

MODELAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO EM SALAS CLIMATIZADAS

JOÃO E. RAMOS*, RUI A. PITARMA** E MARIA DA GRAÇA CARVALHO***

* Dept. Eng. Mecânica, Instituto Politécnico de Leiria - Edif. Maringá, Torre 2 - 2º, 2404 Leiria Codex;

E-Mail: jramos@estg.iplei.pt

** Dept. Eng. Mecânica; Instituto Politécnico da Guarda - Av. Sá Carneiro, nº 50, 6300 Guarda;

*** Dept. Eng. Mecânica; Universidade Técnica de Lisboa - Av. Rovisco Pais, 1096 Lisboa Codex;

E-Mail: maria@navier.ist.utl.pt

Abstract

The goal of this lecture is to introduce a new tool to predict the three-dimensional turbulent air flow pattern and the heat transfer in ventilated buildings.

Keywords

Computational Fluid Dynamics; Flow; Heat Transfer; Ventilation; Thermal Comfort

1. INTRODUÇÃO

A crescente necessidade da utilização de meios de cálculo que permitam a previsão e a visualização das características dos escoamentos do ar, da distribuição da temperatura, da distribuição da humidade específica e do transporte de contaminantes no ar, em recintos ventilados, tem incentivado a investigação na modelação física-matemática desses fenómenos nessas geometrias complexas.

O recente desenvolvimento dos métodos computacionais aplicados à Mecânica de Fluidos "CFD - Computational Fluid Dynamics" (Christianson, 1989) tem criado ferramentas de cálculo que permitem modelar os fenómenos associados à circulação do ar no interior de compartimentos e de salas ventiladas pela circulação forçada e natural do ar, (Restivo, 1979, Hjertager e Magnussen, 1981, Nielsen, 1982, Awbi, 1989, Ramos, 1998). Regra geral, nesses estudos, são previstos os campos da velocidade, da temperatura, da pressão e, para escoamentos turbulentos, das propriedades turbulentas do escoamento.

Neste artigo apresenta-se a aplicação de um código numérico, implementado e validado por Ramos (1998), que permite prever, em simultâneo e de uma forma abrangente, as características tridimensionais do escoamento turbulento do ar, da transferência de calor, da transferência de massa e das trocas de calor pela envolvente, incluindo as trocas de calor por radiação, em vários tipos de geometrias de salas ventiladas por sistemas mecânicos ou por

convecção natural, na presença de obstáculos, de fontes de calor, de fontes de vapor de água e de fontes de contaminantes.

Este código permite ainda que, além da caracterização típica do ambiente interior dos edifícios com as previsões dos campos da velocidade do ar, das distribuições da temperatura, da humidade específica, da concentração de contaminantes e da distribuição das temperaturas superficiais da envolvente, seja feito o cálculo de indicadores locais do conforto térmico, da qualidade do ar, da eficiência da ventilação e da eficiência energética, por forma a ser possível uma avaliação mais detalhada da influência dos vários parâmetros nos ocupantes dos edifícios.

Como forma de apresentação das potencialidades do código, foram feitas as previsões tridimensionais do escoamento do ar e da transmissão de calor num escritório climatizado, ocupado por uma pessoa sentada a uma secretária a operar um computador.

2. CONFORTO TÉRMICO

O conforto térmico de um indivíduo traduz a variedade de sensações e estados de espírito que definem a sua aceitação ao ambiente térmico que o rodeia. A sensação térmica está principalmente relacionada com o balanço térmico entre o corpo do indivíduo e o ambiente envolvente. A equação de balanço de energia para o corpo humano (1) relaciona a potência acumulada no corpo humano ΔQ com a produção interna de calor, por unidade de tempo, devida ao metabolismo M , com a potência do trabalho mecânico exercido pelo homem W e com as perdas de potência calorífica do corpo para o ambiente decorrentes dos processos físicos de evaporação E e respiração $RESP$ e da Transmissão de Calor por radiação R , convecção C e condução através do vestuário $COND$ (Shave, 1973).

$$\Delta Q = M + W - R - C - COND - E - RESP \quad (1)$$

Assim, a transferência de calor entre o corpo e o ambiente é influenciada pelo tipo de actividade, pelo vestuário e pelos parâmetros ambientais: temperatura do ar, velocidade do ar, humidade do ar e temperatura média radiante. A temperatura média radiante pode ser calculada em cada ponto a partir dos factores de forma, das áreas, das emissividades e das temperaturas das superfícies do meio envolvente ou medida directamente através de um termómetro com um sensor de globo, o qual integra o efeito da radiação emitida pelo meio envolvente.

