



Jornadas 2009

Conforto e Qualidade do Ar Interior

Desafios para o Desempenho Energético de Edifícios

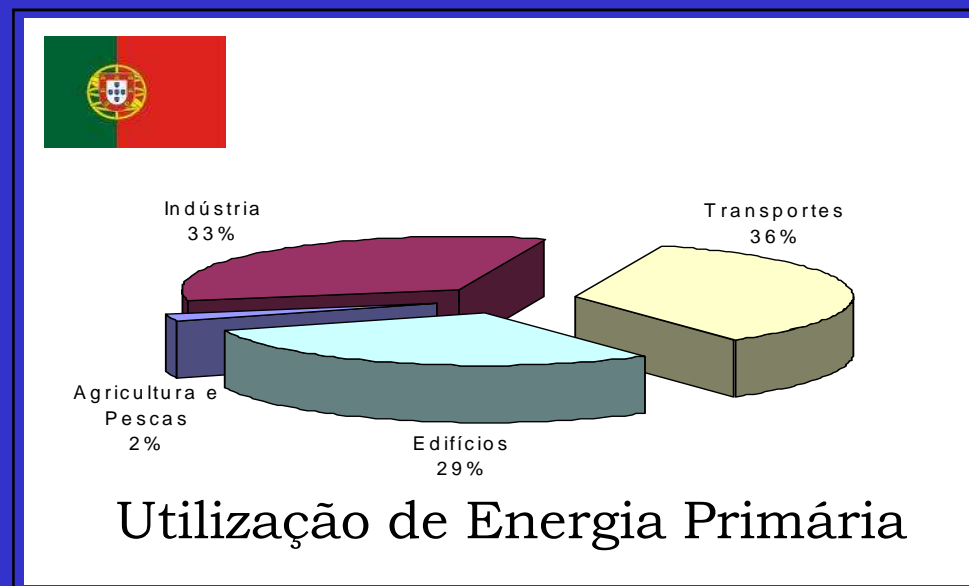
João Esteves Ramos

(Doutor em Eng^a Mecânica, IST, 1998)

jramos@estg.ipleiria.pt

CONSUMO DE ENERGIA NOS EDIFÍCIOS

- Na sociedade de hoje cerca de 90% do nosso tempo é passado em ambientes interiores de edifícios;
- Os Edifícios representam uma parcela muito significativa da factura energética nacional.



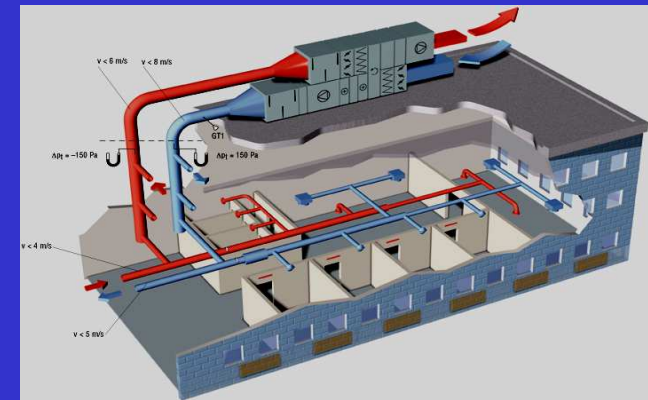
RELEVÂNCIA DOS SISTEMAS AVAC

O bem-estar dos ocupantes depende dos sistemas de AVAC

- **Conforto térmico**
- **Qualidade do ar Interior**

A eficácia dos sistemas de AVAC afecta:

- **Desempenho Energético e Impacto Ambiental**
- **Produtividade dos Ocupantes**
- **Saúde**





O DESAFIO DO DESEMPENHO ENERGÉTICO DOS EDIFÍCIOS

A SUSTENTABILIDADE DE UM EDIFÍCIO SAUDÁVEL RESIDE num
BOM PROJECTO DO SISTEMA DE AVAC

Os maiores **problemas encontrados** são:

- Caudais de Ar Novo Insuficientes
- Inexistência de Hierarquização de Pressões
- Estratégia de Difusão do Ar Inadequada
- Má Selecção dos Filtros
- Falta de Acessibilidade para Manutenção

PROBLEMÁTICA

- Desenvolver Modelos Matemáticos (CFD) para a **previsão e visualização** do escoamento e temperaturas do ar, concentração de poluentes e **indicadores do conforto térmico, qualidade do ar interior e desempenho energético** em espaços climatizados;
- Comparar a *performance* de **diferentes sistemas** de ventilação e climatização aplicados a edifícios ou a processos industriais.



