



CLME'2008/IICEM

**A ENGENHARIA NO
COMBATE À POBREZA,
PELO DESENVOLVIMENTO
E COMPETITIVIDADE**

Editores:

**J.F. Silva Gomes, Carlos C. António
Clito F. Afonso e António S. Matos**



EDIÇÕES INEGI



Edição e Distribuição
INEGI-Instituto de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial
Rua Dr. Roberto Frias, 4200-465 Porto, Portugal
Tel:+351 22 957 87 10; Email: inegi@inegi.up.pt
www.inegi.up.pt

Setembro, 2008

ISBN: 978-972-8826-19-2
Depósito Legal: 276744/08

Execução Gráfica: Claret-Companhia Gráfica do Norte
Rua Venceslau Ramos, s/n – 4430-929 Avintes, Portugal
Tel:+351 22 787 73 20; Fax:+351 22 787 73 29

*Reservados todos os direitos de harmonia com a lei.
Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida, guardada pelo sistema "retrieval" ou transmitida por qualquer meio, seja electrónico, mecânico, gravação ou outros, sem autorização prévia por escrito dos editores.*

Organização

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto Faculdade de Engenharia da U. Eduardo Mondlane

Ordem dos Engenheiros de Portugal

Ordem dos Engenheiros de Moçambique

Comissão Executiva

Joaquim Silva Gomes

Carlos Conceição António

Clito Félix Afonso

António Santos Matos

Secretariado: Nuno Trancoso Santos

Comissão Organizadora

A. Batel Anjo	A. Carmo Vaz	Abimael C. Júnior	Albano Cavaleiro
Alexandra Neves	Álvaro G.R. Lezana	Amândio T. Pinto	Ana L. Virtudes
Anabela C. Alves	Aníbal G. Costa	António F. Diogo	António Fiúza
António Matos	Archimedes A. Raia Jr.	Armando S. Afonso	Bruno Trindade
Carlos C. António	Carlos N. Costa	Clito F. Afonso	Edmundo Monteiro
Edson A. Melanda	Elza Fonseca	F. Queirós de Melo	Graça Brito
H.J. Kalinowski	Helder Araújo	Humberto Varum	Ismael C. Nhéze
J. Mora Ramos	J. Rodrigues Dias	J. Santos Baptista	J.F. Silva Gomes
João A. Sousa	João F. Gomes	João L. Pinto	João M. Tavares
João Marcelino	João S. Fernandes	José A. Rodrigues	José Baptista
José Luís Esteves	Lázaro Zuquette	Lucas F.M. Silva	Luís O. Santos
Luís P. Martins	Luís P. Santos	Mª Belém Martins	Mª Cristina Teixeira
Mª Graça Madureira	Mª Madalena Moreira	Manuel R. Cordeiro	Manuel Rijo
Maria E.C. Silva	Maria J.M. Abreu	Mário A.P. Vaz	Mário F. Secca
Mário Ferreira	Mário R. Talaia	Miguel P. Amado	Orestes M. Gonçalves
Orlando Zobra	Patrícia Falé	Paulo Cachim	Paulo Pereira
Paulo S. Caetano	Pedro R.T. Pinho	Raúl Fangueiro	Reinaldo Lorandí
Renato N. Jorge	Rita O. Castro	Rosa M. Miranda	Rui C. Barros
Rui Guedes	Rui M. Lima	S. Carmo Silva	Sérgio A. Rohm
Sérgio Leitão	Silva Magaia	Vitor M.F. Santos	Zulema L. Pereira

