

# PROJETO DE HASTE INTRAMEDULAR BLOQUEADA DE MATERIAL POLIMÉRICO PARA REDUÇÃO DE FRATURAS EM OSSOS LONGOS DE GRANDES ANIMAIS

**Flávio Henrique Guerra Peixoto**, Curso de Engenharia Mecânica – UFMG,  
e-mail: [flaviohgpeixoto@gmail.com](mailto:flaviohgpeixoto@gmail.com)

**Estevam Barbosa de Las Casas**, Departamento de Engenharia de Estruturas – UFMG,  
e-mail: [estevam@dees.ufmg.br](mailto:estevam@dees.ufmg.br)

**Odael Spadeto Júnior**, Programa de Pós-graduação em Medicina Veterinária – UFMG,  
e-mail: [odaelj@hotmai.com](mailto:odaelj@hotmai.com)

**Luciano Brito Rodrigues**, Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica – UFMG e  
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, e-mail: [rodrigueslb@gmail.com](mailto:rodrigueslb@gmail.com)

**Jorge Milton Elian Saffar**, Centro Tecnológico de Minas Gerais, e-mail: [jorge.saffar@cetec.br](mailto:jorge.saffar@cetec.br)

**Ademir Severino Duarte**, CETEC- MG – Centro Tecnológico de Minas Gerais, e-mail:  
[ademir.duarte@cetec.br](mailto:ademir.duarte@cetec.br)

**Rafael Resende Faleiros**, Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinárias – UFMG,  
e-mail: [faleiros@ufmg.br](mailto:faleiros@ufmg.br)

## Introdução

A haste intramedular bloqueada vem sendo utilizada com sucesso no tratamento de fratura de ossos longos de humanos e animais. Um dos principais problemas tem sido o custo, pois as hastes são confeccionadas em material metálico, exigindo ainda uma segunda cirurgia para sua retirada após a consolidação da fratura (van der Elst *et al.*, 1999). São muitos os registros de complicações relacionadas ao seu emprego, tais como: a reação do organismo ao material, a interferência nas técnicas de acompanhamento pós-operatórias por imagem e a restrição do crescimento ósseo fisiológico em pacientes jovens (Pietrzak *et al.*, 1996). Além disso, o efeito indesejável mais preocupante, relacionado com seu emprego é diminuição da densidade mineral óssea (osteopenia), causada pela presença do material metálico por longos períodos (Böstman, 1991), conseqüência do efeito conhecido como blindagem de tensões (*stress shielding*). Estudos têm sido conduzidos no sentido de desenvolver uma haste de material leve, resistente, de baixo custo e biocompatível (De Marval, 2006).

Foi desenvolvido um projeto integrado entre a Engenharia Mecânica e a Medicina Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) visando a obtenção de uma técnica de recuperação de fraturas eficiente e economicamente viável para ossos longos de grandes animais. Propõe-se utilizar uma haste intramedular bloqueada de material polimérico biocompatível selecionada por meio de simulação computacional, testes físicos *ex vivo* e experimentos *in vivo*. Este trabalho consistiu na realização de testes físicos *ex vivo* em ossos fraturados implantados com haste intramedular de poliacetal, polipropileno e poliamida.

## Metodologia

Os testes físicos realizados foram ensaios mecânicos de compressão e de flexão onde foi verificada a força de ruptura da haste, fissura do osso, angulação excessiva da haste em relação ao eixo longitudinal do osso ou

ainda desalinhamento dos fragmentos ósseos. Também foram ensaiados ossos íntegros para verificação das forças de ruptura e cujos resultados foram tomados como referência para avaliação dos conjuntos osso-implante. Testes biomecânicos têm se tornado cada vez mais comuns e aceitos para se avaliar o desempenho dos dispositivos de fixação (Dallabrida *et al.*, 2005).