Apesar dos parâmetros ambientais, em termos de valores médios, poderem contribuir globalmente para um valor nulo da potência acumulada no corpo humano, pode ainda ocorrer a sensação de desconforto devido a vários factores como sejam a assimetria da radiação térmica emitida pelo meio envolvente, o gradiente vertical da temperatura do ar, a temperatura da superfície do chão e o arrefecimento localizado do corpo humano provocado pelo efeito da circulação do ar ("draught"). Esse grau da sensação de desconforto pode ser avaliado estatisticamente pela percentagem de insatisfação das pessoas que, estando sujeitas a determinado efeito ambiental, mostram desagrado com essa situação.

Analisando a aplicação do balanço energético ao corpo humano verifica-se que a radiação térmica é um dos principais mecanismos de transferência de calor pelo que não poderá ser menosprezado nos balanços. A assimetria da radiação térmica em salas de edifícios residenciais ou de serviços é essencialmente causada por janelas, com superfícies frias, e por radiadores, enquanto que em ambientes de edifícios industriais é causada essencialmente pela radiação térmica emitida pelas superfícies frias ou quentes das máquinas. Esta assimetria pode ser descrita pelo parâmetro assimetria da temperatura radiante (ΔT_{pr}), definido pela diferença

entre as temperaturas radiantes planas de cada uma das faces de um elemento plano localizado no interior de um recinto.

Olesen (1985) apresenta os resultados de um estudo do efeito da assimetria da radiação térmica, realizado na "Technical University of Denmark", com um grupo de pessoas, em equilíbrio térmico, em actividade sedentária numa sala, com vestuário leve ($I_{cl} = 0.6$ clo), sujeitas inicialmente ao efeito do tecto aquecido e posteriormente ao efeito de uma parede fria, para diferentes valores de ΔT_{pr} . Estes resultados mostram que as pessoas são mais sensíveis ao efeito da assimetria da radiação na direcção vertical do que na horizontal e levaram a que Norma ISO 7730 (1994) recomende os limites de 10 K para a assimetria da temperatura radiante entre superfícies frias verticais e uma superfície plana vertical, localizada a 0.6 m de altura, e de 5 K para a assimetria da temperatura radiante entre um tecto aquecido e uma superfície plana horizontal, localizada a 0.6 m de altura.

O efeito do gradiente vertical da temperatura do ar já tinha sido estudado por Olesen *et al.* (1979) numa sala climatizada, tendo concluído que, essencialmente para as pessoas que se encontram sentadas ou sem actividade significativa, as diferenças da temperatura do ar não devem ser superiores a 3 K entre o nível da cabeça e os tornozelos, correspondendo a uma percentagem de insatisfação de cerca de 5 % das pessoas. A Norma ISO 7730 (1994) recomenda esse valor máximo, entre as alturas de 1.1 m e 0.1 m, para condições de aquecimento ou de arrefecimento do ar.

De entre as várias fontes de desconforto térmico, a sensação de arrefecimento localizado em partes do corpo humano pelo efeito convectivo do ar "draught" ocorre com frequência em ambientes ventilados, por convecção natural ou mecânica, e é, geralmente, a causa de um grande número de queixas por parte das pessoas (Fanger, 1988). O efeito da circulação do ar produz um arrefecimento da pele, por transferência de calor por convecção, que é função da diferença entre as temperaturas da pele e do ar, da velocidade e da intensidade da turbulência do escoamento do ar. Ensaaios experimentais permitiram concluir que as pessoas toleram maiores valores da velocidade e menores valores da temperatura à altura dos tornozelos do que à altura do pescoço. Este tipo de sensação de arrefecimento localizado leva a vários tipos de reacções indesejadas dos ocupantes, como sejam a regulação da temperatura média do ar nas salas para valores mais elevados, com o conseqüente aumento do consumo de energia, ou a obstrução da grelha dos difusores do ar, com a conseqüente diminuição da taxa de ventilação.

2.1 Indicadores do Conforto Térmico

Nas últimas décadas têm sido feitos vários estudos com o objectivo de definir parâmetros característicos da sensação térmica assim como das condições de conforto das pessoas, os quais têm levado à definição de vários tipos de indicadores do conforto térmico, uns de carácter meramente experimental e outros baseados em modelos teóricos validados por modelos experimentais.

Os indicadores mais utilizados em estudos de ventilação são a temperatura operativa T_o - "operative temperature" e os índices PMV- "Predicted Mean Vote" e PPD- "Predicted Percentage of Dissatisfied" (ISO 7730, 1994 e Fanger, 1972).