MODELO FÍSICO-MATEMÁTICO

- Equação Geral: $\frac{\partial (U_j \phi)}{\partial x_j} - \partial \left(\Gamma_\phi \frac{\partial \phi}{\partial x_j} \right) / \partial x_j = S_\phi$
- Parâmetros ϕ , Γ_ϕ e S_ϕ :

with:

$$\nu_t = C_\mu k^2 / \varepsilon$$

$$S = \left(\frac{\partial U_i}{\partial x_j} - \frac{\partial U_j}{\partial x_i} \right) \frac{\partial U_i}{\partial x_j}$$

$$G = \beta g_i \frac{\partial \theta}{\partial x_i} \nu_t / \sigma_\theta$$

	ϕ	Γ_ϕ	S_ϕ
Continuity Equation:	1	0	0
Momentum Equation:	U_j	$\nu + \nu_t$	$\left(-\frac{1}{\rho} \right) \frac{\partial P}{\partial x_i} - \beta g_i \theta$
Thermal Energy Equation:	θ	$\nu + \nu_t / \sigma_\theta$	$q / \rho c_p$
k- ε Turbulence Model:	K	$\nu + \nu_t / \sigma_K$	$\nu_t + G - \varepsilon$
	ε	$\nu + \nu_t / \sigma_\varepsilon$	$(C_1 \nu_t S - C_2 \varepsilon + C_3 G) \varepsilon / k$



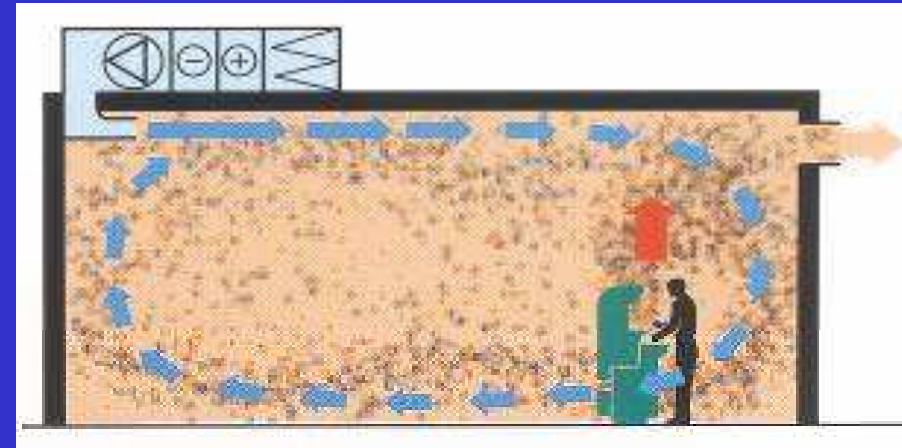
PROCEDIMENTO NUMÉRICO

- **Método Volumes Finitos de Controlo;**
- **Malha 3D não uniforme:**
- **Esquema Hybrid (Upwind / Central);**
- **Algoritmo SIMPLE;**
- **Método TDMA**

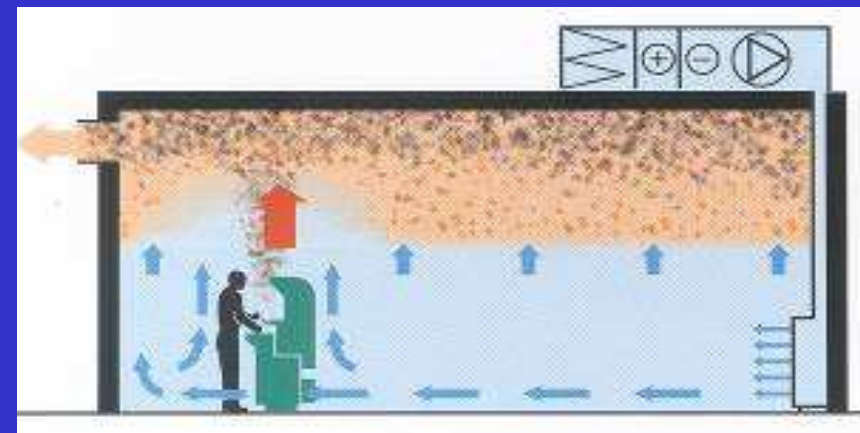
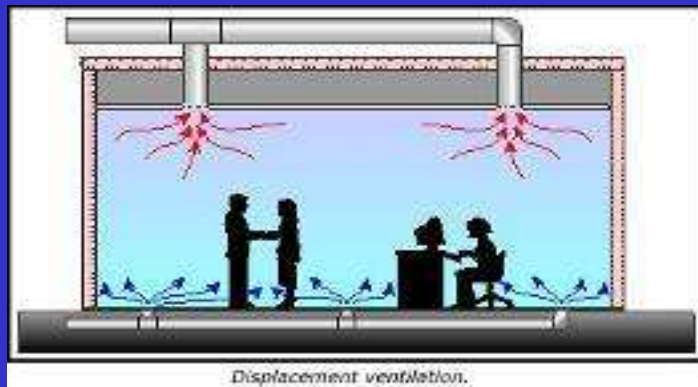
Aplicação: Qual é o melhor sistema de ventilação para cada caso específico ?