Para realização dos testes, a seguinte metodologia foi seguida:

- Obtenção dos fêmures de bezerros machos da raça Holandesa com idade de até 30;
- Congelamento imediato dos ossos a -20°C até a data do processamento;
- Descongelamento natural à temperatura ambiente, para dissecação dos tecidos moles limpeza dos ossos;
- Medição dos diâmetros medulares e inserção de hastes de Ø12mm dos seguintes materiais pré-selecionados: poliamida, poliacetal e polipropileno. As propriedades mecânicas dos materiais são listadas na Tabela 1.

Propriedades dos Polímeros			
Materiais	Resistência Mecânica (MPa)	Módulo de Elasticidade (GPa)	Deformação na Fratura (%)
Poliacetal	68	2,8	40
Poliamida 6.6	70	2,8	60
Polipropileno	33	1,5	150
Osso cortical	60 a 160	3 a 30	-
Aço inoxidável	515	200	-

**Tabela 1 – Propriedades mecânicas dos polímeros pré-selecionados. Adaptado de Oréfice *et al.*, 2006**

- Preparação dos corpos-de-prova para ensaios mecânicos *ex vivo*, iniciando pela indução de uma fratura nos ossos obliquamente na transição entre o terço médio e o proximal do segmento e de forma a simular uma fratura oblíqua de 40° em relação ao eixo longitudinal. Para união dos segmentos, realizou-se a aplicação retrógrada das hastes. Para o bloqueio das hastes utilizaram-se dois parafusos de aço inox (Ø4,5 x 50 mm de comprimento) em cada fragmento, colocados transversalmente ao eixo do osso e inseridos pela face lateral de forma a atingir

ambas as corticais. Foram usadas doze 12 amostras de cada material e mais doze amostras de osso íntegro (grupo de controle), o que totalizou um total de 48 amostras.

- Realização de testes ensaios de compressão e de flexão, cada um com seis amostras de cada material, conforme mostrado na Figura 1.

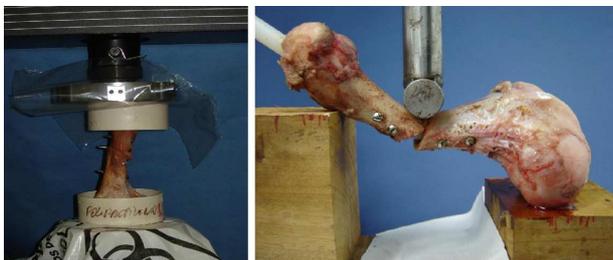


Figura 1 – Ensaio de compressão e flexão.

Os testes físicos foram realizados no Laboratório Robert Hooke da Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC). Foi utilizada uma Máquina Universal de Ensaio (Instron 5869, coluna dupla, capacidade de 50kN, escala de velocidade de 0,001 – 500 mm/min).

### Resultados

Na Tabela 2 são descritos, numericamente, os resultados obtidos nos ensaios mecânicos.

	Força de Ruptura [N]					
	Flexão					
	1	2	3	4	5	6
Poliâmida 6.6	1350	1475	1420	1550	1050	1400
Polipropileno	669	661	872	524	866	736
Poliacetil	787	1048	1100	597	783	1010
Osso Integro	1700	738	3350	2782	3118	2255
	Compressão					
	1	2	3	4	5	6
	Poliâmida 6.6	6757	6173	6174	4358	3773
Polipropileno	5181	6379	8403	9335	8682	11089
Poliacetil	4985	7613	4619	8846	5042	5929
Osso Integro	6217	9875	14500	19000	10000	11432

Tabela 2 – Resultados com as forças de ruptura obtida nos testes físicos *ex-vivo*.

Após os ensaios mecânicos foram catalogadas as ocorrências listadas na Tabela 3, a seguir.