A temperatura operativa é uma variável ambiental utilizada para avaliar o grau do conforto térmico do homem com diferentes actividades e com diferentes tipos de vestuário e encontra-se definida na Norma ISO 7730 (1994) como sendo uma temperatura fictícia que

produz a mesma transferência de calor do corpo para o meio envolvente que o efeito global da transmissão de calor por radiação e por convecção com o ar.

Os índices PMV e PPD são dois indicadores empíricos, obtidos a partir da votação da sensação térmica de um grupo de mais de 1300 pessoas submetidas a diferentes condições de actividade, vestuário e ambiente térmico. A votação foi feita segundo uma escala de sete valores inteiros entre -3 e +3 (-3 para a sensação de ambiente bastante frio e +3 para bastante quente). Para cada condição do ensaio foram medidos os parâmetros ambientais: temperatura do ar, temperatura média radiante, velocidade do ar e pressão parcial do vapor de água (humidade relativa) os quais foram relacionados com a taxa de metabolismo M e a resistência térmica do vestuário I_{cl} . O tratamento estatístico dessa votação permitiu relacionar o indicador PMV com várias combinações dos seis parâmetros acima referidos através da equação (2) ou por intermédio de tabelas anexas à Norma ISO 7730 (1994).

$$PMV = (0,303 \exp(-0,036M) + 0,028)\Delta Q \quad (2)$$

O tratamento estatístico dos resultados das votações permitiu ainda estabelecer uma previsão quantitativa da percentagem de insatisfação com o conforto térmico, definida pelo indicador PPD, dada pela relação (ISO 7730, 1994):

$$PPD (\%) = 100 - 95 \exp\left(-\left(0,03353 PMV^4 + 0,2179 PMV^4\right)\right) \quad (3)$$

Analisando esta equação concluímos que, mesmo em condições de sensação térmica neutras, há no mínimo 5 % das pessoas que se sentem desconfortáveis. Atendendo à subjectividade dos fenómenos do conforto térmico e há necessidade de racionalização do consumo de energia nos edifícios a Norma ISO 7730 (1994) recomenda que seja aceitável uma gama de condições térmicas que correspondam a um indicador médio de insatisfação PPD inferior a 10 %, correspondendo a um indicador PMV na gama [- 0.5, + 0.5]. A Norma ISO 7730 (1994) recomenda para um tipo de actividade sedentária, com necessidade de aquecimento do ar (Inverno), com vestuário de referência de 1 clo, uma temperatura operativa entre os 20 °C e os 24 °C, isto é, 22 °C ± 2 °C, e com necessidade de arrefecimento do ar, com vestuário de referência de 0.5 clo, entre os 23 °C e os 26 °C, ou seja, 24.5 °C ± 1.5 °C.

3. O MODELO MATEMÁTICO

O modelo físico-matemático que descreve o escoamento tridimensional e turbulento do ar, a transferência de calor e a distribuição da concentração de espécies num recinto consiste num conjunto de condições de fronteira e de equações diferenciais com derivadas parciais, exprimindo conservação da massa, da quantidade de movimento e da energia.

Assumindo o escoamento tridimensional, turbulento, estacionário e incompressível, sendo válida a aproximação de Boussinesq, todas essas equações podem ser representadas numa forma compacta por:

$$\frac{\partial}{\partial x_i} (\rho \bar{U}_j \phi) = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\Gamma_\phi \frac{\partial \phi}{\partial x_i} \right) + S_\phi \quad (4)$$

em que ϕ representa a média temporal de qualquer das variáveis referidas e S_ϕ o termo de fonte da variável. Os termos de convecção e difusão são idênticos para todas as equações de

transporte e Γ_0 representa o coeficiente de difusibilidade para as variáveis escalares e a viscosidade efectiva para as variáveis vectoriais (componentes da velocidade). Como para as aplicações de engenharia o modelo de turbulência a duas equações k-e tem sido largamente empregue com sucesso reconhecido (Rodi, 1982), também foi implementado no código "ROOMVENT". A solução deste sistema de equações diferenciais não lineares passa pela discretização das equações e do domínio de cálculo, através da integração por diferenças finitas/volume de controlo. Assim, obteve-se um sistema de equações algébricas, expressas em termos do valor da variável dependente nos nós de uma malha que cobre todo o domínio, cuja solução é obtida por um processo de cálculo iterativo baseado no algoritmo SIMPLE (Patankar, 1980).

