

**Métodos Numéricos e Computacionais em Engenharia**

CMNE CLANCE 2007

José César de Sá, Raimundo Delgado, Abel D. Santos, António Rodríguez-Ferran, Javier Oliver, Paulo R. M. Lyra, José L. D. Alves (Eds.)

Primeira edição, Junho 2007

© 2007 APMTAC/FEUP - Associação Portuguesa de Mecânica Teórica, Aplicada e Computacional/  
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto  
R.Roberto Frias s/n, 4200-465 Porto, Portugal

Capa

Design de: Isabel Novais e Filipe Amaral

Foto: Ribeira do Porto (A.D. Santos)

Impresso por: Publindústria, Produção de Comunicação, Lda.

Depósito legal: 259977/07

ISBN: 978-972-8953-16-4

PRINTED IN PORTUGAL

Simulação de Escoamento de Fluido Incompressível ao Redor de um Cilindro Oscilante: Comparação entre os Métodos da Fronteira Virtual e da Fronteira Imersa <i>José Lâercio Doricio, Antônio Carlos Henriques Marques, Paulo Celso Greco Jr</i>	371
Simulação do Escoamento de Correntes Gravitacionais pelo Método dos Elementos Finitos Estabilizados Baseados em Arestas <i>Renato N. Elias, Paulo Paraizo, Alvaro L. G. A. Coutinho</i>	372
Simulación de la Dinámica de una Burbuja Junto con el Líquido que la Rodea <i>G. Hauke, D. Fuster, C. Dopazo</i>	373
Simulación Numérica del Flujo Convectivo Turbulento Establecido en Sistemas Pasivos de Climatización <i>A.S. Kaiser, B. Zamor</i>	374
Solução Teórica para Turbulência Gerada por Grades Oscilantes <i>Karine Cristiane de Oliveira Souza, Harry Edmar Schulz, Johannes Gerson Janzen</i>	375
Surface and Subsurface Nonlinear Dynamics in Rotating Fluid Basins. a Stabilized Finite Element Model <i>Carlos A. A. Carbonel H., Augusto C. N. Galeão</i>	376
Teste de Verificação de um Código DNS Tri-Dimensional de Alta Ordem de Precisão Usando o Método das Soluções Manufaturadas <i>Homero Ghioti da Silva, Marcello Augusto Faraco de Medeiros</i>	377
Three-Dimensional Laminar Flow in Square/Square Contractions <i>Patrícia C. Sousa, Paulo M. Coelho, Mônica S. N. Oliveira, Manuel A. Alves</i>	378
Three-Dimensional Laminar Flow Over a Backward-Facing Step: A Numerical Investigation <i>Rosiane C. de Lima, Cláudia R. de Andrade, Edson L. Zaparoli</i>	379
Un Método de Volúmenes Finitos de Alto Orden Basado en una Aproximación de Mínimos Cuadrados Móviles para la Resolución de Problemas de Flujo Compresible <i>X. Nogueira, L. Cueto-Felgueroso, I. Colominas, F. Navarrina, M. Casteleiro</i>	380
Un Nuevo Enfoque para el Tratamiento de los Términos Difusivos de la Ecuación de Convección-Difusión en el Método de Galerkin Discontinuo <i>H. Gómez, I. Colominas, F. Navarrina, M. Casteleiro</i>	381
Validación Experimental de un Modelo de Turbulencia Q-R Promediado en Vertical <i>J. Fe, F. Navarrina, J. Puertas</i>	382
Verificação e Validação de um Código Numérico na Simulação de Escoamentos Turbulentos <i>J. M. Paixão Conde</i>	383
Viscoelastic Lid-Driven Cavity Flows <i>Paulo J. Oliveira</i>	384
 <b>Métodos Computacionais Aplicados à Mecânica Experimental</b> <i>Organizado por: Paulo Piloto</i>	
CFD Aplicada ao Estudo de Permutadores de Calor de Placas Chevron <i>Carla S. Fernandes, Ricardo P. Dias, João M. Nóbrega, E João M. Maia</i>	387

