

# Análise de tensões em modelos biomecânicos osso-implante

Cláudio Neves <sup>1</sup>, Lucas Azevedo <sup>2</sup> e Elza Fonseca <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instituto Politécnico de Bragança, Licenciatura em Engenharia Biomédica, Portugal; [claudioneves.17@hotmail.com](mailto:claudioneves.17@hotmail.com)

<sup>2</sup> Instituto Politécnico de Bragança, Mestrado Tecnologia Biomédica, Portugal; [lazevedo10@gmail.com](mailto:lazevedo10@gmail.com)

<sup>3</sup> Instituto Politécnico de Bragança, LAETA, INEGI, Mecânica Aplicada, Portugal; [efonseca@ipb.pt](mailto:efonseca@ipb.pt)

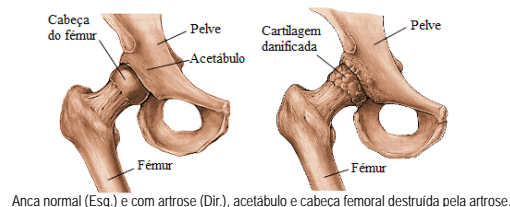


## Objetivos

- Gerar modelos biomecânicos para análise do efeito de *stress-shielding* em função das propriedades dos materiais e da geometria do implante.
- Avaliar a resistência biomecânica em cada conjunto através da distribuição de tensões.
- Avaliar o efeito da geometria e do material na ocorrência de micro-movimentos entre o osso-implante.
- Simular situações de carga estáticas através de uma metodologia numérica para avaliação das tensões

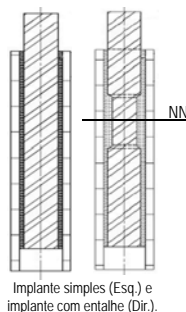
## Caracterização da patologia: artrose

- A articulação da anca é uma articulação entre a extremidade superior do fémur e o acetábulo do osso da anca. É multiaxial e projetada para estabilidade e suporte [1]. Por ser muito solicitada, a articulação da anca está sujeita a lesões.
- A artrose é uma condição patológica degenerativa comum que se define pelo desgaste progressivo dos tecidos que constituem a articulação, resultando em dor progressiva e rigidez articular.
- Esta patologia incide principalmente em indivíduos com faixa etária avançada, afetando cerca de 20% da população aos 45 anos e cerca de 100% aos 80 anos [2].



## Características dos Biomodelos

- Foram gerados biomodelos com geometrias distintas, simples e com entalhe central, através do *SolidWorks*<sup>®</sup>.
- A geometria com entalhe foi baseada num modelo sugerido num trabalho sobre otimização geométrica através do método de elementos finitos [3].
- Foram utilizados três materiais para o implante e dois materiais para a fixação.



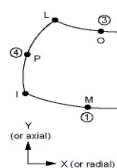
| Local de Aplicação | Força Aplicada [N] | Espessura [m] |
|--------------------|--------------------|---------------|
| Cabeça Femoral     | 700                | 0,004         |

Carregamento aplicado a proximal do implante e espessura.

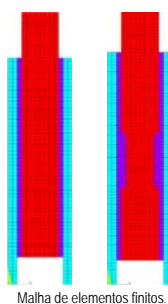
| Material        | Módulo de Young [GPa] | Coefficiente de Poisson |
|-----------------|-----------------------|-------------------------|
| Osso Cortical   | 17                    | 0,3                     |
| Osso Trabecular | 1,3                   | 0,3                     |
| Cimento Ósseo   | 3                     | 0,3                     |
| Implante        |                       |                         |
| Liga Ti6Al4V    | 114                   | 0,33                    |
| Liga CrCo       | 220                   | 0,3                     |
| Pirocarbono     | 20                    | 0,3                     |

## Modelo Numérico

- Análise 2D em estado plano de tensão.
- Utilização do método de elementos finitos no *Ansys*<sup>®</sup>.
- Utilização do elemento *PLANE183* de 8 nós com 2 graus de liberdade por nó: translações em x e y.