- Ventilação por diluição

(mistura ou recirculação)



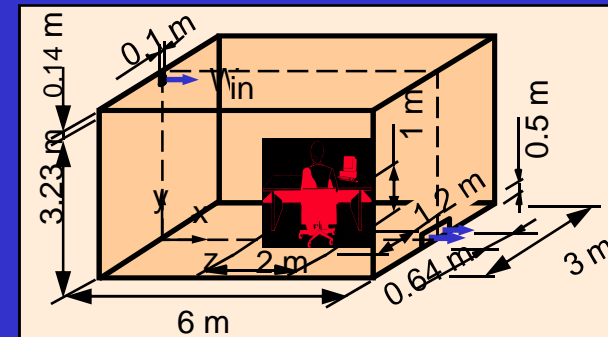
- Ventilação por deslocamento



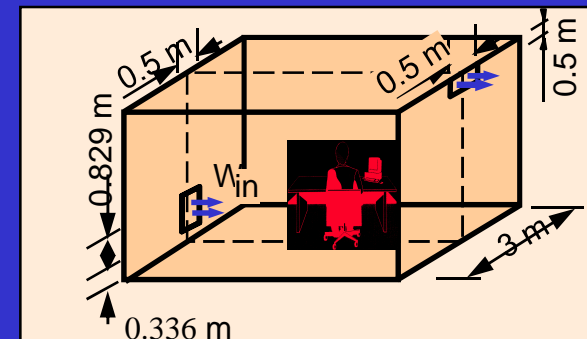
Aplicação: Gabinete de Escritório

- Ventilated by *Mixing* Flow (case 1) and *Displacement* Flow (case 2);
- Worker operating a computer terminal (Heat Source);
- Furniture as aerodynamic blockage;
- Contaminant source: Tobacco smoke.