4. CASO DE ESTUDO

A sala adoptada como exemplo tem uma área de 18 m², um pé-direito de 3.5 m e um obstáculo localizado no centro da sala com as dimensões 1.2*1*2 m (Figura 1). O obstáculo representa a ocupação da sala por uma pessoa, sentada a uma secretária, a fumar e a operar um computador. As paredes da sala são admitidas com um coeficiente global de transmissão de calor de 2.0 W m⁻² °C⁻¹ e o tecto e chão são admitidos adiabáticos. A temperatura no exterior foi admitida com o valor de 20 °C. A fonte de calor correspondente à taxa de metabolismo do ocupante e à potência do computador é admitida uniforme e localizada no interior do volume do obstáculo com o valor de 340 W.

O ar novo foi insuflado na sala à temperatura de 14 °C com uma velocidade média de 2 m/s por um difusor rectangular colocado numa parede junto ao tecto. A sua rejeição foi feita na parede oposta, ao nível do solo, conforme esquematizado na Figura 2.

Os parâmetros de funcionamento da sala encontram-se resumidos na Tabela 1.

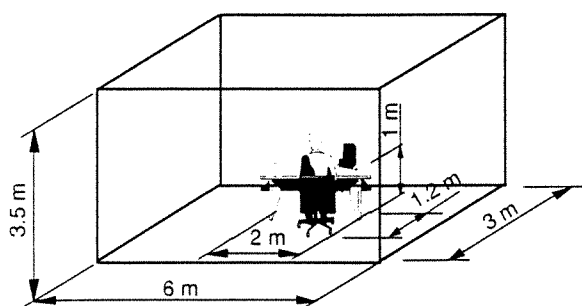


Figura 1: Geometria da sala.

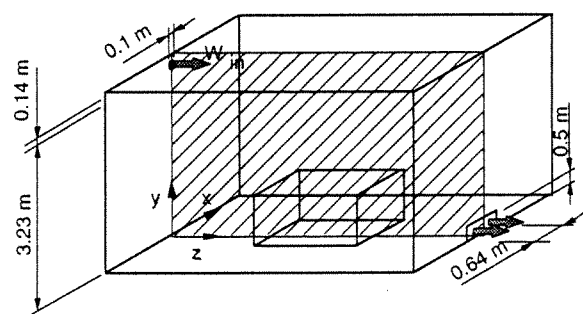


Figura 2: Posicionamento das aberturas de insuflação e de rejeição do ar.

Tabela 1: Parâmetros de funcionamento da sala

Velocidade do ar insuflação (m/s)	2,0
Temp. do ar insuflação (C)	14,0
Caudal do ar insuflado (l/s)	28,0
Potência da fonte de calor (W)	340
Número de renovações/hora	1,6
Área de insuflação (m ²)	0,014
Área de rejeição (m ²)	0,16

4.1 Análise e Discussão dos Resultados

Os resultados do cálculo do campo da velocidade do ar e da distribuição da sua temperatura são representados para o plano médio da sala, na forma de isolinhas, nas Figuras 3 e 4.



Figura 3: Previsões da velocidade do ar.

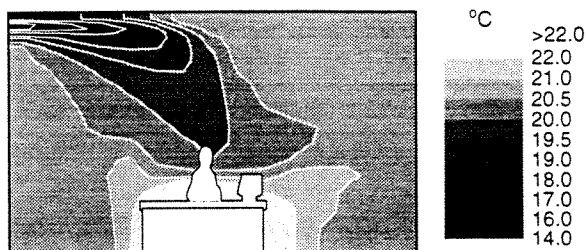


Figura 4: Previsões da temperatura do ar.

Existem notoriamente duas zonas da sala com características diferentes; uma zona sob a influência do escoamento do ar insuflado com trajectória descendente e outra zona correspondente ao resto do volume da sala caracterizada por escoamentos locais de recirculação com suficiente capacidade de mistura para uniformizar a distribuição das várias propriedades do ar. Na zona sob a influência do "jacto" do ar verificam-se valores da velocidade elevados, com baixos valores da temperatura, enquanto que no restante volume da sala verificam-se valores da velocidade do ar inferiores a 10 cm/s.

Para o tipo de condições de funcionamento simuladas foi obtida uma temperatura média na sala de 20 °C, com um gradiente em altura desprezável. O efeito da impulsão térmica do ar aquecido junto ao obstáculo (fonte de calor) é responsável pela criação de duas zonas de recirculação do ar; uma na base junto ao obstáculo e outra no canto superior da sala a jusante do obstáculo. A análise destas previsões permite concluir que existe um aumento gradual da temperatura do ar desde o valor de 14 °C, junto à insuflação, até 20 °C na zona inferior da sala junto ao obstáculo.

