

MEFTE
Bragança 09

III Conferência Nacional
em mecânica de fluidos, termodinâmica
e energia

17 e 18 de Setembro
Instituto Politécnico de Bragança

Fernando Pinho
Pedro Coelho
Paulo Oliveira
Paulo Piloto

Título: Actas da III Conferência Nacional em Mecânica de Fluidos, Termodinâmica e Energia (MEFTE - BRAGANÇA 09), resumos.

Autores da edição: Fernando Pinho, Pedro Coelho, Paulo Oliveira, Paulo Piloto.

ISBN: 978-989-96264-0-9

Depósito Legal: 297510 / 09

Editora: Associação Portuguesa de Mecânica Teórica Aplicada e Computacional (APMTAC)

Imagem: Atilano Suarez (Serviços de imagem do IPB) e Ricardo Gonçalves (CTI-ESTIG-IPB)

Paginação: Paulo Piloto, Elizabeth Pereira, Fernanda Maçorano

Produção Gráfica: Escola Tipográfica

ACTAS DA

III Conferência Nacional em Mecânica de Fluidos, Termodinâmica e Energia
(MEFTE - BRAGANÇA 09)
resumos

ORGANIZAÇÃO

APMTAC – Associação Portuguesa de Mecânica, Teórica, Aplicada e Computacional
FEUP – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
IST – Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa
UBI – Universidade da Beira Interior
IPB – Instituto Politécnico de Bragança

APMTAC



COMISSÃO ORGANIZADORA

Fernando Pinho – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Pedro Coelho – Instituto Superior Técnico
Paulo Oliveira – Universidade da Beira Interior
Paulo Piloto – Instituto Politécnico de Bragança

COMISSÃO EXECUTIVA

Ana Isabel Pereira – Instituto Politécnico de Bragança
Carlos Balsa – Instituto Politécnico de Bragança
Olga Ferreira – Instituto Politécnico de Bragança
Simão Pinho – Instituto Politécnico de Bragança
Ricardo Dias – Instituto Politécnico de Bragança
Rolando Dias – Instituto Politécnico de Bragança
Rui Lima – Instituto Politécnico de Bragança
Valdemar Garcia – Instituto Politécnico de Bragança

COMISSÃO HONRA

Albano Alves – Escola Superior de Tecnologia e Gestão
Vitor Alves – Governo Civil de Bragança
Jorge Nunes – Câmara Municipal de Bragança
Sobrinho Teixeira – Instituto Politécnico de Bragança

COMISSÃO CIENTÍFICA

A. F. Miguel – Universidade de Évora
A. Heitor Reis – Universidade de Évora
Abel Rouboa – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
António C. Sousa – University of New Brunswick – Canadá
António Gameiro Lopes – Universidade de Coimbra
António Mendes – Universidade da Beira Interior
António Moreira – Instituto Superior Técnico
António Raimundo – Universidade de Coimbra
Carlos Pinho – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Celestino R. Ruivo – Universidade do Algarve
Falcão Campos – Instituto Superior Técnico
Fernando Pinho – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
João Campos – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
João Viegas – Laboratório Nacional de Engenharia Civil
Jorge Capote Abreu – Universidade de Cantabria
José C. Pereira – Instituto Superior Técnico
José Carlos Teixeira – Universidade do Minho
José Conde – Universidade Nova de Lisboa
José Costa – Universidade de Coimbra
José Dias – Universidade Nova de Lisboa
José Palma – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Juana Fortes – Laboratório Nacional de Engenharia Civil
Luis Adriano Oliveira – Universidade de Coimbra
Luís Eça – Instituto Superior Técnico
Luís Pais – Instituto Politécnico de Bragança
Manuel Alves – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Mário Costa – Instituto Superior Técnico
Paulo Oliveira – Universidade da Beira Interior
Pedro Coelho – Instituto Superior Técnico
Pedro Dinho – Universidade da Beira Interior
Rui Ferreira – Instituto Superior Técnico
Sobrinho Teixeira – Instituto Politécnico de Bragança
Toste Azevedo – Instituto Superior Técnico
Viriato Semião – Instituto Superior Técnico
Vitor Costa – Universidade de Aveiro