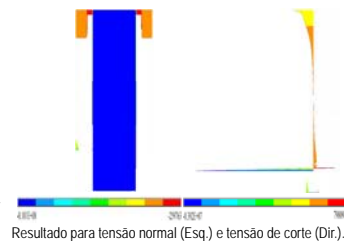
$$[k] \times \{d\} = \{F\}$$



Malha de elementos finitos.

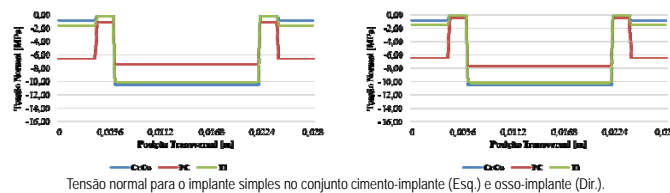
## Resultados

- No modelo numérico foram realizadas diferentes simulações variando o material do implante e de fixação.
- As tensões normais foram obtidas ao longo da secção NN para todos os modelos.
- As tensões de corte foram obtidas na interface osso-implante e permitem concluir a ocorrência de micro-movimentos.

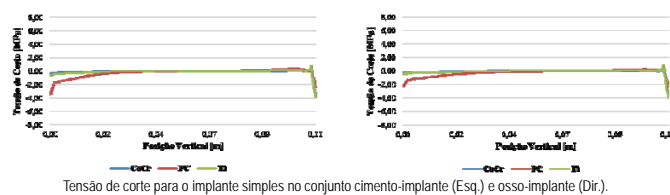


Resultado para tensão normal (Esq.) e tensão de corte (Dir.).

## Implante Simples

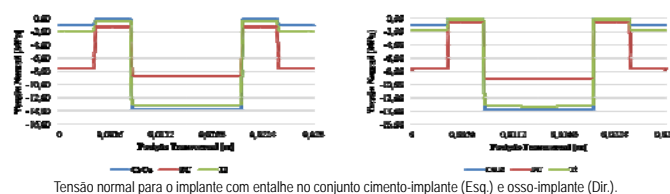


Tensão normal para o implante simples no conjunto cimento-implante (Esq.) e osso-implante (Dir.).

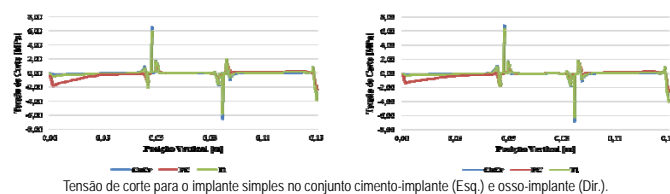


Tensão de corte para o implante simples no conjunto cimento-implante (Esq.) e osso-implante (Dir.).

## Implante com Entalhe



Tensão normal para o implante com entalhe no conjunto cimento-implante (Esq.) e osso-implante (Dir.).



Tensão de corte para o implante simples no conjunto cimento-implante (Esq.) e osso-implante (Dir.).

## Stress-Shielding

| Geometria | Material | Stress-Shielding [MPa] |       |                 |       |
|-----------|----------|------------------------|-------|-----------------|-------|
|           |          | PMMA                   |       | Osso Trabecular |       |
| Simples   | CrCo     | 9.62                   | 9.64  | 9.63            | 9.72  |
|           | PC       | 0.74                   | 0.85  | 0.75            | 1.18  |
|           | Ti       | 8.49                   | 8.53  | 8.51            | 8.67  |
| Entalhe   | CrCo     | 12.59                  | 12.65 | 12.65           | 12.82 |
|           | PC       | 0.86                   | 1.14  | 0.89            | 1.61  |
|           | Ti       | 10.94                  | 11.07 | 11.04           | 11.34 |

Valores do efeito de stress-shielding.

## Conclusões

- O *stress-shielding* pode ser reduzido com a utilização de implantes fabricados em compósitos e isoelásticos.
- O efeito de *stress-shielding* atinge valores mais elevados no implante com entalhe, portanto não será a melhor solução para o problema.
- Em relação aos micro-movimentos, interessa garantir campos de deslocamentos baixos, sendo necessário que os implantes possuam elevada rigidez.
- Para se reduzir o efeito *stress-shielding*, deve-se utilizar um material com rigidez inferior, sendo mais flexível. De facto, isto verificou-se nos resultados, sendo que o implante em liga de titânio e o pirocarbono apresentam o menor efeito de bloqueio de tensões.

