento robótico que simule os movimentos da coluna vertebral, os esforços incidentes e as variações de posicionamento inicial; enquanto que, na segunda fase, serão realizados protocolos de ensaios experimentais baseados na literatura existente e em projetos desenvolvidos pelo grupo de pesquisa (Figura 1).



**Figura 1: Visão geral do dispositivo robótico**

O dispositivo consistirá de uma estrutura na qual serão acoplados três servo-motores, que realizarão os três movimentos da coluna: flexão/extensão no plano sagital, inclinação lateral no plano frontal e rotação no plano axial. Vale frisar que para diminuir o tamanho do dispositivo e gerar torque suficiente para movimentar os segmentos de coluna vertebral, os servo-motores serão acoplados a redutores planetários.

Uma guia linear, com 50 mm de comprimento, permite um movimento angular do segmento de coluna vertebral (eixo x) de  $60^\circ$  (movimento de flexão-extensão), enquanto que a outra guia linear, com 30mm de comprimento, permite um movimento angular (eixo y) de até  $\pm 10^\circ$  (inclinação lateral). O deslocamento angular em torno do eixo z é de apenas  $\pm 5^\circ$ , correspondendo ao movimento de rotação da coluna vertebral (Figuras 2, 3 e 4). O terceiro motor será acoplado à segunda guia através de uma junta prismática, permitindo um pequeno deslocamento vertical da coluna, possibilitando a realização dos três movimentos simultaneamente. Isto também permitirá a utilização de colunas de diferentes tamanhos.

Cada servo-motor tem capacidade de torque de até 2,5 Nm e redutores planetários com relação de 1:10 a eles conectados, incrementam sua capacidade de torque para 25 Nm.

Os três motores serão ligados a três controladores que por sua vez serão comandados por uma interface homem máquina, que permitirá estabelecer um protocolo de movimento dos três motores.

A aplicação da pré-carga axial nos segmentos da coluna vertebral será realizada por um sistema de cabos fixados ao acoplamento superior e em cada corpo vertebral, com sua extremidade inferior passando por um conjunto de polias e a um sistema de aplicação de massas (fixados na base do dispositivo). Este é o método conhecido como carga seguidora.

Uma das extremidades da coluna será acoplada a este motor, enquanto a outra extremidade será fixa numa base que terá uma inclinação regulável, a fim de simular a angulação pélvica que serve de base de sustentação inferior da coluna vertebral.

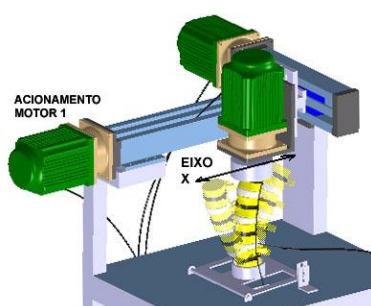


Figura 2: Movimento de flexão-extensão

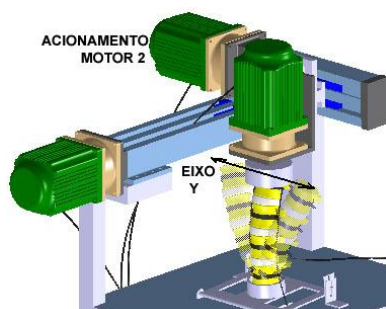


Figura 3: Movimento de inclinação lateral

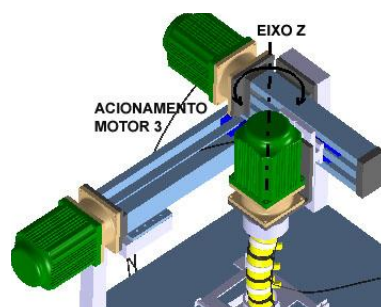


Figura 4: Movimento de rotação

Para medir a pressão intradiscal, será utilizado um transdutor de pressão do tipo agulha, cujo sinal será aquisitado por um sistema de condicionamento de sinais modelo Spider 8 [HBM, Darmstadt, Alemanha] e analisado via programa Catman [HBM, Darmstadt, Alemanha]. Os componentes do dispositivo são mostrados de forma esquemática na Figura 5.

Para realizar os testes iniciais e, assim, testar a eficiência do dispositivo, serão utilizados segmentos de

coluna vertebral lombar suína, em ensaios combinando protocolos de variação de amplitude e tipos de movimentos (isolados e combinados) com magnitude de forças aplicadas e posicionamentos iniciais, com o objetivo de avaliar a variação da pressão intradiscal sob estas determinadas variáveis.

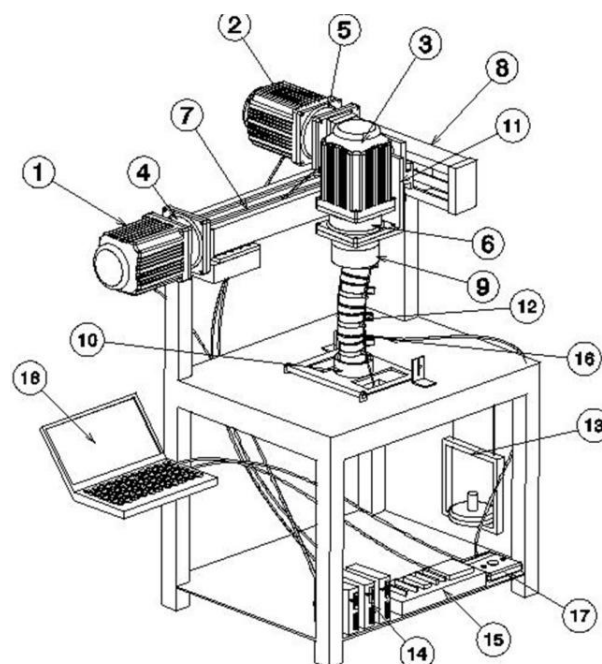


Figura 5: Componentes do dispositivo robótico simulador

Onde: 1, 2 e 3 - Servo-motores; 4, 5 e 6 - Redutores harmônicos; 7 e 8 - Guias lineares; 9 - Acoplamento superior; 10 - Base inclinável; 11 - Junta prismática; 12 - Sistema de cabos; 13 - Aplicação de massas; 14 - Controladores; 15 - Interface homem-máquina; 16 - Transdutor de pressão; 17 - Amplificador de sinais (Spider8); 18 - Microcomputador.

### Referências bibliográficas

- Ahn, H. S.; Diangelo, D. J. Biomechanical testing simulation of a cadaver spine specimen. *Spine*, Estados Unidos da América, v. 32, n. 11, p. E330-6, 2007.
- Barker, P. J. et al. Effects of tensioning the lumbar fasciae on segmental stiffness during flexion and extension. *Spine*, Estados Unidos da América, v. 31, n. 4, p. 397-405, 2006.
- Lemos, F. F.; Tomazini, J. E.; Mathias, M. H. Alternative method for obtained *in vitro* intradiscal pressure. *Journal of Biomechanics*, Grã-Bretanha, v. 39, supp. 1, p. S479, 2006.
- Nabhani, F.; Wake, M. Computer modeling and stress analysis of the lumbar spine. *Journal of Materials Processing Technology*, Grã-Bretanha, v. 127, n. 1, p. 40-47, 2002.
- Wilke, H. J. et al. A universal spine tester for in vitro experiments with muscle force simulation. *European Spine Journal*, Alemanha, n. 3, p. 91-97, 1994.