

# ENEBI 2013

4º Encontro Nacional de Engenharia Biomecânica

RESUMO DOS TRABALHOS APRESENTADOS  
ENEBI 2013  
25 a 27 de ABRIL, VITÓRIA/ES

# **IV Encontro Nacional de Engenharia Biomédica**

25 a 27 de abril de 2013  
Vitória – Espírito Santo

## **ANAIS**

### **Promoção**

ABCM – Associação Brasileira de Engenharia e Ciências Mecânicas

### **Edição**

Equipe organizadora local

### **Organização**

Universidade Federal do Espírito Santo

### **Patrocinadores**

Secretaria de Estado da Ciência, Tecnologia, Inovação, Educação Profissional e Trabalho – ES

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação

Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer

CAPES

ORTOSINTESE

CREA-ES

Grupo SMARTTECH

UCL

Biopdi

CCARCI

## APRESENTAÇÃO

É com enorme satisfação que, em nome do Comitê de Organização e da Comissão Científica, saudamos a todos os participantes do IV Encontro Nacional de Engenharia Biomecânica (ENEBI 2013). O ENEBI surgiu com o objetivo de encorajar contatos nacionais e internacionais entre cientistas, promover a disseminação do conhecimento e expandir os grupos de estudo para a complementação e sedimentação dos novos conhecimentos no campo da Engenharia Biomecânica, além de fazer o elo entre a ciência, a indústria e a sociedade, transportando o resultado experimental para a tecnologia de equipamentos e aparelhos. O número crescente de participantes nas diversas edições do ENEBI retrata o interesse profuso da comunidade científica por esse campo extremamente fértil e inovador da engenharia e da saúde.

O ENEBI 2013 tem como objetivo estabelecer um fórum de avaliação do estágio atual da pesquisa na área de Engenharia Biomecânica no país e de discussões técnico-científicas que possibilitem traçar diretrizes necessárias para o desenvolvimento e consolidação desta área no Brasil. Este ano, a Comissão Científica selecionou 54 trabalhos para apresentação oral e 74 trabalhos para posters, após um rigoroso processo de avaliação. O programa do evento inclui ainda 4 palestras convidadas proferidas por pesquisadores de renome internacional e um Workshop sobre tecnologias tridimensionais na medicina e odontologia.

Inúmeras pessoas e instituições contribuíram para que a realização do ENEBI 2013 fosse possível. Inicialmente gostaríamos de agradecer a todos os membros da Comissão Científica pelo cuidadoso trabalho de avaliação realizado e que resultou em um programa técnico da melhor qualidade. A todos os membros do Comitê de Organização nossos sinceros agradecimentos pelo excelente trabalho. Gostaríamos ainda de agradecer à UFES por todo o apoio prestado. Também não poderíamos deixar de agradecer o apoio recebido de todos os patrocinadores. Finalmente, os nossos agradecimentos a todos os autores que submeteram os seus trabalhos para o ENEBI e que, dessa forma, tornaram possível a sua realização.

Para terminar, gostaríamos de desejar aos participantes do ENEBI 2013 uma agradável estada em Vitória e que o evento propicie a todos não só excelentes momentos de discussão científica e aprendizado mútuo, mas também a oportunidade de conhecer e desfrutar esta charmosa cidade.

Vitória, abril de 2013.

Selva Maria Gonçalves Guerra  
*Presidente do ENEBI 2013*

# ORGANIZAÇÃO

## Comissão Organizadora Nacional

Prof. Dr. Adriano Almeida Gonçalves Siqueira (USP/SC), **Secretário do Comitê de Bioengenharia da ABCM**

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Selva Maria Gonçalves Guerra (UFES), **Presidente**

Prof. Dr. Angelo Gil Pezzino Rangel (UFES)

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Aura Conci (UFF)

Prof. Dr. Carlos Rodrigo de Mello Roesler (UFSC)

Prof. Dr. Cleudmar Amaral de Araújo (UFU)

Prof. Dr. Edson Antonio Capello de Sousa (UNESP)

Prof. Dr. Emílio Graciliano Ferreira Mercuri (UFPR)

Prof. Dr. Estevam Barbosa de Las Casas (UFMG)

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Flávia de Souza Bastos (UFJF)

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Flávia Pires Rodrigues (Pesquisadora Visitante da Universidade de Birmingham, Reino Unido).