[1] A. Michel et al. "Lower Limb Anatomy," em *Gray's Anatomy for Students*, Elsevier, p. 489, 2005.

[2] DIARTRO - Instituto de Ortopedia e Prótese Articular, 2002.

[3] O. Kayabasi et al. "The effects of static, dynamic and fatigue behavior on three-dimensional shape optimization of hip prosthesis by finite element method," *Materials & Design*, vol. 28, pp. 2269-2277, 2007.

Apresentação

Programa

Inscrição no encontro

Datas Importantes

Edições Anteriores

Contactos



#### Prémios do Painel 1

**1º lugar:** Avaliação da atividade antimicrobiana de óleos essenciais de *Mentha spp*;

Ana Sofia Martins Artilheiro, Joana S. Amaral

**2º lugar:** Grau de satisfação dos estudantes da ESTIG em relação ao IPB;

Sérgio Alexandre Carvalho da Costa, Paula Odete Fernandes

**3º lugar:** Análise de tensões em modelos biomecânicos osso-implante;

Cláudio Neves, Lucas Azevedo, Elza Fonseca

#### Prémios do Painel 2

**1º lugar:** Adesão terapêutica nos idosos do concelho de Macedo de Cavaleiros;

Alípio Marcos, Carlos Pires Magalhães, Adília Fernandes

**2º lugar:** Biomodelação matemática da temperatura do pé diabético;

Cátia Santos, Cátia Macedo, Ana Isabel Pereira

**3º lugar:** Interactive/automated method to count bacterial colonies;

João Ribeiro, Fernando Monteiro, Ramiro Martins

O EJI decorrerá no Auditório Dionísio Gonçalves da Escola Superior Agrária do IPB.

#### Quarta-feira, 11 de Novembro de 2015

13:15-14:00 - Documentação

14:00 - Sessão de boas vindas

14:00-15:50

**Moderador(es):** Luis Mesquita e João Barreira

**Thermal analysis in the drilling of foam materials and ex-vivo bovine bones**

Maria Goreti Fernandes, Elza Fonseca, Renato Natal

**Separation of nadolol stereoisomers by liquid chromatography using chiralpak IA stationary phase**

Rami S. Arafah, António E. Ribeiro, Luis S. Pais

**Anti-inflammatory activity of mushrooms extracts, identified phenolic acids and their possible metabolites**

Oludemi Taofiq, Ricardo C. Calhela, Sandrina Heleno, Lillian Barros, Anabela Martins, Rui M.V. Abreu, Maria João R.P. Queiroz, Isabel C.F.R. Ferreira

**Sistema robótico autónomo para ambientes de terapia de iodo**

Ana Andrade José Lima, Maria do Carmo Batista, Paulo Leitão

**Avaliação biomecânica de prótese do Joelho sob influência de carga**

Inês Fernandes, Elza Fonseca

**Níveis de força ântero-posteriores nos membros inferiores em jovens futebolistas**

Pedro Forte, Jorge E. Morais, Tiago M. Barbosa, António Reis

15:50-16:30 - Sessão Painel 1

[Fechar](#)

**Estudo da incidência da gripe em Portugal**

Filipa Daniela do Nascimento Salvador, Loide Andreia Miranda Lopes, Carlos Balsa, Alcina Nunes

**O valor percebido da marca Banco BPI**

Camila Mota, Ana Paula Monte

**A eficácia da fibrinólise no doente com AVC: revisão sistemática**

Silvia Justino Ferreira Delgado, Ilda Maria Morais Barreira, Isabel Maria Esteves, Pedro Miguel Barreira Preto

**Produção de biodiesel através de esterificação catalisada por líquidos iónicos**

Stéfano Brito, Verónica Neves, António Ribeiro, Paulo Brito, Ana Queiroz

**Estudos experimentais sobre solubilidade de aminoácidos em solventes mistos água/álcool**

Liliana Silva, Marina Matos, Olga Ferreira, Simão Pinho

**A accountability e a informação financeira nos governos locais de São Tomé e Príncipe**

Cislau D'Apresentação da Costa, Sónia Paula da Silva Nogueira, Nuno Adriano Baptista Ribeiro