ÍNDICE

PREFÁCIO	9
SESSÕES PLENÁRIAS	11
On modelling the effects of streamline curvature and system rotation on the turbulent scalar fluxes	13
Papel da Mecânica dos Fluidos no Estudo dos Incêndios Florestais	14
Turbulence Modelling and Numerical Issues: from RANS to DNS and LES	15
Teoria Constructal – Estruturas de escoamento complexas em engenharia e na natureza	17
Magic Triangle: Energy-Environment-Sustainable Development	19
Mecanismos de Formação e Métodos de Controlo da Emissão de Óxidos de Azoto em Sistemas de Combustão	20
SESSÕES PARALELAS	21
SESSÃO 1: MECÂNICA DOS FLUIDOS E HIDRÁULICA	23
Controlo de fumo por varrimento em parques de estacionamento cobertos: aplicação da ventilação de impulso	25
Unsteady Aerodynamics of Membrane Airfoils in Hovering Flight.....	27
Velocity-erosion correlation study of a sinusoidal sand pile.....	29
Planar time-dependent viscoelastic flow – pulsating flow and effect of elasticity number	31
Influência da geometria de misturadores em T na dinâmica do escoamento	32
Simulação experimental e numérica da erosão de uma pilha cônica	34
SESSÃO 2: COMBUSTÃO E ESCOAMENTOS BIFÁSICOS.....	37
Eficácia do Processo de <i>Reburning</i> usando Biomassa como Combustível Secundário	39
Investigação Computacional e Experimental de uma Câmara de Combustão Operando no Regime de Combustão sem Chama Visível	41
Oxigenação de águas em colunas de borbulhamento inclinadas com um sistema de anteparos perfurados.....	43
Phase Separation Study Using the Lattice Boltzmann Method.....	45
Estudos de visualização da esteira de bolhas tubulares em escoamento ascendente num fluido de Boger estagnado	47
Oxigenação de águas em colunas de borbulhamento a operar em escoamento co-corrente descendente.....	49
SESSÃO 3: TURBULÊNCIA.....	51
Modelagem numérica de escoamento turbulento sobre uma colina rugosa	53
Modelling of The Initial Laminar Phase and Transition to Turbulence in Numerical Explosion Simulation.....	55
Avaliação da performance de códigos CFD na previsão da velocidade em canais de secção composta	57
Estudo experimental do escoamento de um jacto plano originado por um dispositivo de cortina de ar.....	59
Limitations of performance assessment in 3D turbine stage computations using wall functions with high and low-Re turbulence models.....	60
A new $k-\varepsilon$ turbulence closure for FENE-P fluid flows at low and high drag reductions	61
SESSÃO 4: MECÂNICA DOS FLUIDOS E HIDRÁULICA	63
Effect of the skimming layer on electro-osmotic — Poiseuille flows of viscoelastic fluids.....	65