As condições locais do conforto térmico foram analisadas a partir do cálculo da distribuição dos valores locais do gradiente vertical da temperatura do ar e da distribuição dos índices PMV e PPD (Figura 5) (ISO 7730, 1994). Para o cálculo do índice PMV, além de se admitir uma actividade sedentária ($M = 1.2$ met), considerou-se um vestuário ligeiro ($I_{cl} = 1.0$ clo) e uma humidade relativa de 50 %. Obtiveram-se valores entre - 0,5 e + 0.5 nas zonas da sala junto ao obstáculo e fora da influência directa do "jacto" de ar frio, ou seja, percentagens de insatisfação PPD inferiores a 10 % nessas zonas.

Contudo, na zona sob a influência directa da entrada do ar frio, o indicador PMV toma valores sucessivamente decrescentes em direcção à insuflação do ar na sala. Assim, esta zona pode ser crítica do ponto de vista do conforto térmico na medida em que leva a valores de insatisfação superiores a 15 % para alturas superiores a 1.5 m.

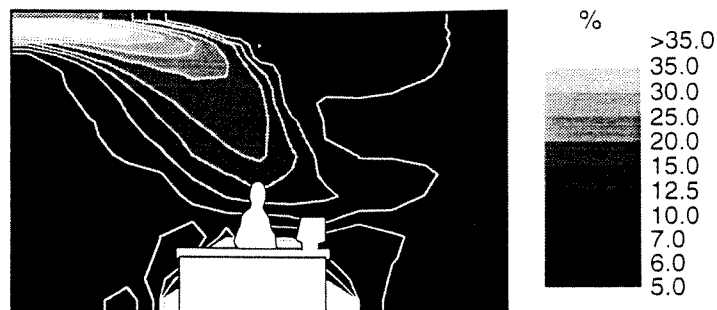


Figura 5: Distribuição do indicador PPD.

Assim, para a geometria e para o tipo de condições de funcionamento simuladas nesta aplicação, com escoamento de mistura, conclui-se que deve existir um grande cuidado no posicionamento e na selecção das grelhas de insuflação assim como na limitação dos valores das velocidades do ar insuflado, devido ao risco de insatisfação com as condições locais do conforto térmico nas zonas da sala sujeitas à influência directa da penetração do ar frio na sala.

5. Conclusões

Apresentou-se um método computacional para o estudo do ambiente interior e da eficiência energética em edifícios ventilados pela circulação forçada ou natural do ar. Com esta ferramenta de cálculo é possível prever numericamente a circulação do ar, a distribuição da temperatura e a distribuição das concentrações de espécies no ar em recintos de edifícios.

Depois de já ter sido validado com resultados experimentais obtidos num modelo físico em escala real e num modelo em escala reduzida, o código "ROOMVENT" permite a previsão do campo da velocidade do ar, da distribuição da temperatura do ar e das superfícies interiores dos recintos, da distribuição dos contaminantes no ar, da distribuição da humidade específica e das escalas turbulentas do escoamento em variados tipos de espaços de edifícios, como sejam, edifícios de escritórios, pavilhões multi-usos, naves industriais, entrepostos frigoríficos, etc.

A simulação, em regime estacionário, para geometrias tridimensionais, é obtida a partir da resolução numérica das equações básicas do escoamento turbulento, da conservação da energia e da conservação de espécies no ar, integradas por diferenças finitas, com condições de fronteira adequadas, incluindo as trocas de calor por radiação, e resolvidas de forma iterativa pelo algoritmo SIMPLE.

Como exemplo da aplicação deste código foi feita a simulação do comportamento térmico e ambiental de um escritório ventilado, ocupado por uma pessoa sentada a uma secretária a operar um computador. O ar novo foi insuflado na sala com caudal e temperatura impostos e a transmissão de calor através das paredes da sala foi simulada com coeficientes globais de transmissão de calor típicos enquanto que o tecto e chão foram admitidos como adiabáticos.

As previsões do campo da velocidade, da distribuição da temperatura e da intensidade da turbulência do escoamento do ar permitiram caracterizar a circulação do ar e a transmissão de calor no interior da sala assim como as condições locais do conforto térmico através do cálculo da distribuição dos indicadores PMV e PPD.

Para a geometria e para o tipo de condições de funcionamento simuladas, com o tipo de estratégia de ventilação adoptada neste caso de estudo, conclui-se que deve existir um grande cuidado no posicionamento e na selecção das grelhas de insuflação, assim como na limitação dos valores das velocidades do ar insuflado.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Awbi, H. B; Application of Computational Fluid Dynamics in Room Ventilation. *Building and Environment.*, 24,n° 1, 1989, pp. 73-84.

Christianson, Leslie. *Building Systems: Room Air and Air Contaminant Distribution*, Atlanta: A.S.H.R.A.E., Ed. L.L.Christianson, 1989.