**Modelação matemática de epidemias**

Ana Araújo, Carlos Balsa, João Almeida

**Análise de tensões em modelos biomecânicos osso-implante**

Cláudio Neves, Lucas Azevedo, Elza Fonseca

**Análise experimental de tensões em blocos compostos sob furação**

Lucas Azevedo, Goreti Fernandes, Elza Fonseca, João Ribeiro

**Graphical simulator of mathematical algorithms**

Kévin Quintin, Maria João Pereira, Carlos Balsa

**Computational implementation of epidemic models**

Nicolas Ronco, Carlos Balsa

**IOS application development to illustrate mathematical concepts and methods**

Remi Sirac, Rui Pedro Lopes, Carlos Balsa

**Avaliação da atividade antimicrobiana de óleos essenciais de Mentha spp.**

Ana Sofia Martins Artilheiro, Joana S. Amaral

**Fatores de Risco Psicossociais: Avaliação em Colaboradores da Unidade Local de Saúde do Nordeste**

Belandina Ribas, Adília Fernandes, Celeste Antão

**Análise experimental e numérica de quedas de pressão em canais estenosados**

Sara Lopes, Carla Fernandes, Ana Pereira Diana Pinho

**Controlador de luz e temperatura para a criação de canários**

Francisco Moreira, João Teixeira

**Grau de satisfação dos estudantes da ESTIG em relação ao IPB**

Sérgio Alexandre Carvalho da Costa, Paula Odete Fernandes

**Plataforma intact- estudo de caso em curso profissional**

Luzia Martins, Vitor Gonçalves

**Rosa Ativo: programa de atividade física para doentes oncológicos**

Diana Rocha, Raul Bartolomeu, António Monteiro

16:30-16:50 - Pausa para café

16:50-18:00

**Moderador(es):** Lillian Barros e Pedro Bastos**Formação de ravinas: significância para a perda de solo por erosão hídrica**

Rosário Franco, Felícia Fonseca, Tomás de Figueiredo, Bruno Martins

**Avaliação da degradação do solo antes e depois de um incêndio florestal**

Rui Costa, Tomás de Figueiredo, Felícia Fonseca

**Pedregosidade como indicador do estado de degradação física dos solos.**

Ana Pires, Felícia Fonseca, Tomás de Figueiredo

**Otimização de um sistema fotovoltaico autónomo para um bebedouro**

Igor Ferreira, Orlando Soares, José Lima

**Avaliação das propriedades eletroquímicas de polímeros de enxofre através de voltametria cíclica**

Carlos Almeida, Rolando Dias

**Quinta-feira, 12 de Novembro de 2015**

09:30-10:40

**Moderador(es):** Vera Lebres, Vitor Gonçalves**Alcool... uma realidade académica?**

Olivia Costa Maria, Ana Maria Galvão, Maria Neiva

**Vidas interrompidas - um olhar sem muros**

Joana Cordeiro, Maria do Nascimento Mateus

**Influência da espiritualidade nas atitudes em fim de vida**

Cristiana Rodrigues, Maria Augusta Romão da Veiga Branco

**De que forma as atividades de Expressão Dramática podem ser utilizadas na EPE e no 1º CEB como estratégia de aprendizagem?**

Lúcia Magalhães, Manuel Luis Pinto Castanheira

**O manual escolar promove o envolvimento ativo do aluno no processo de aprendizagem?**

Joana Marvilha, Delmina Pires

**Comunicação matemática: um estudo com alunos do 5.º ano**

Elisabete Costa, Manuel Vara Pires

10:50-11:10 - Pausa para café

11:10-12:20

**Moderador(es):** Sónia Nogueira e Joaquim Leite**Análise da Importância-Satisfação na gestão do museu Abade de Baçal de Bragança**

Olivia Machado Afonso, Paula Odete Fernandes

**Modelação da procura turística em Moçambique**

Hortêncio Constantino, Paula Odete Fernandes, João Paulo Teixeira

**Implicações da alteração na mensuração de certos ativos nos resultados reportados pelos bancos**

Crisódio Elias, Jorge Alves

**Certificação de qualidade vs qualidade da informação financeira: estudo para empresas portuguesas**  
Ana Martins, Clara Vaz, Jorge Alves

**Gestão dos estilos de liderança e respetivo impacto na motivação dos profissionais do terceiro setor**  
Cristiana Nascimento, Ana Galvão