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Leia Bernardi Bagesteiro (UFABC)

Prof. Dr. Luciano Luporini Menegaldo (UFRJ)

Prof. Dr. Luis Paulo da Silva Barra (UFJF)

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Mildred Ballin Hecke (UFPR)

## Comissão organizadora local

Prof. Dr. Alfredo Carlos Rodrigues Feitosa (UFES)

Prof. Dr. Aristeo Atsushi Takasaki (UFES)

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Claudia Machado de Almeida Mattos (UFES)

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Claudia Mendonça Reis Romano (UFES)

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Jackeline Coutinho Guimarães (UFES)

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Lucia Catabriga (UFES)

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria Christina Thomé Pacheco (UFES)

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Stefania Carvalho Kano (UFES)

Priscilla Pessin Coppo (Doutoranda/USP)

Regina Furbino Villefort Rocha (Mestre/UFES)

Rosangela Simonelli Gavi (Mestre/UFES)

Caroline de Vargas Bittencourt (Mestranda/UFES)

Gabriela Guimarães Soella (Mestranda/UFES)

Karine Almeida Pimentel (Mestranda/UFES)

Lucas Mendes Godoy (Mestrando/UFES)

Brunella Barcelos do Nascimento (Acadêmica/UFES)

Karoline Simões Costa (Acadêmica/UFES)

Suellen Campos Plaster (Acadêmica/UFES)

Igor da Silva Erler (Secretário/UFES)

## COMISSÃO CIENTÍFICA

Prof. Dr. Luciano Luporini Menegaldo (UFRJ), **Presidente do Comitê Científico**  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Andrea Rodrigues Motta (UFMG)  
Prof. Dr. Angelo Gil Pezzino Rangel (UFES)  
Prof. Dr. Agenor de Toledo Fleury (FEI e USP)  
Prof. Dr. Ari Digiácomo Ocampo Moré (UFSC)  
Prof. Dr. Arturo Forner Cordero (USP)  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Aura Conci (UFF)  
Prof. Dr. Carlos Nelson Elias (IME)  
Prof. Dr. Carlos Rodrigo de Mello Roesler (UFSC)  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cecília Amélia de Carvalho Zavaglia (UNICAMP)  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cláudia Machado de Almeida Mattos (UFES)  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Claudia Mendonça Reis Romano (UFES)  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Djenane Cordeiro Pamplona (PUC/RJ)  
Prof. Dr. Eduardo Alberto Fancello (UFSC)  
Prof. Dr. Estevam Barbosa de Las Casas (UFMG)  
Prof. Dr. Carlos Alberto Cimini Junior (UNICAMP)  
Prof. Dr. Carlos Nelson Elias (IME)  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cecilia Amelia de Carvalho Zavaglia (UNICAMP)  
Prof. Dr. Eduardo Alberto Fancello (UFSC)  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Flávia de Sousa Bastos (UFJF)  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Flávia Pires Rodrigues (Pesquisadora Visitante da Universidade de Birmingham, Reino Unido).  
Prof. Dr. Francesco Scofano Neto (IME)  
Prof. Dr. Jayme Pinto Ortiz (USP)  
Prof. Dr. Jorge Vicente Lopes da Silva (CTI-Campinas)  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Josete Barbosa Cruz Meira (USP)  
Prof. Dr. Jurandir Nadal (UFRJ)  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Leia Bernardi Bagesteiro (UFABC)  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Liliam Fernandes de Oliveira (UFRJ)  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Lucia Catabriga (UFES)  
Prof. Dr. Luis Paulo da Silva Barra (UFJF)  
Prof. Dr. Marcos Duarte (UFABC)  
Prof. Dr. Marcos Pinotti Barbosa (UFMG)  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria Christina Thomé Pacheco (UFES)  
Prof. Dr. Marko Ackermann (FEI)  
Prof. Dr. Max de Castro Magalhães (UFMG)  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Mildred Balin Hecke (UFPR)  
Prof. Dr. Pedro Yoshito Noritomi (CTI-Campinas)  
Prof. Dr. Raul Gonzalez Lima (USP)  
Prof. Dr. Teodiano Freire Bastos Filho (UFES)  
Prof. Dr. Tulimar Pereira Machado Cornacchia (UFMG)