Comissão Científica

<i>A. Carmo Vaz (FEUEM)</i>	<i>A. Castro Vide (ISEP)</i>	<i>A. Costa Manso (LNEC)</i>
<i>A. Gomes Correia (UM)</i>	<i>A. Lopes Campos (ISEC)</i>	<i>A. Pires da Costa (FEUP)</i>
<i>A. Torres Marques (FEUP)</i>	<i>A. Viana da Fonseca (FEUP)</i>	<i>A. Barata da Rocha (FEUP)</i>
<i>Abel D. Santos (FEUP)</i>	<i>Alexandra Neves (FEUEM)</i>	<i>Álvaro Cunha (FEUP)</i>
<i>Ana M. Segadães (UA)</i>	<i>António C. Mendes (UBI)</i>	<i>António J.M. Ferreira (FEUP)</i>
<i>António Navarro (UA)</i>	<i>António R. Pires (IPS)</i>	<i>Arlindo Gonçalves (LNEC)</i>
<i>C. Mota Soares (IST)</i>	<i>Carlos C. António (FEUP)</i>	<i>Carlos M. Couto (UM)</i>
<i>Carlos S. Borrego (UM)</i>	<i>Carlos V. Quadros (FEUEM)</i>	<i>Carlos Varandas (IST)</i>
<i>Catarina F. Castro (FEUP)</i>	<i>Clito F. Afonso (FEUP)</i>	<i>Daniel A. Fumo (FEUEM)</i>
<i>Diamantino Freitas (FEUP)</i>	<i>E. Oliveira Fernandes (FEUP)</i>	<i>Elsa Caetano (FEUP)</i>
<i>Elza Fonseca (IPB)</i>	<i>F. Gomes de Almeida (FEUP)</i>	<i>F. Queirós de Melo (UA)</i>
<i>F. Veloso Gomes (FEUP)</i>	<i>Fernando J. Monteiro (FEUP)</i>	<i>Gabriel L. Amós (FEUEM)</i>
<i>Hélder Araújo (FCTUC)</i>	<i>J. Andrade Campos (FCTUC)</i>	<i>J. Dias Pereira (IPS)</i>
<i>J. Dinis carvalho (UM)</i>	<i>J. Montalvão e Silva (IST)</i>	<i>J. Pamies Teixeira (UNL)</i>
<i>J. Paulo Davim (UA)</i>	<i>J. Rocha Soares (ISEL)</i>	<i>J. Santos Baptista (FEUP)</i>
<i>J. Silva Gomes (FEUP)</i>	<i>João Catalão (UTL)</i>	<i>João M. Tavares (FEUP)</i>
<i>João Travassos (ISEL)</i>	<i>Joaquim A. Martins (UA)</i>	<i>Joaquim O. Barros (UM)</i>
<i>Joaquim S. Pinto (UA)</i>	<i>Jorge Nhambiu (FEUEM)</i>	<i>Jorge O. Seabra (FEUP)</i>
<i>José A. Fonseca (UA)</i>	<i>José A. Gonçalves (UP)</i>	<i>José F. Gomes (FCUP)</i>
<i>José L. Esteves (FEUP)</i>	<i>José M. Cirne (FCTUC)</i>	<i>José P. Vieira (UM)</i>
<i>Júlio B. Martins (UM)</i>	<i>Lúcia S. Dinis (FEUP)</i>	<i>M. Graça Guedes (UM)</i>
<i>M. Graça Madureira (IPB)</i>	<i>M. Jossai Cumbi (FEUEM)</i>	<i>M. Luisa Madureira (FEUP)</i>
<i>M. Teresa Restivo (FEUP)</i>	<i>Manuel R. Cordeiro (UTAD)</i>	<i>Manuel S. Pais (UM)</i>
<i>Marcelo M. Moura (FEUP)</i>	<i>Maria J. Geraldés (UBI)</i>	<i>Mário P. Vaz (FEUP)</i>
<i>Nelson P. Rocha (UA)</i>	<i>Nuno F. Rilo (FCTUC)</i>	<i>Nuno M. Maia (IST)</i>
<i>P. Vila Real (UA)</i>	<i>Paulo G. Piloto (IPB)</i>	<i>R. Almeida Furtado (FCTUC)</i>
<i>Renato N. Jorge (FEUP)</i>	<i>Romualdo R. Salcedo (FEUP)</i>	<i>Rui A. Pitarma (IPG)</i>
<i>Rui C. Barros (FEUP)</i>	<i>Rui Manuel Fernandes (UBI)</i>	<i>Rui V. Siteo (FEUEM)</i>
<i>Ruy M. Cravo (ISEL)</i>	<i>Silva Magaia (FEUEM)</i>	<i>Zulema L. Pereira (UNL)</i>

PREFÁCIO

As grandes mudanças a que assistimos no mundo moderno têm a sua origem no desenvolvimento da tecnologia. As pessoas têm actualmente ao seu dispor produtos que o conhecimento e a tecnologia combinam de uma forma nunca antes conseguida, e o futuro aponta para uma revolução das nanotecnologias e da tecnologia genética, entre outras áreas, que, associadas à informática, oferecem enormes possibilidades de contribuição para a resolução dos problemas da fome e da miséria no mundo. As comunicações instantâneas globais, os novos produtos químicos e farmacêuticos, a intensificação no consumo e produção de energia e transportes, o aumento da produtividade agrícola, a crescente cooperação tecnológica entre a engenharia e a medicina, são alguns dos exemplos flagrantes dessa revolução.