**Gestão de tesouraria e políticas de financiamento a curto prazo nas PME**  
Sónia Marinho, Ana Monte

12:30-14:30 - Pausa para almoço

14:30-15:50

**Moderador(es): Ana Queiroz e Sandrina Heleno**

**Simulação de escoamento sanguíneo em biomodelos digitais de patologias vasculares humanas**  
Rita Geraldes, Luis Queijo, Carla S. Fernandes

**Comparação da impressão molecular de cafeína e 5-fluoracilo em micropartículas de polímero**  
Ana Filipa Freitas, Rolando Dias

**Purificação do biogás em sólidos porosos**  
Adriano Henrique, José António Correia Silva, Giane Gonçalves Lenzi

**Evolução das características físico-químicas no processo de cura do presunto da raça Bísara**  
Nathália Barbosa, Sandra Rodrigues, Etefvina Pereira, Alfredo Teixeira

**Utilização da casca da amêndoa na produção de biopolíóis por oxipropilação**  
João Pinto, Isabel Fernandes, Filomena Barreiro

**Composição fenólica e citotoxicidade de amostras de pão de abelha**  
Filipa Sobral, Lillian Barros, Ricardo C. Calhelha, Andreia Tomás, Montserrat Dueñas, Celestino Santos-Buelga, Miguel Villas-Boas, Isabel C.F.R. Ferreira

15:50-16:30 - Sessão Painel 2

[Fechar](#)

**Satisfação dos formandos que frequentaram as ações de formação do projeto Dinamizar**  
Diana Sofia da Silva Coelho, Paula Odete Fernandes

**Satisfação no trabalho em profissionais de enfermagem**  
Sandra Moura, Manuel Bras, Eugénia Anes, Carina Ferreira

**Beef quality evaluation system**  
Cátia Teixeira, Vasco Cadavez, Fernando Monteiro

**Hidrólise de curcumina microencapsulada.**  
Valter Martins, Margarita Valero

**Biomodelação matemática da temperatura do pé diabético**  
Cátia Santos, Cátia Macedo, Ana Isabel Pereira

**Efeitos da variação da precipitação na comunidade zooplancónica da albufeira do Azibo**  
Danielle Machado Vieira, Alinne Gurrão Oliveira, Ana Maria Geraldes

**Wild mushroom extracts potentiate the action of standard antibiotics against multiresistant bacteria**  
Inês Lourenço, Maria José Alves, Anabela Martins, Manuela Pintado

**Efeito de sais na solubilidade da diglicina e N-acetilglicina em água**  
Yoselyn Santos, Olga Ferreira, Simão P. Pinho

**Pesquisa de microrganismos em dispensadores de antissépticos, desinfetantes e detergentes num hospital**  
Ana Pereira, Isabel Soares, Marina Rosmaninho, Andreia Conde, Maria Alves, Isabel Ferreira, Helena Pimentel, Graça Pombro

**Qualidade físico-química e microbiológica das águas de piscina do distrito de bragança**  
João Pereira, Lilliana Barros, Ana Soares, António Nogueira, Andrea Afonso, Bruno Pires

**BMI and physical activity in diabetic adolescents followed Hospital Barcelos**  
Maria Neto, Helena Cunha, Mariana Pereira, Susana Pinto, António Fernandes, Ana Pereira

**Qualidade de patés oriundos de carne de ovelha e cabra**  
Juliano Motta, Etefvina Pereira, Sandra Rodrigues, Alfredo Teixeira

**Avaliação da atividade antimicrobiana do vinagre em amostras de alface**  
Andreia Emídio, Lina Cancela, Olga Ferreira, Cristina Teixeira, Ana Maria Queiroz

**Benefícios fiscais vs rentabilidade por setor de atividade no interior de Portugal**  
Miguel Alexandre Silva Gonçalves, Paula Odete Fernandes

**Adesão terapêutica nos idosos do concelho de Macedo de Cavaleiros**  
Alípio Marcos, Carlos Pires Magalhães, Adília Fernandes