Fanger, P. O. *Thermal Comfort*. New York: McGraw-Hill, 1972.

Fanger, P. O. *et al.* Air Turbulence and Sensation of Draught. *Energy and Buildings*, vol. 12, 1988, pp. 21-39.

Hjertager, B. H.; Magnussen, B. F; Calculation of Turbulent Three-Dimensional Jet Induced Flow in Rectangular Enclosure. *Comput. Fluids*, 9, 1981, pp. 395-407.

ISO 7730. *Moderate Thermal Environments-Determination of the PMV and PPD Indices and Specification of the Conditions for Thermal Comfort*. Genève: International Organization for Standardization, Second Edition, 1994.

Nielsen, P. Some Aspects of the Air Distribution in Ventilated Rooms. *Int. Journal of Refrigeration*, 5, Mars 1982, pp. 79-85.

Olesen, B. W. Local Thermal Discomfort. *Bruel and Kjaer Tech. Rev.*,1, 1985.

Olesen, B. W.; Scholer, M.; Fanger, P. O. Vertical Air Temperature Differences and Comfort, in *Indoor Climate*. Copenhagen: Danish Building Research Institute, 1979, pp. 561-579.

Patankar, Suhas V; *Numerical Heat Transfer and Fluid Flow*. Hemisphere Pub. Corp., 1980.

Ramos, João E; *Modelação do Comportamento Térmico e Ambiental de Edifícios*. Lisboa: Dissertação apresentada no Instituto Superior Técnico para obtenção do grau de Doutor em Engenharia Mecânica, 1998.

Restivo, António. *Turbulent flow in ventilated rooms*. London: Thesis submitted for the degree of Dr. of Philosophy in the University of London and for Diplome of Membership of Imperial College, 1979.

Rodi , W; Examples of turbulence models for incompressible flows. *A. I. A. A. Journal* ; 20, n° 7, 1982, pp. 872-879.

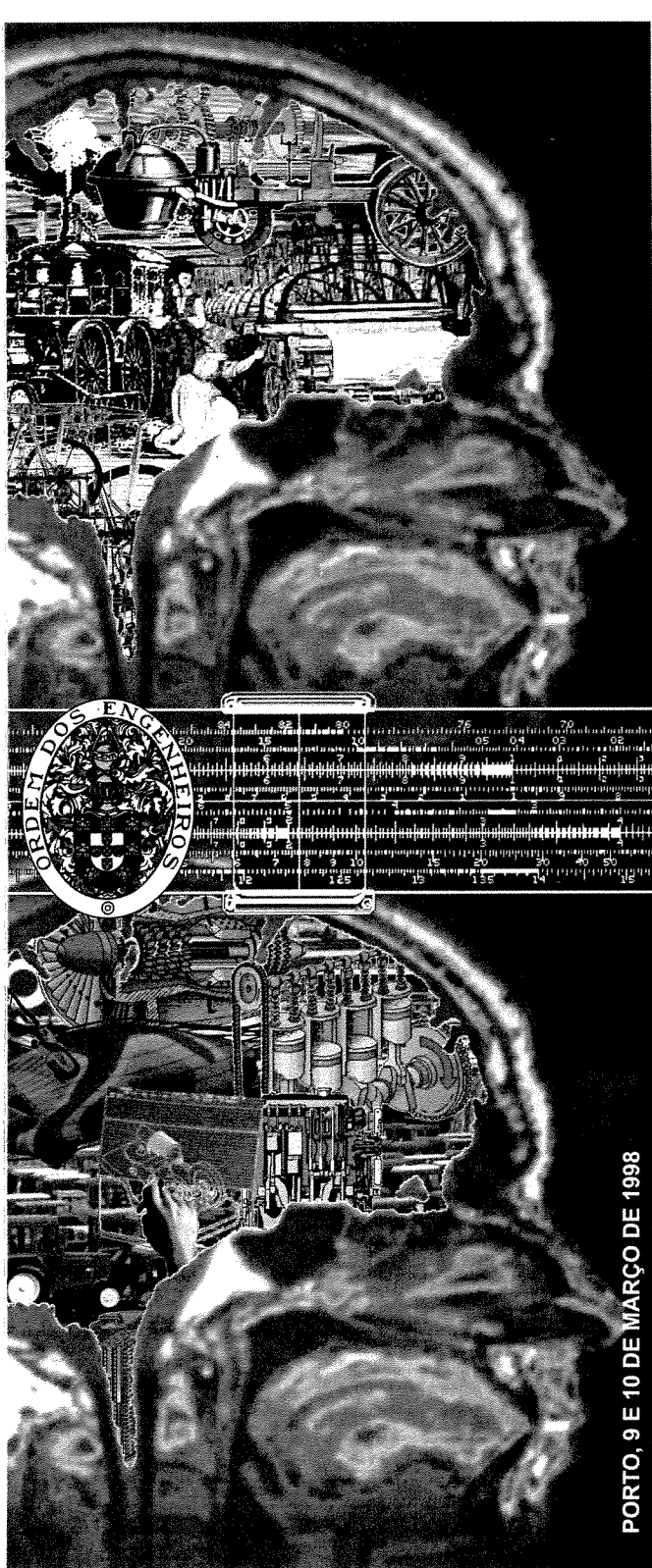
Shave, R. E. J. Assessing the Acceptability of Thermal Environmental Conditions Occurring in Industrial Buildings. Paris: *Bulletin de l' Inst. Int. du Froid*, Annexe 1973-2, 1973, pp. 149-157.