No entanto, muitas das alterações introduzidas pelo desenvolvimento das tecnologias têm vindo a ser orientadas por critérios com vista à optimização dos recursos técnicos e financeiros, deixando para um segundo plano os recursos sociais e ambientais, o que contraria o conceito de sustentabilidade proposto por Brundtland na cimeira da terra, realizada em Joanesburgo, 2002. A urbanização excessiva é responsável pelas aglomerações de pessoas que vivem em condição sub-humana, nos subúrbios de miséria e degradação das grandes cidades. O emprego é tratado, nas análises de custos empresariais, como um bem de consumo ou serviço igual aos outros, sem consideração especial pela dignidade do ser humano. Quase a metade da humanidade ainda passa fome. São mais de dois biliões de pessoas que vivem actualmente abaixo do limiar de pobreza em todo mundo, dispondo de menos de dois dólares por dia para a sua subsistência. A má distribuição da riqueza, não só dentro de cada Nação, mas, também entre as Nações, persiste e as diferenças entre os que têm tudo para perder e os que nada têm que perder, são fonte permanente de conflitos sociais nacionais e internacionais.

É neste cenário que precisa de ser avaliado o papel dos engenheiros. Nos investimentos em engenharia civil, as novas condições de execução das obras deverão exigir um maior respeito e atenção aos impactos ambientais. A engenharia mecânica, a engenharia química e a engenharia de gestão industrial, têm que redobrar as suas preocupações relativamente às questões da manutenção e do processo das instalações industriais. A engenharia electrotécnica deve procurar as melhores soluções para aumentar o fornecimento e a utilização da energia, superar os problemas associados à crise energética mundial que vivemos e procurar novas fontes renováveis de energia, que sejam mais baratas e mais amigas do ambiente. A qualidade de vida com que podemos contar nos dias de hoje é fruto do desenvolvimento tecnológico incorporado aos bens e serviços agora disponíveis, e no qual o engenheiro tem um papel fundamental a desempenhar.

Neste contexto, e sob o tema geral "*A Engenharia no Combate à Pobreza, pelo Desenvolvimento e Competitividade*", a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e a Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane, em associação com as Ordens dos Engenheiros de Portugal e de Moçambique, realizam a quinta edição do Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia em conjunto com o 2º Congresso de Engenharia de Moçambique, que decorrerá nas instalações do Hotel VIP, em Maputo, de 2 a 4 de Setembro de 2008.

Para este **5º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia e 2º Congresso de Engenharia de Moçambique** foram recebidos mais de 600 propostas de comunicações, tendo sido seleccionadas 442 artigos para apresentação durante o Congresso, cujos textos são publicadas no presente **Livro de Resumos** e no **CD-ROM** complementar que constituem os **Proceedings do Congresso**. Os artigos seleccionados resultam da contribuição de um total de 906 autores oriundos não só de Portugal e Moçambique, na sua maior parte, mas também do Brasil e de outros países Africanos e do Mundo. O Congresso inclui também a apresentação de oito **Conferências Plenárias**, por reputados especialistas convidados, sobre temas importantes e actuais da engenharia mundial.

As comunicações e os artigos estão agrupados em trinta e nove *Simpósia* temáticos, cobrindo praticamente todas as especialidades de engenharia moderna: (i)-Controlo de Qualidade e Fiabilidade em Engenharia e Gestão Industrial; (ii)-Segurança e Higiene Ocupacionais; (iii)-Energias Renováveis e Gestão e Qualidade da Energia Eléctrica; (iv)-Ordenamento do Território e Planeamento Urbano Sustentável; (v)-Engenharia Urbana e os Desafios da Sustentabilidade; (vi)-Políticas de Reabilitação de Áreas Urbanas Degradadas; (vii)-Engenharia de Infraestruturas de Transporte; (viii)-Transporte Urbano Sustentável; (ix)-Gestão e Operação de Sistemas de Água; (x)-Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente; (xi)-Redes Locais e Prediais de Águas e Esgotos; (xii)-Análise do Comportamento de Estruturas Especiais: Pontes e Barragens; (xiii)-Segurança das Construções Face à Acção Sísmica; (xiv)-Construção com Materiais Naturais; (xv)-Agricultura, Desenvolvimento e Políticas Rurais; (xvi)-Aplicações na Área da Geomática (Engenharia Geográfica); (xvii)-Exploração e Transformação de Matérias Primas Mineiras; (xviii)-Geologia Económica; (xix)-Geotecnia: Ênfase em Regiões Tropicais; (xx)-Fotónica e Aplicações; (xxi)-Informática e Computação; (xxii)-Processamento de Imagem e Visualização; (xxiii)-Telecomunicações; (xxiv)-Tecnologias Avançadas de Fabricação; (xxv)-Materiais Estruturais e Funcionais; (xxvi)-Materiais Fibrosos; (xxvii)-Ligações Adesivas; (xxviii)-Ciência e Engenharia de Superfícies; (xxix)-Métodos Numéricos em Engenharia; (xxx)-Mecânica dos Sólidos, Simulação e Optimização; (xxxi)-Casca, Estruturas Espaciais e Estruturas Tubulares; (xxxii)-Concepção e Operação de Sistemas de Produção; (xxxiii)-Catálise e Processos Catalíticos; (xxxiv)-Activação Alcalina; (xxxv)-Metrologia e Qualidade; (xxxvi)-A Engenharia e a Biomedicina; (xxxvii)-Dispositivos Médicos e Materiais de Cuidados de Saúde; (xxxviii)-O Ensino da Engenharia e (xxxix)-Aprendizagem Colaborativa em Engenharia.