## ANÁLISE BIOMECÂNICA DE UMA FRATURA SIMPLES NO FÊMUR

Maria G. A. Fernandes<sup>a</sup>, Elza M. M. Fonseca<sup>b</sup>, Jorge V. L. Silva<sup>c</sup>, Marcos P. Barbosa<sup>d</sup>,  
Daniel N. Rocha<sup>e</sup>, Jairson C. Dinis<sup>f</sup>

<sup>a</sup>Instituto Politécnico de Bragança, Tecnologia Biomédica, Bragança, Portugal;  
mariagoreti\_fernandes@hotmail.com

<sup>b</sup>Instituto Politécnico de Bragança, Departamento de Mecânica Aplicada, Bragança, Portugal;  
efonseca@ipb.pt

<sup>c</sup>Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer, Brasil; jorge.silva@cti.gov.br

<sup>d</sup>Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil; pinotti@ufmg.br

<sup>e</sup>Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil; danielnr.mecatronica@gmail.com

<sup>f</sup>CDRSP-Centre for rapid and sustainable product development, Portugal; bruce2\_2@hotmail.com

**Keywords:** biomodelo, fratura simples, análise numérica, Ansys.

### 1 INTRODUÇÃO

O principal objetivo deste trabalho é apresentar uma metodologia de análise computacional para fraturas simples do fêmur. Será apresentado o estudo de uma haste intramedular bloqueada para fixação da fratura óssea por elementos finitos utilizando o programa Ansys.

As fraturas ósseas são o resultado de uma sobrecarga única ou múltipla, com uma magnitude que excede o limite suportado pelo osso, ocorrendo numa fração de milissegundos. O efeito mecânico de uma fratura consiste primariamente numa perda da continuidade óssea, levando a uma mobilidade patológica, perda da função de suporte ósseo e ao aparecimento de dor, (Maria et al, 2013), (Ruedi and Murphy, 2002).

Existem vários sistemas de classificação que tentam descrever e identificar os tipos de fraturas que podem ocorrer numa determinada região específica do osso. No presente trabalho optou-se pelo sistema de classificação desenvolvido pela AO (*Arbeitsgemeinschaft fur Osteosynthesefragen*), (Maria et al, 2013). Esta classificação, desenvolvida por Maurice E. Muller, organiza as fraturas de cada segmento ósseo (proximal, central e distal) em três tipos diferentes (A, B e C), de acordo com a gravidade da lesão, (Muller, 1991). Quando se está perante uma fratura simples, classifica-se como sendo do tipo A, fraturas em cunha do tipo B e fraturas complexas do tipo C, figura 1.

As fraturas diafisárias do fêmur são comuns na clínica ortopédica. Resultam de lesões graves, decorrentes de forças violentas e provêm, na maioria das vezes de acidentes de carro, moto, atropelamento e quedas de alturas, envolvendo geralmente jovens adultos, (Maria et

al, 2013), (Poozzi et al, 2011). No tratamento deste tipo de fraturas existem diferentes técnicas e diversos tipos de implantes que podem ser utilizados para a sua estabilização.

Em alguns hospitais, nomeadamente do Brasil, é comum o uso de hastes intramedulares bloqueadas e fresadas na fixação deste tipo de fraturas (Maria et al, 2013). Assim, procurou-se neste trabalho desenvolver um modelo computacional que permita a avaliação biomecânica do conjunto implante osso, para a avaliação das zonas mais críticas de tensão desenvolvidas.