Determinação Experimental e Análise Numérica da Influência da Fração Volumica de Partículas de Reforço nas Propriedades Mecânicas de um Material Compósito de Matriz de Polimérica <i>P. Vale Antunes, J. Pinho-da-Cruz, J.A. Oliveira, F. Teixeira-Dias, A. Ramalho</i>	388
Estudio Paramétrico de las Fuerzas en Sistemas de Amarre para Buques Amarrados en Puertos <i>Denise da Costa González, Rui Carneiro de Barros</i>	389
Estudio del Contacto entre Perfil Metálico y Hommigon en Vigas Metálicas Parcialmente Embebidas <i>Ana Ramos Gavilán, P.A.G. Piloto, L.M.R. Mesquita</i>	390
Estudo Numérico e Experimental de Modos de Falha em Placas de Aço Aparafusadas <i>Mário J. Pereira, Elza M. Fonseca, Luísa M. Barreira</i>	391
Estudo Preliminar sobre o Desempenho Sísmico de Pórticos Metálicos Contraventados a Partir de Análises Estáticas Não-Lineares (Pushover) <i>M.T. Braz César, R.M.M. Carneiro de Barros</i>	392
Estudo Teórico e Experimental da Degradação Térmica da Madeira <i>Edna Moura Pinto, Carlito Calil Jr, Ronaldo Regobello, Jorge Munaiar Neto</i>	393
Algumas Observações sobre o Cálculo de K, em uma Lâmina Semi-Finita com Trinca Lateral Oriunda de um Arco de Circunferência <i>Jose C. Dias, Ricardo D. Mendes</i>	394
Modelo de Deformação Numérico e Experimental em Secções Tubulares <i>Elza M. Fonseca, Luísa M. Barreira, Francisco Q. Melo, Robertt A. Valente</i>	395
Simulação Computacional das Linhas de Difração Aplicada ao Estudo de Gradiente de Tensão Superficial <i>J.T. de Assis, V.I. Morin, S.A. Filippov, S.M. Iglesias</i>	396
Utilização da Função Kill and Birth Elements para a Simulação do Método do Furo na Medição de Tensões Residuais <i>J. Ribeiro, M. Vaz, P. Piloto, J. Monteiro, H. Lopes</i>	397
Estudo Analítico e Numérico da Resistência ao Fogo de Perfis Metálicos Protegidos com Tinta Intumescente <i>L.M.R. Mesquita, P.A.G. Piloto, M.A.P. Vaz</i>	398
 <b>Métodos Computacionais em Acústica</b> <i>Organizado por: Jesús Alba</i>	
Incertidumbre en la Predicción del Coeficiente de Absorción en Modelos Empíricos para Materiales Absorbentes Acústicos <i>J. Alba, J. Ramis, E. Julià, R. del Rey</i>	401
Mechanical Constants Characterization of Thin Layers by Low Frequency Ultrasonics <i>Ravi Mittal, Guillermo Rus, Rafael Gallego, Sang Youl Lee, Taehyo Park</i>	402
Método Semianalítico con Subestructuración para el Análisis Acústico de Silenciadores con Material Absorbente, Superficies Perforadas y Flujo Medio Uniforme <i>José Albelda, Francisco D. Denia, F. Javier Fuenmayor, Manuel Martínez</i>	403

## ESTUDO ANALÍTICO E NUMÉRICO DA RESISTÊNCIA AO FOGO DE PERFIS METÁLICOS PROTEGIDOS COM TINTA INTUMESCENTE

Mesquita, L.M.R.<sup>1\*</sup>, Piloto, P.A.G.<sup>1</sup> e Vaz, M.A.P.<sup>2</sup>

1: Departamento de Mecânica Aplicada  
ESTIG, Instituto Politécnico de Bragança  
Campus de Santa Apolónia, Ap. 1134; 5301-857 Bragança  
e-mail: {lmesquita,ppiloto}@ipb.pt, web <http://www.ipb.pt/>

2: Departamento de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial  
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto  
Rua Dr Roberto Frias, S/N 4200-465 Porto  
e-mail: gmavaz@fe.up.pt, web <http://www.fe.up.pt/>

### RESUMO

Os requisitos de segurança contra incêndios determinam que os elementos estruturais ou as estruturas possuam um período de resistência ao fogo de modo a salvaguardar a segurança dos bens e das pessoas presentes no edifício. Este período de resistência ao fogo pode ser obtido através de um dimensionamento adequado dos elementos, ou pela adopção de sistemas de protecção activa ou passiva. A determinação da evolução da temperatura de um elemento estrutural com protecção ao fogo pode ser obtida, simplificada, através da resolução da equação diferencial de condução de calor unidimensional, assumindo condições de fronteira não homogéneas (acção do fogo), requerendo a aplicação de métodos analíticos não convencionais, utilizando propriedades térmicas do intumescente a variar com a temperatura [1].

Este trabalho apresenta dois métodos analíticos para determinar a evolução da temperatura no aço, baseadas no teorema de Duhamel e no método das funções de Green. Estas soluções têm por base o modelo unidimensional de condução de calor aplicado ao material de protecção, considerando uma condição de fronteira não homogénea (dependente do tempo) na interface em contacto com o incêndio. As soluções são estabelecidas para propriedades térmicas constantes e posteriormente adequadas a propriedades dependentes da temperatura através de um processo incremental. É apresentada uma comparação entre os resultados experimentais e os resultados determinados por via analítica e numérica, utilizando o método dos elementos finitos, ver figura 1. É ainda comparada a evolução da temperatura no aço de vários perfis, considerando diferentes espessuras de protecção.

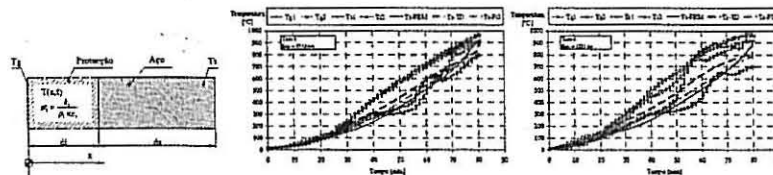


Fig. 1. Comparação de resultados dos ensaios experimentais 5 e 6.

### REFERÊNCIAS

- [1] Mesquita, L.M.R.; Piloto, P.A.G.; Vaz, M.A.P.; Vila Real, P.M.M.; "Ensaio de resistência ao fogo de vigas em aço protegidas com tinta intumescente"; revista Mecânica Experimental, Associação Portuguesa de Análise Experimental de Tensões (APAET); volume 12, pp 129-137; ISSN 122 922, 2006.