Escoamento de fluido newtoniano através da junção de dois canais planos: Estudo numérico do efeito de inércia	66
Análise Computacional do Escoamento Variável de Fluidos Não Newtonianos Inelásticos numa Bifurcação em "T" Bidimensional.....	68
Assimetrias do escoamento de líquidos não-Newtonianos em regime de transição	70
New Liquid Flow Distributor Design using CFD and Experimental Validation	72
Laminar Flow Past a Confined Cylinder.....	74
SESSÃO 5: TERMODINÂMICA E APLICAÇÕES	77
Captura de CO2 com Produção de Energia em ciclo de Rankine Modificado	79
Desenvolvimento experimental e numérico de um sistema de admissão de geometria variável para motores de veículos automóveis	81
Modelação e simulação numérica de uma instalação solar térmica de circulação por termosifão com permutador de calor de camisa horizontal	83
Modelação numérica e experimental da evaporação num plano de água aquecida	85
Construção e estudo de um sistema de refrigeração com energia solar	86
Simulação numérica do escoamento de um sistema naval de evacuação dos produtos da combustão	88
SESSÃO 6: TRANSFERÊNCIA DE CALOR.....	91
Efeito da força de impulsão na transferência de calor a partir de um cilindro aquecido.....	93
Efeitos da convecção mista na transferência de calor entre um conjunto de cilindros e fluidos newtonianos.....	95
Intumescent coating modelling based on small scale experimental tests.....	97
Detailed Analysis of Fin-and-Tube Evaporators.....	99
Modelação de Transferência de Calor em Caldeiras.....	101
Análise da Configuração de Arrefecimento de Transformadores Eléctricos	103
SESSÃO 7: MECÂNICA DOS FLUIDOS E HIDRÁULICA	105
Configuração e Evolução Temporal da Cavidade de Erosão Localizada na Proximidade de Pilares de Pontes.....	107
Numerical investigation of laminar flow in symmetric and asymmetric complex T-channels for micro-mixing.....	109
Análise das velocidades horizontais na simulação da rebentação sobre um perfil barra-fossa.....	111
Aplicação de um método Lagrangiano para a modelação de escoamento com superfície livre e de interacção onda-estrutura costeira.....	113
Relações de Haskind na interacção de vários corpos flutuantes com ondas	115
Simulação numérica da propagação de ondas regulares sobre um baixio esférico	117
SESSÃO 8: MÉTODOS EXPERIMENTAIS.....	119
Utilização de modelos semi-empíricos na simulação da secagem de bacalhau	121
Análise térmica de um forno de resistência ao fogo	123
Desenvolvimento e utilização de uma montagem experimental para estudo de sistemas de tratamento de gases de escape para veículos automóveis.....	125
Caracterização do Comportamento de Ventiladores Estáticos, Determinação Experimental das Curvas Características.....	126
Análise de sensibilidade a medições PIV para a caracterização de escoamentos hidraulicamente rugosos com moderada submersão relativa.....	127
Determinação da carbonização na madeira de pinheiro quando submetida a elevadas temperaturas para diferentes direcções das fibras	128
SESSÃO 9: MÉTODOS NUMÉRICOS.....	131

Leading-Edge Vortex Flow Modelling Around Delta Wings Using a Boundary Element Method	133
On the approximate solution to an initial boundary valued problem to a nonlinear diffusion equation with a non-local source	134
Análisis y clasificación de los errores existentes en los modelos de fluidodinámica computacional de incendios	135
Sobre a aplicação de condições fronteira em problemas da dinâmica de fluidos	137
Modelação matemática da evolução de brechas decorrentes do galgamento de barragens de aterro	138
SESSÃO 10: MECÂNICA DOS FLUIDOS E HIDRÁULICA	139
Transferência de calor e de quantidade de movimento em escoamento laminar à microescala	141
Design of an efficient microfluidic rectifier for viscoelastic fluid flow	143
Análise do escoamento sanguíneo em microcanais com bifurcações	145
Electro-osmotic flows of viscoelastic fluids: a numerical study	146
Design of efficient microfluidic devices for viscoelastic fluid flow: a numerical approach	148
Steady flow of viscoelastic fluids in microchannels under electrokinetic forces: PTT model with a Gordon-Schowalter convected derivative	150
SESSÃO 11: ENERGIA	153
O Problema de Optimização de Pás de Rotores de Propulsores e Turbinas Eólicas de Eixo Horizontal..	155
Aplicação do princípio piezoelétrico no desenvolvimento de pavimentos para aproveitamento energético	156
Simulação numérica não linear do escoamento gerado pela interação entre a agitação marítima e conversores pontuais de energia das ondas	157
Considerações sobre o desenvolvimento de algumas tecnologias de produção e armazenamento do hidrogénio como vector energético	159
Analytical and experimental modeling of a viscous disc pump for MEMS applications	161
Estudo de viabilidade da implementação de sistemas de microgeração na região de Aveiro	162
SESSÃO 12: MÉTODOS NUMÉRICOS	165
Uma solução aproximada para um problema de Decomposição Spinodal	167
Comparação de diferentes formulações numéricas para o cálculo de escoamentos viscoelásticos não estacionários	168
Modelação numérica do transporte cólico de areia: evolução da topografia do solo, consequência dos fenómenos de deposição e de erosão	170
Simulação numérica da interação de uma onda regular com um cilindro submerso: Comparação de três códigos numéricos	172
Application of the Stretched Simulated Annealing Method in the Stability Analysis of Multicomponent Systems using Excess Gibbs Energy Models	174
An approximate solution to Solid Fuel Models by Decomposition Methods	175
ÍNDICE REMISSIVO	177