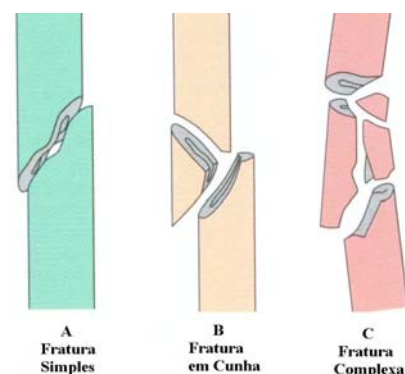


Fig. 1 Classificação AO, (Ruedi and Murphy, 2002).

### 2 MODELO BIOMECÂNICO

Foi utilizado um biomodelo de um fêmur, desenvolvido no Centro de Tecnologia da Informação, Renato Archer. A este modelo foi efetuada uma fratura do tipo simples, tendo sido incorporada uma haste com diâmetro de 11mm e comprimento 360mm, tudo gerado no sistema CAD SolidWorks, figura 2.

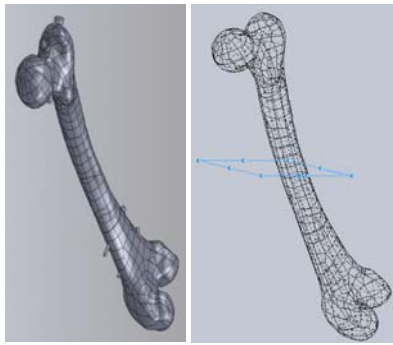


Fig. 2 Biomodelo CAD, SolidWorks.

A haste intramedular bloqueável femoral para a aplicação na fixação óssea possui um corpo cilíndrico tubular, três orifícios proximais e um orifício distal para bloqueio através de parafusos.

O modelo biomecânico foi submetido a uma força de compressão de 700N na cabeça do fêmur à distância de 40mm da haste intramedular, no programa de análise por elementos finitos, o Ansys. As propriedades isotrópicas dos materiais, utilizadas no modelo numérico, são relativas ao osso cortical e ao aço inoxidável.

A figura 3 representa a malha de elementos finitos utilizada no biomodelo, o resultado das tensões equivalentes obtidas no fêmur (1), na haste intramedular (2) e o pormenor na zona proximal da furação.

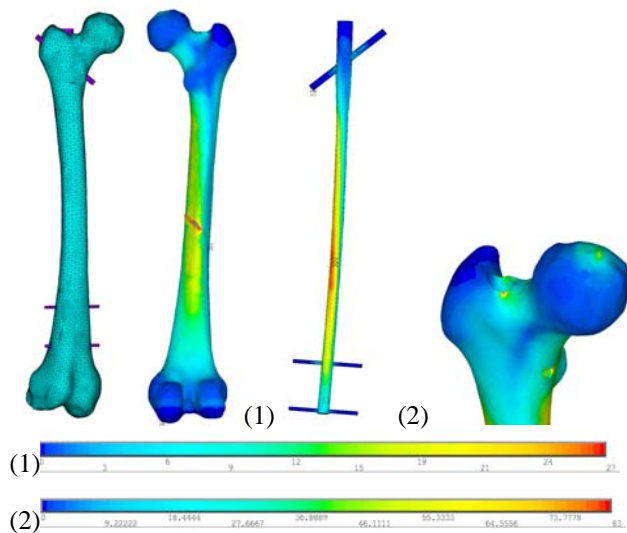


Fig. 3 Biomodelo computacional, Ansys.

A zona de fratura do osso foi simulada como sendo um modelo contínuo em alguns nós, pretendo traduzir o processo inicial de osteossíntese. Os resultados das tensões equivalentes, com os valores mais críticos, são registados na zona da fratura do osso (27MPa), na zona do osso exterior e adjacente à fratura (15MPa) e ainda na haste (70MPa). É possível ainda verificar uma concentração de tensões junto à furação proximal.

Com o objetivo de comparar a solução obtida, foi desenvolvido um modelo numérico simplificado em flexão plana, com dimensões (haste, parafusos, diâmetro médio osso) similares ao biomodelo, figura 4.