PATROCINADORES DAS JORNADAS

- Ordem dos Engenheiros
- Fundação Oriente
- IDMEC/Polo FEUP

Comissão Organizadora:

- | | |
|-----------------------------|------------------------------|
| • António Augusto Fernandes | Presidente do Colégio |
| • Maria da Graça Carvalho | Vogal |
| • Torres Marques | Vogal |
| • Pedro Castro | Coordenador da Região Norte |
| • Joaquim Sabino Domingues | Vogal |
| • Afonso Fernandes | Vogal |
| • Fernando Barbosa | Coordenador da Região Centro |
| • Altino Loureiro | Vogal |
| • António Marão Dias | Vogal |
| • Fernando Pina da Silva | Coordenador da Região Sul |
| • Aires Barbosa Ferreira | Vogal |
| • Victor Manuel Santos | Vogal |



PORTO, 9 E 10 DE MARÇO DE 1998

**PRIMEIRAS JORNADAS NACIONAIS
DO COLÉGIO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

SEGUNDA-FEIRA, 9 DE MARÇO DE 1998

09h00 - 10h00 RECEPÇÃO

10h00 - 10h30 SESSÃO DE ABERTURA

Bastonário da Ordem dos Engenheiros, Eng^o Horácio Maia e Costa
Presidente do Colégio, Eng^o António Augusto Fernandes

10h30 - 11h00 CAFÉ

11h00 - 13h00 TEMA 1 - TECNOLOGIAS DA PRODUÇÃO

Presidente da Sessão: A. Barbedo Magalhães, Prof. Catedrático FEUP

Comunicação Convidada: Study on technology integration on rapid prototyping, Prof. Yongnian Yan, Tsinghua University, Pequim

- Soldadura laser CO₂ de chapa fina, Elisabete Magalhães, João Constantino Machado, J. Ferreira Duarte, A. A. Fernandes
- Análise de sensibilidade de operações de soldadura MAG robotizada através do método de Taguchi, Miguel Figueiredo, C. Couto, A.A. Fernandes
- O desgaste das ferramentas de diamante policristalino e sua relação com as forças de corte na maquinagem de um composto de matriz de alumínio reforçado com SiCp, J. Paulo Davim, A. Monteiro Baptista
- Tensão de Adesão de Barreiras Térmicas Cerâmicas Obtidas por Projectão à Chama, E. Rodrigues de Seabra, A. Barbedo Magalhães
- Corte em prensa: avaliação da influência da velocidade e do estado de afiamento do punção na qualidade do corte, J. Mendes, Teresa Restivo, Paulo Davim

13h00 - 14h30 ALMOÇO

14h30 - 15h30 TEMA 2 - PROJECTO MECÂNICO

Presidente da Sessão: Carlos Mota Soares, Prof. Catedrático, IST

Comunicação Convidada: Concepção e projecto de estruturas de veículos para condições de impacto. Aplicação em material circulante, Manuel Seabra Pereira, Prof. Catedrático, IST

- Comportamento elástico e não linear de cascas de sandwich, A. Ferreira, J. Trigo Barbosa, J. César de Sá, A.T. Marques
- Alpha Jet - Seguimento de vida de fadiga na FAP, José Afonso Gustavo, Ana Rita Baltazar, João Rui Nogueira, Pedro Salvada
- Veículo automóvel com disposição romboédrica das rodas, F. Nery de Oliveira
- TAGRO - O primeiro tractor agrícola projectado e construído em Portugal, Bento Moreira
- Instalação de um banco de ensaio de motores de combustão interna, M.C. Gameiro da Silva, M. Mateus, L. Serrano, J. Belo Cardoso