PREFÁCIO

Este volume contém os resumos dos artigos apresentados na III Conferência Nacional em Mecânica de Fluidos, Termodinâmica e Energia. Este evento surge na sequência da I e da II Conferências Nacionais de Métodos Numéricos em Mecânica de Fluidos e Termodinâmica, organizadas pelas Universidades Nova de Lisboa (2006) e de Aveiro (2008), respectivamente, sob os auspícios da Associação Portuguesa de Mecânica Teórica, Aplicada e Computacional (APMTAC).

Em 2008 os participantes na II Conferência exprimiram a sua opinião de ver alargado o âmbito deste evento, atraindo uma audiência mais vasta e incluindo uma maior ênfase nas aplicações. Os organizadores desta III Conferência entenderam dar resposta a esse apelo, alargando o âmbito do evento não só ao tema da Energia, que está intimamente ligado à Mecânica dos Fluidos e à Termodinâmica, mas também retirando-lhe o foco dominante nos métodos numéricos. De facto, a abordagem de todos estes temas é feita com variadas ferramentas complementares, nomeadamente de carácter analítico, numérico e experimental. Todas são essenciais para o desenvolvimento da Mecânica dos Fluidos, da Termodinâmica e da Energia, todas têm o seu âmbito de aplicação, as suas vantagens e desvantagens e da sua utilização conjunta advém o progresso nestas áreas científicas.

Portugal tem assistido a um forte crescimento da investigação nas áreas temáticas da conferência. A Comissão Organizadora regista com agrado o crescimento do número de artigos científicos (em cerca de 40%) e da sua qualidade, essencialmente como resultado desta mudança estratégica, apesar da proximidade a outros eventos da mesma temática, organizados também com a participação da APMTAC. Os trabalhos aqui apresentados são maioritariamente provenientes de instituições de investigação e de ensino nacionais, mas registamos também algumas participações internacionais. Numa tentativa de aumentar a visibilidade externa e a qualidade da conferência, a Comissão Organizadora não só aumentou o número de sessões plenárias, esperando que estas actuem também como catalisadoras de novos desafios, como convidou pela primeira vez três oradores estrangeiros.

Esta conferência, também designada por MEFTE - BRAGANÇA 09, é uma organização conjunta entre a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), o Instituto Superior Técnico (IST), a Universidade da Beira Interior (UBI) e o Instituto Politécnico de Bragança (IPB), que acolhe esta realização no seu campus.

Nas últimas décadas, Bragança assumiu de forma afirmativa uma maior qualidade do seu espaço urbano, apostando na evidência de uma nova dinâmica social, empresarial e cultural. Cabe às diferentes instituições que a compõem promover e incentivar acções que a tornem numa das cidades mais atractivas do país. Bragança e o IPB surgem assim naturalmente como sede de acolhimento deste evento de carácter educativo e científico.

Finalmente, a Comissão Organizadora agradece a todos aqueles que contribuíram para o sucesso desta conferência, em especial aos autores dos trabalhos submetidos.