Ensaio de Flexão	Poliâmida 6.6	Polipropileno	Poliacetil	Osso Integro
Ocorrências	Corpo-de-prova	Corpo-de-prova	Corpo-de-prova	Corpo-de-prova
Angulação excessiva das extremidades ósseas	01 / 03 / 04 05 / 06	-	-	-
Ruptura do parafuso	01 / 02	-	-	-
Fissura do osso	04	-	02 / 03 / 04 05 / 06	-
Ruptura da haste	-	01 / 02 / 03 04 / 05 / 06	01	-
Fratura do osso	-	-	-	01 / 02 / 03 04 / 05 / 06
Ensaio de Compressão				
Ocorrências	Corpo-de-prova	Corpo-de-prova	Corpo-de-prova	Corpo-de-prova
Desalinhamento das extremidades ósseas	01 / 02 / 04 05 / 06	01 / 02 / 03 04 / 06	01 / 02 / 04	-
Fratura do osso	03	-	-	-
Rompimento da base de acrílico	05	-	-	-
Ruptura da haste	-	05	03 / 05 / 06	-
Deslocamento da placa epifisária	-	-	-	01 / 02 / 03 04 / 05 / 06

Tabela 3 – Ocorrências observadas após os ensaios mecânicos.

### Conclusão

Estes experimentos formaram um estudo comparativo para determinar o percentual de resistência do osso submetido à técnica de redução de fratura por haste bloqueada utilizando três materiais diferentes em relação ao osso íntegro quando submetido a forças de compressão e de flexão. Deve-se observar que não se trata de substituir um material pelo outro, ou seja, substituir o osso danificado pelo polímero, mas sim substituir a estrutura tubular do osso por um cilindro de reforço, tornando a comparação menos imediata.

Nos testes de flexão e compressão, verificou-se que, nos ossos instrumentados, o comportamento dos conjuntos variou em função do tipo de haste utilizada.

Uma análise global dos resultados nos testes *ex vivo* aliados aos valores das propriedades dos materiais estudados mostram que o polipropileno é o material com o desempenho menos satisfatório, pois apresentou pior resultado nos ensaios de flexão e, apesar do melhor resultado nos ensaios à compressão, possui tensão de ruptura a compressão inferior aos outros dois materiais. O poliacetil teve o segundo melhor desempenho nos dois ensaios e sua tensão de ruptura está entre os valores do polipropileno e da poliâmida. Por apresentar melhor comportamento à flexão em relação ao polipropileno e ao poliacetil, a poliâmida, que também possui maior tensão, maior módulo de resistência à flexão e maior tensão de ruptura à compressão, é o material recomendado para a confecção da haste para utilização *in vivo*.

### Agradecimentos

Os autores agradecem à UESB, a Capes (Convênio Capes/Grices, Processo 148/06), à Fapemig, (Processo EDT-506/07), à Fapesb, (termo de outorga APR0068/2007), e à PRPq-UFMG pelos apoios financeiros concedidos para o desenvolvimento deste trabalho.

### Referências

- Böstman, O., 1991. Absorbable implants for the fixation of fractures. *Journal of Bone and Joint Surgery*, Boston, 73, (1): 148 – 153.
- Dallabrida, A.L.; Schossler, J.E.; Aguiar, E.S.V. de; Amendola, G.F.S.; Silva, J.H.S.; Soares, J.M.D., 2005. Biomechanical analysis *ex vivo* of two osteosynthesis methods for transversal diaphyseal fracture in canine femur. *Ciência Rural*, 35, (1): 116 – 120.
- De Marval, C.A., 2006. Estudo *ex vivo* e *in vivo* de polímero biocompatível como material alternativo na confecção de haste bloqueada para redução de fraturas em úmeros de bezerras. (Dissertação de Mestrado). Pós-Graduação em Medicina Veterinária. Escola de Veterinária da UFMG. Brasil.
- Oréface, R.L.; Pereira, M.M.; Mansur, H.S., 2006. Biomateriais: fundamentos e aplicações. Rio de Janeiro: Cultura Médica, 538p.
- Pietrzak, W.S.; Sarver, D.; Verstynen, M., 1996. Bioresorbable implants – practical considerations. *Bone*, 19, suppl. 1, 109S – 119S.