A organização do Congresso, este Livro de Resumos e o CD-ROM das Comunicações são o resultado do esforço conjunto de várias instituições e individualidades. Fica aqui expresso o reconhecimento e gratidão da Comissão Organizadora a todas as instituições e empresas que apoiaram a realização do Congresso, a todos os membros da Comissão de Honra, da Comissão Científica, das Comissões Locais e dos Coordenadores dos *Simpósia*, pelo esforço e empenho que puseram em atrair participantes e, naturalmente, aos autores e aos moderadores das diferentes sessões, pelo número e qualidade excelente das comunicações apresentadas e pelo rigor e profundidade com que os diversos temas são abordados e discutidos.

Maputo, Setembro de 2008

Joaquim Silva Gomes

Carlos Conceição António

Clito Félix Afonso

António Santos Matos

REF: 36R002A

ANÁLISE NUMÉRICA NÃO LINEAR DO JOELHO HUMANO QUANDO SOLICITADO POR IMPACTO FRONTAL

Elza Fonseca^{1(*)}, Cristina Teixeira², Luísa Barreira¹ e Jorge Sá¹¹Instituto Politécnico de Bragança, Escola Superior de Tecnologia e de Gestão - Bragança, Portugal²Instituto Politécnico de Bragança, Escola Superior de Saúde - Bragança, Portugal

(*)Email: efonseca@ipb.pt

RESUMO

A articulação do joelho é um sistema complexo e de grande importância no esqueleto humano. Para além das funções de transferência de forças, permite a estabilidade e a mobilidade do membro inferior. As lesões da articulação do joelho são frequentes, nomeadamente em modalidades desportivas que envolvam ou não contacto, através de distensões dos ligamentos. Um número elevado de lesões acontece ainda devido a acidentes provocados por colisões entre veículos e pessoas [Grzegorz et al, 2001]. Na situação de impacto e conforme [Yang, 2000], [EEVC, 1998], a avaliação dos limites biomecânicos do dano causado nas várias partes anatómicas, varia de acordo com o tipo de teste efectuado.

O presente trabalho tem como principal objectivo efectuar uma análise numérica do comportamento não linear do joelho humano quando submetido a impacto frontal. Estudou-se o modelo anatómico do joelho de um jovem do sexo masculino com idade de 17 anos. Neste estudo pretende-se verificar a resistência ao impacto sofrido pelo joelho com base em simuladores rígidos de massas diferentes, determinando o deslocamento lateral e a rotação a que fica sujeito. Pretende-se verificar a influência dos ligamentos nos respectivos resultados.

O estudo numérico é efectuado com base numa análise elasto-plástica utilizando-se o elemento finito *Shell43* do Ansys, com essas potencialidades. Para simular a presença dos ligamentos utilizaram-se elementos *Link10*. Para a modelação do contacto entre algumas zonas do modelo utilizaram-se os elementos finitos *Targe170* e *Conta174*. A espessura utilizada no modelo de casca foi uniforme ao longo de toda a estrutura cortical. A malha de elementos finitos foi obtida através de um ficheiro *IGS* gerado com técnicas de processamento de imagem. A tomografia computadorizada apresentada na figura 1, é a origem desse tratamento permitindo a obtenção do modelo em estudo, conforme descrito na referência [Sá et al, 2008].

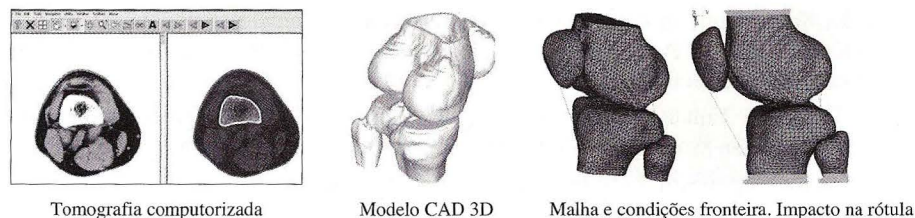


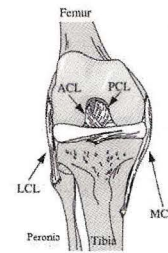
Fig. 1 – Modelo anatómico do joelho.