15h30 - 16h00 CAFÉ

16h00 - 18h30 MESA REDONDA - O PERFIL DO ENGENHEIRO MECÂNICO NUMA SOCIEDADE EM CONSTANTE MUTAÇÃO

Presidente da Sessão: Alberto Amaral, Reitor da Universidade do Porto

Painel: Vasco de Sá, Carlos Mota Soares, Paulo Tavares de Castro

- A Avaliação da Qualidade das Licenciaturas em Engenharia Mecânica das Universidades Públicas, Professor Jorge Neves da Silva (?)
- A Acreditação das Licenciaturas em Engenharia Mecânica, Eng^o J. Carlos Cunha

20h00 JANTAR DAS JORNADAS (Hotel Ipanema Park)

TERÇA-FEIRA, 10 DE MARÇO DE 1998

09h30 - 11h00 TEMA 3 - ENERGIA E AMBIENTE

Presidente da Sessão: Maria Graça Carvalho, Prof. Catedrática IST

Comunicação Convidada: A Engenharia Mecânica na compatibilização da energia e do ambiente: uma visão para o futuro, E. de Oliveira

Fernandes, Prof. Catedrático FEUP

- Metodologias de caracterização do comportamento energético de bombas de calor durante auditorias energéticas a edifícios, Nelson Quinta Fernandes, Eduardo Maldonado
- Avaliação de condições de conforto em recintos climatizados através de modelação numérica do sistema térmico humano, E.Z.E. Conceição
- Modelação do conforto térmico em salas climatizadas, J. Esteves Ramos, R.A. Pitarma, Maria Graça Carvalho
- Sistemas AVAC, Case Study, F. Prata Lourenço

11h00 - 11h30 CAFÉ

11h30 - 13h00 TEMA 3 - ENERGIA E AMBIENTE

Presidente da Sessão: E. de Oliveira Fernandes, Prof. Catedrático FEUP

- Revisitar os moinhos de maré, J. Saraiva e F. Marques Silva
- Actual abordagem da problemática do efeito de estufa e a procura de possíveis soluções, Delfim Monteiro
- Estudo experimental e numérico de uma caldeira da central térmica de setúbal, A. Vieira, Maria Graça Carvalho, M. Ferreira
- Monitorização das características de transferência de calor numa caldeira de carvão pulverizado, J.L.T. Azevedo
- Revisitar os moinhos de vento, F. Marques Silva e Jorge Saraiva

14h30 - 13h00 ALMOÇO

14h30 - 16h30 TEMA 4 - GESTÃO E ENGENHARIA INDUSTRIAL

Presidente da Sessão: Rui Guimarães, Director do ISEE, UP

Comunicação Convidada: Sistemas de informação para comércio electrónico, J. Falcão e Cunha, Prof. Auxiliária da FEUP

- Simulação visual de armazéns automáticos, José Manuel Feliz Dias Teixeira, António E.S. Carvalho Brito
- Optimização em gestão de stocks de peças auto com recurso a técnicas de simulação, Rui Assis
- Sistemas de controle de actividade de produção. Caracterização de funcionamento e aplicação; S. Carmo Silva, M. Pedrosa Ribeiro
- Gestão de projectos de automação da manufactura, N. Afonso Moreira, S. Carmo Silva, Carlos Couto
- O Capital de Risco como parceiro financeiro da indústria, A. Beirão Belo
- ADAMS, Allied Deployment and Movement System, H. Teixeira da Silva
- Gestão de ideias e redução de custo na Auto-Europa, Paulo Santos
- A problemática da "Formação Contínua" desde a entrada na Universidade e até morrer, referida particularmente ao Engenheiro Mecânico, A. Neves da Silva
- Projectos finais de curso no DEM/Instituto Superior Técnico: Um canal a explorar para o enriquecimento da ligação Universidade Indústria, Viriato Semão

16h30 - 17h00 CAFÉ

17h00 - 18h30 MESA REDONDA - O ENQUADRAMENTO LEGAL DA PROFISSÃO DE ENGENHEIRO MECÂNICO

Presidente da Sessão: António Lousada, Director Técnico da RAR

Painel: António Torres Marques, Noel Vieira

- Síntese da Legislação/Regulamentação de enquadramento de actividades de Engenharia Mecânica; F. Mendes Juanico, A. Altino Loureiro, A.A. Fernandes

18h30 SESSÃO DE ENCERRAMENTO

Presidente da Secção Regional do Norte, Eng^o Sousa Pinto

INFORMAÇÕES: IDMEC, FEUP

tel. 02 2041797, 02 2085875
fax. 02 2073659, 02 2059125
e-mail: aaf@alif.fe.up.pt