Comissão Organizadora:
Fernando Pinho (FEUP), Pedro Coelho (IST), Paulo Oliveira (UBI), Paulo Piloto (IPB)
Instituto Politécnico de Bragança
17 – 18 de Setembro de 2009

Análise térmica de um forno de resistência ao fogo

Paulo A. G. Piloto¹, Luís M. R. Mesquita¹ e Alexandre Pereira²

¹Instituto Politécnico de Bragança, Dep. Mec. Aplicada, Campus Santa Apolónia, 5301-857 Bragança, Portugal
email: ppiloto@ipb.pt <http://www.ipb.pt/~ppiloto>

²Instituto Politécnico de Bragança, Campus Santa Apolónia, 5301-857 Bragança, Portugal

Sumário

A classificação de produtos de construção em relação ao comportamento ao fogo é determinada pelas normas vigentes, utilizando um forno com curvas de incêndio normalizadas, como são exemplo as curvas de padrão ISO 834, ASTM E119, hidrocarbonetos, etc. Neste trabalho pretende-se efectuar uma análise térmica do volume interno do forno de resistência ao fogo, efectuando a medição de temperaturas em 16 pontos geometricamente distribuídos, com a utilização de termopares de placas. Estas medições deverão ser comparadas com os resultados obtidos por simulação numérica, utilizando as equações de conservação da energia, de momento e de massa, associados a modelos de turbulência e de radiação.

Palavras-chave: Temperatura; Medição experimental; Validação numérica; Forno de resistência ao fogo.

1 Introdução

Neste trabalho pretende-se analisar o comportamento térmico de um forno de resistência ao fogo (câmara de combustão). Este forno cumpre os requisitos definidos na norma EN 1363-1, [1], em relação aos desvios máximos admissíveis para o valor da temperatura medida dentro do equipamento. A comparação é efectuada entre a curva de incêndio normalizada e a curva medida por um termopar de placa. Importa pois, verificar a distribuição de temperatura no interior da zona útil, em função da posição espacial das amostras a serem testadas. Para validar os resultados experimentais é feita uma comparação numérica dos valores da temperatura medida, utilizando um modelo de escoamento turbulento, com resolução da equação de conservação da energia, da conservação das espécies e do momento, associadas a modelos de combustão e radiação adequados.

2 Medição experimental

O forno de resistência possui um volume útil de 1 [m³], sendo constituído por 4 queimadores Kromschröder referência BIOA 65HM-100/35-72/8, de potência máxima igual a 90 [kW] cada. Na figura 1 estão representados os quatro queimadores, a zona de extracção dos produtos de combustão e a posição dos termopares de placa utilizados. Estes proporcionam uma medição mais representativa do calor recebido pela amostra a testar, especialmente nos instantes iniciais, sendo menos afectados pelo fluxo de convecção.

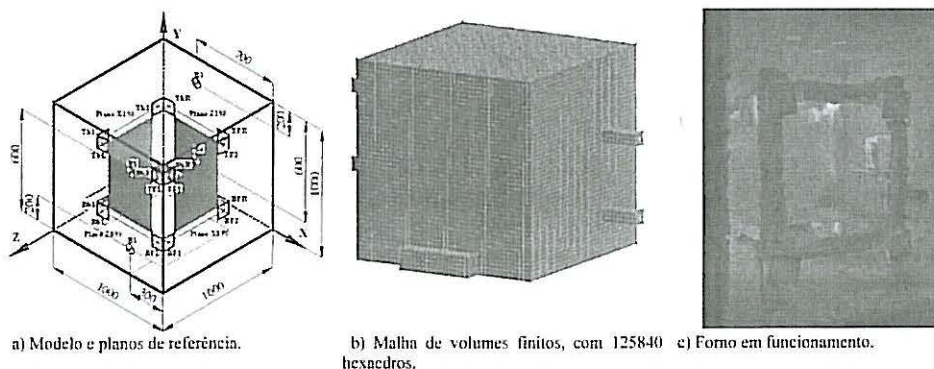


Fig.1. Instrumentação do forno de resistência ao fogo.

A geometria e a forma dos fornos utilizados para realização dos ensaios não está definida por qualquer norma, pelo que importa verificar os valores da temperatura dentro desta câmara. Foram realizados 2 ensaios com curva

de incêndio padrão ISO834 (testes 1 e 2, com duração de 45 minutos) e um ensaio com curva de hidrocarbonetos (teste 3, com duração de 30 minutos). Foi ainda efectuada a medição da temperatura de exaustão dos produtos de combustão no forno.