As propriedades mecânicas consideradas na análise do osso cortical e dos ligamentos do joelho são as enunciadas na tabela 1, conforme referenciado por [Alsuezi, 2005] e [Ortiz, 1999]. As propriedades consideradas para a rótula foram as referenciadas para o fémur.

Tabela 1: Propriedades mecânicas do joelho.

Propriedades	Ligamentos			Osso cortical	
	MCL	LCL	Outros	Fémur e Tíbia	Perónio
Módulo Elástico [MPa]	94.9	626	277.9	12000	9000
Módulo Tangente [MPa]	1.1	2.7	2.73	100	78.5
Coefficiente de Poisson	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Tensão de Cedência [MPa]	13.2	50.2	11.2	100	100
Deformação Última %	11	10.49	8	2.5	2.5

MCL - ligamento colateral medial, LCL - ligamento colateral lateral, ACL - ligamento cruzado anterior, PCL - ligamento cruzado posterior.



Como se verifica nos resultados apresentados na figura 2, o campo de tensões e de deslocamentos depende da rigidez dos ligamentos. A utilização de ligamentos mais rígidos traduz-se em resultados inferiores no campo de deslocamentos e de tensões.

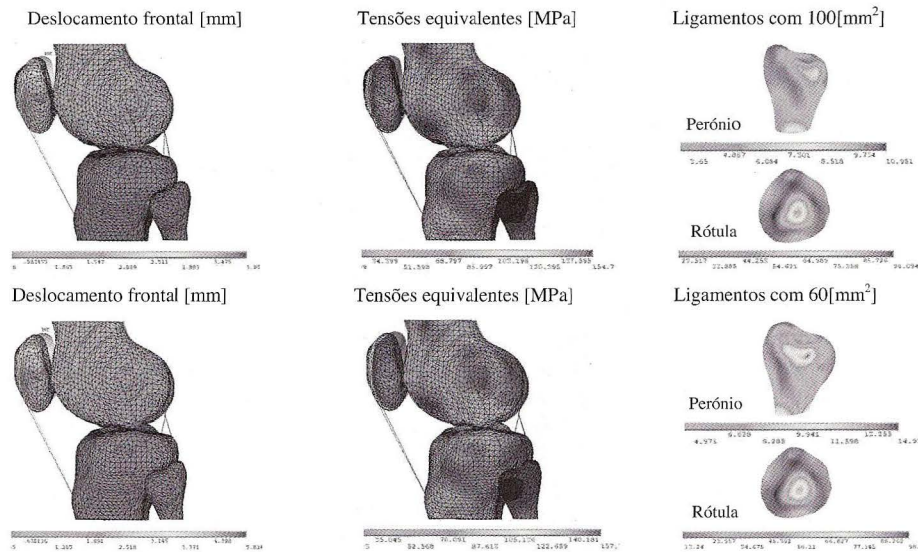


Fig. 2 – Resultados para uma força de impacto de 1[kN] em t=0.25[s].

REFERÊNCIAS

Grzegorz T., Roman M, Knee joint injuries as a reconstructive factors in car-to-pedestrian accidents, Forensic Science International, Vol.124, pp.74-82, 2001.

Yang J., Speed limit in city area and improvement of vehicle front design for pedestrian impact protection – A computer simulation, Technical report, Crash Safety Division, Chalmers Univ. of Technology, Sweden, 2000.

EEVC-European Enhanced Vehicle-Safety Committee, Report improved test methods to evaluate pedestrian protection afforded by passenger cars, EEVC Working Group 17, 1998.

Jorge Sá, Luísa Barreira, Elza Fonseca, Cristina Teixeira, Imagens tomográficas biomédicas aplicadas à prototipagem rápida e à criação de modelos numéricos, APAET Eds., CD and abstracts, 7º Encontro da APAET, Vila Real, 23-25 Jan 2008.

A. Alsuezi, Development and Validation of an Anatomically Based Plastic-Kinematic Finite Element Model of the Knee Joint for Vehicle-Pedestrian Collision Injury Investigation, Int. J. Sci. Res., Vol.15, 2005.

A. Ortiz, PT, MS, CSCS, The Knee, Interactive Skeleton – Sports & Kinetic, 1999.