**Interactive/automated method to count bacterial colonies**  
João Ribeiro, Fernando Monteiro, Ramiro Martins

**Atividade antimicrobiana do extrato bruto de açai (Euterpe oleracea Mart.) em isolados clínicos**  
Rafaela Soares, Lillia Bala, Cláudia Santos, Maria José Alves, Helena Pimentel, William C.B. Regis, Isabel C.F.R. Ferreira

**Modelação matemática do contágio da gripe pessoa a pessoa**  
Anabela Aguiar, Paula Alves, Carlos Balsa, João Paulo Almeida

**Análise termográfica no transporte de double backpack: estudo piloto**  
Marta Ferreira, Paula Vieira, João Rocha

**Variantes para iluminação pública**  
Eduardo Augusto Diz Salvador, António Borges Fernandes

**Identificação de gado bovino através de imagens biométricas do focinho**  
Marta Monteiro, Vasco Cadavez, Fernando Monteiro

**Síntese e caracterização de polímeros condutores com aplicações em células solares**  
Clementina Ribeiro, Rolando Dias

16:30-17:00 - Pausa para café

17:00-18:10

**Moderador(es):** Maria Augusta Mata e Ricardo Calhelha

**Stress e bloco operatório: o que sentem os enfermeiros?**

Ana Gonçalves, Ana Galvão, Leonel Preto

**O doente politraumatizado grave: resultados em saúde e independência funcional**

Sandra Novo, Leonel Preto, Sandra Rodrigues

**Impacto da fadiga em indivíduos com esclerose múltipla**

Maria Teresa Azevedo, Maria José Gomes

**Estudo do comportamento biomecânico de aneurismas cerebrais**

Cátia Cardoso, Carla S. Fernandes, João Ribeiro, Rui Lima

**Modelação matemática para identificar o valor de T-Score**

Diana Monteiro, Ana Pereira, Maria Baptista, Elza Fonseca

**Reeducação funcional respiratória no doente cirúrgico**

Sandra Fátima Gomes Barreira Rodrigues, Sandra Maria Fernandes Novo, Eugénia Mendes, Luís Gaspar

**Sexta-feira, 13 de Novembro de 2015**

09:30-10:40

**Moderador(es):** Inês Barbedo e Soraia Falcão

**Impressão molecular de 5-fluorouracilo em micro/nanopartículas de polímero com extensões funcionais**

Daniela Oliveira, Rolando Dias

**Caracterização nutricional de produtos alimentares com frutos de *Vaccinium myrtillus* L.**

Tânia Pires, Maria Inês Dias, Lillian Barros, Isabel C.F.R. Ferreira

**Potencial anti-angiogénico de iogurtes com extratos ricos em derivados de apigenina**

Franciely S. Oliveira, Andreia Ribeiro, Ricardo C. Calhelha, Bogdan D. Junior, Filomena Barreiro, Isabel C.F.R. Ferreira

**Estudo sobre a incorporação de PCM'S em sistemas térmicos passivos**

Rafael Gonçalves, Manuel Minhoto, Sónia Cerdeira, Débora Macanjo, Eduarda Luso

**Sistema de medição e controlo de qualidade do ar interior**

Samuel Fernandes, Getúlio Igrejas, Manuel Feliciano

**Estudo de sistema solar passivo com incorporação de pcm**

Sónia Cerdeira, Débora Macanjo, Eduarda Luso, Rafael Gonçalves, Manuel Minhoto

10:50-11:10 - Pausa para café

11:10-12:00

**Moderador(es):** Cristina Teixeira, Carlos Moraes

**Perturbações adaptativas do jovem consumidor de álcool**

Ana Catarina Trindade Certo, Ana Rita Noné, Ana Galvão, Maria José Almendra Gomes

**Investigar com crianças: narrativa de um processo de aprendizagem**

Inês Silva, Cristina Mesquita

**A avaliação ao serviço da melhoria do ensino**

Paula Gonçalves, Cristina Martins

**A aprendizagem pela cooperação no desenvolvimento de competências sociais**

Cristiana Isabel Caseiro Martins, Ilda Freire-Ribeiro

**As atividades lúdicas e sua importância no processo de ensino-aprendizagem**

Maria Sousa, Carla Guerreiro

**Perceções sobre o envelhecimento e prestação de cuidados na velhice**

Tânia Eloisa Ramos Alves, Maria do Nascimento Esteves Mateus

12:10 - Encerramento