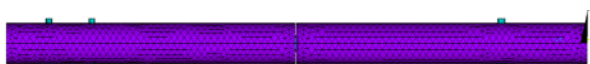


Fig. 4 Modelo simplificado, Ansys.

O resultado das tensões equivalentes mais críticas obtidas no modelo simplificado é na zona da furação do osso (22MPa), ao longo do osso com valores médios (17MPa); e na haste, na zona de fratura (83MPa). As figuras 5 e 6

representam as tensões equivalentes obtidas no osso e na haste do modelo simplificado, respetivamente.

No modelo simplificado verifica-se ainda uma concentração de tensões junto à furação proximal e distal.

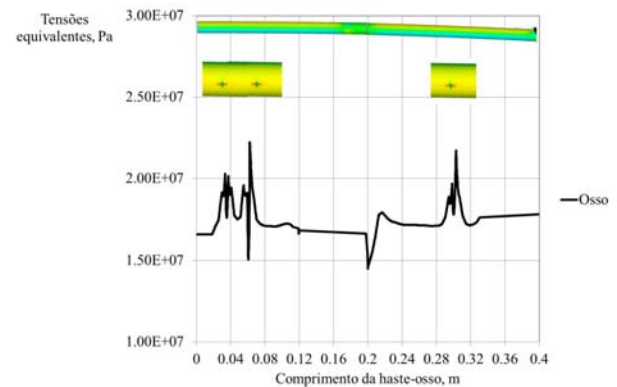


Fig. 5 Tensões no osso, modelo simplificado.

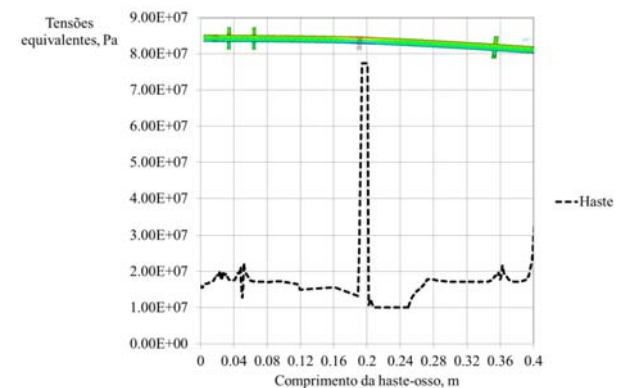


Fig. 6 Tensões na haste, modelo simplificado.

### 3 CONCLUSÕES

Os resultados das tensões equivalentes desenvolvidas no biomodelo computacional e simplificado permitiram a visualização das zonas afetadas mais críticas. No modelo apresentado e nas condições referidas, o registo das tensões mais críticas é na zona adjacente ao tecido ósseo junto ao local de fratura, e na haste nessa mesma zona. Na zona de furação há também indícios da concentração localizada de tensões. Como trabalhos futuros, pretende-se, com o mesmo biomodelo, verificar a influência da tipologia de fratura óssea, de acordo com outras classificações. Perceber ainda, a relação que existe entre os diâmetros da furação da haste intramedular com a variação do campo de tensões.

### REFERENCIAS

- Maria G. A. Fernandes, Daniel N. Rocha, Jorge V. L. Silva, Elza M. M. Fonseca, Marcos P. Barbosa; Análise biomecânica das fraturas do fêmur: estudo preliminar de uma haste intramedular bloqueada, Actas do 5º Congresso Nacional de Biomecânica, Espinho, Portugal, Fevereiro, 2013.
- Ruedi T.P., Murphy W.M., Princípios AO do Tratamento de Fraturas, *ARTMED*, pp.461, 2002.
- Muller M.E., Allgower M., Schneider R., et al., *Manual of Internal Fixation*, 3rd ed. Berlin Heidelberg New York: Springer-Verlag, 1991.
- Poozzi I., Reginaldo S., Almeida M.V., Cristante A.F., "Manual de Trauma Ortopédico", *Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia*, pp.169, 2011.