3 Simulação Numérica

Foi utilizado um modelo de dissipação de vórtices, EDM, para a combustão da mistura de propano com ar. Este modelo é baseado no pressuposto de que a reacção química é rápida, quando comparada com o transporte de espécies químicas pelo escoamento. Quando os reagentes se misturam, na escala molecular, são transformados instantaneamente em produtos da combustão, [2]. Este processo foi modelado através do mecanismo de reacção química completa, assumindo a conversão dos reagentes em CO_2 e H_2O . Esta reacção foi definida em função de coeficientes estequiométricos, entalpia de formação e parâmetros que controlam a taxa de reacção. Foi utilizado um modelo viscoso "K-Epsilon", com duas equações e um modelo de radiação de superfícies, assumindo uma emissividade das paredes igual a 0.7. O calor específico dos produtos e reagentes da combustão foram considerados dependente da temperatura. Todas as restantes propriedades dos materiais foram consideradas como constantes, assumindo que se trata de um escoamento totalmente turbulento. [3]. No modelo numérico foi utilizada uma malha estruturada, utilizando elementos de fluido hexaedros, de dimensão igual 0.02 [m].

4 Resultados

Os resultados da simulação permitiram identificar o efeito localizado dos queimadores. As medições experimentais confirmaram esta variação, ver figura 2. Foram consideradas as medições efectuadas em cada um dos quatro planos de referência, determinado o seu valor médio e comparado com o valor de referência, utilizado para funcionamento do forno.

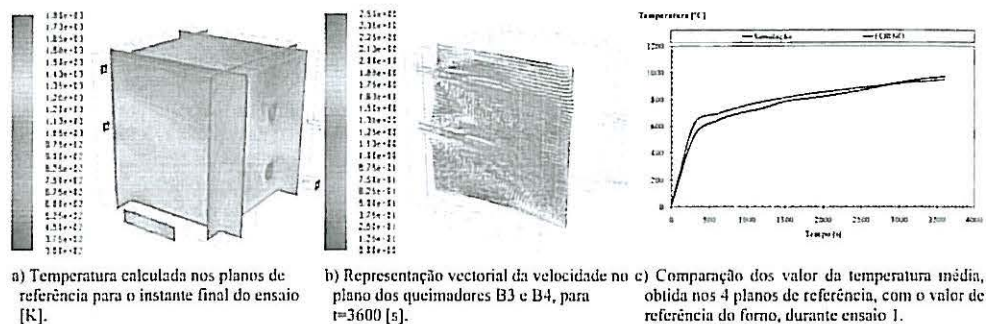


Fig.2. Resultados numéricos e experimentais de temperatura nos planos representativos em estudo.

5 Conclusões

Foram realizados três ensaios experimentais e efectuadas medições em quatro planos representativos. O desvio médio da temperatura, nos quatro planos, é inferior a 5 %, para instantes de tempo posteriores a 500 [s]. O desvio máximo de 30 % é determinado para instantes iniciais, correspondentes a 60 [s]. Em qualquer dos casos, o desvio da temperatura é inferior a 50 [°C].

Os resultados numéricos confirmam os resultados experimentais, com desvios máximos inferiores a 10 %, para o valor médio dos quatro planos representativos.

Referências

1. AENOR, Norma UNE 1631 – part 1, Fire resistance test. Part 1: General requirements, 2000.
2. Giuliano Gardolinski Venson, Gilberto Augusto Amado Moreira, José Eduardo Mautone Barros, Ramón Molina Valle. "Modelagem do Perfil de Temperatura em Câmara de Combustão Tubular Utilizando o Modelo de Combustão Eddy Dissipation", *X Encontro de Modelagem Computacional*, Instituto Politécnico/UERJ - Nova Friburgo/RJ, 21 a 23 de Novembro 2007.
3. FLUENT 6.3 Documentation, users manual, 2006.