Case 1: Mixing Flow



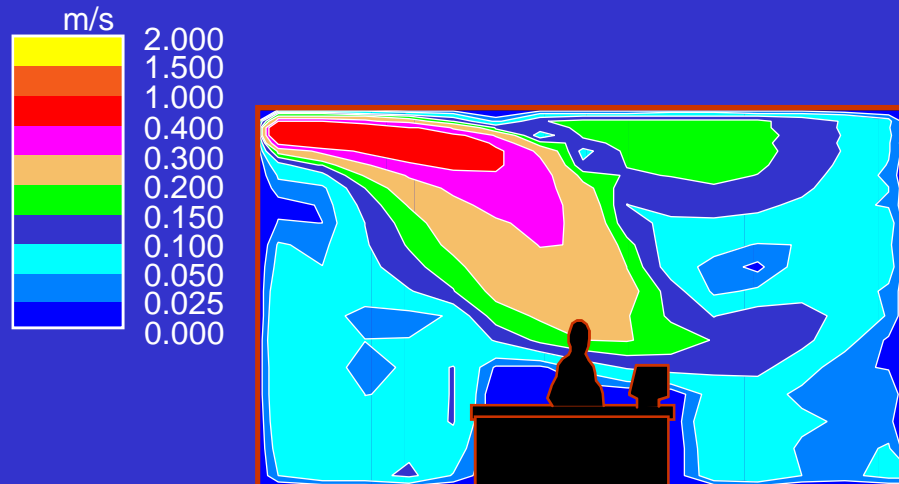
Case 2: Displacement Flow



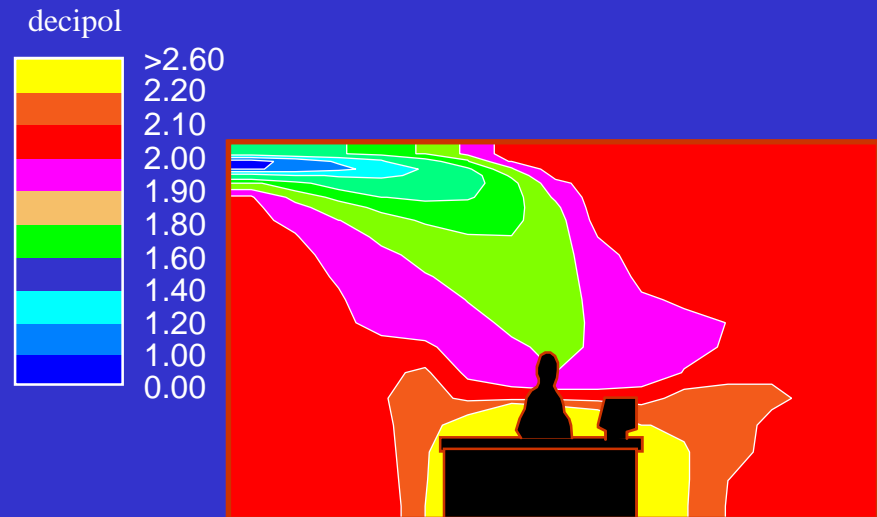
Operation parameters	mixing	displacement
Inlet air velocity (m/s)	2.0	0.16
Inlet air temperature (°C)	14.0	18.0
Air flow rate (l/s)	28.0	67
Thermal cool load (W)	240	240
Contaminant source (olf)	6	6
Air changes per hour	1.6	3.8
Inlet area (m ²)	0.014	0.336
Outlet area (m ²)	0.16	0.25

Resultados / Previsão Numérica

Case 1: Mixing Flow

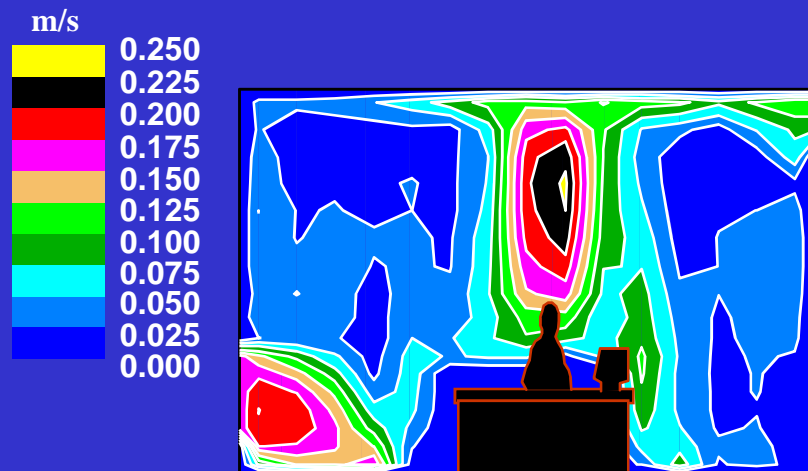


Predicted mean air velocity

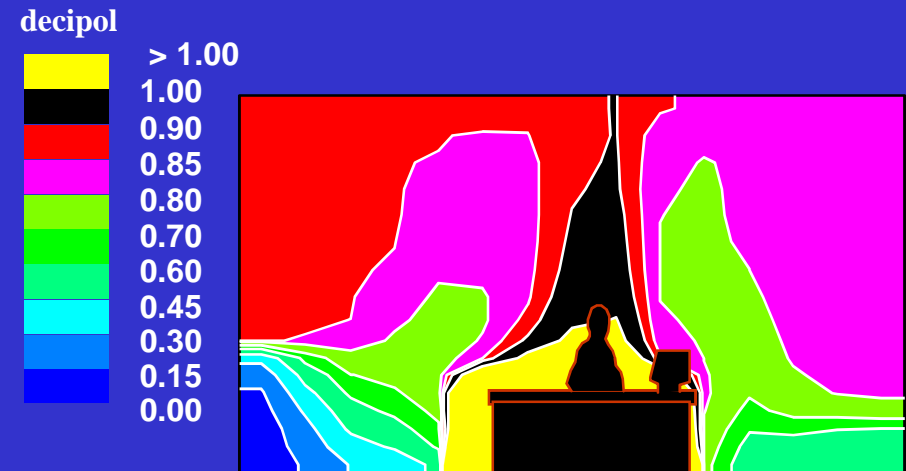


Predicted air-quality perception

Case 2: Displacement Flow

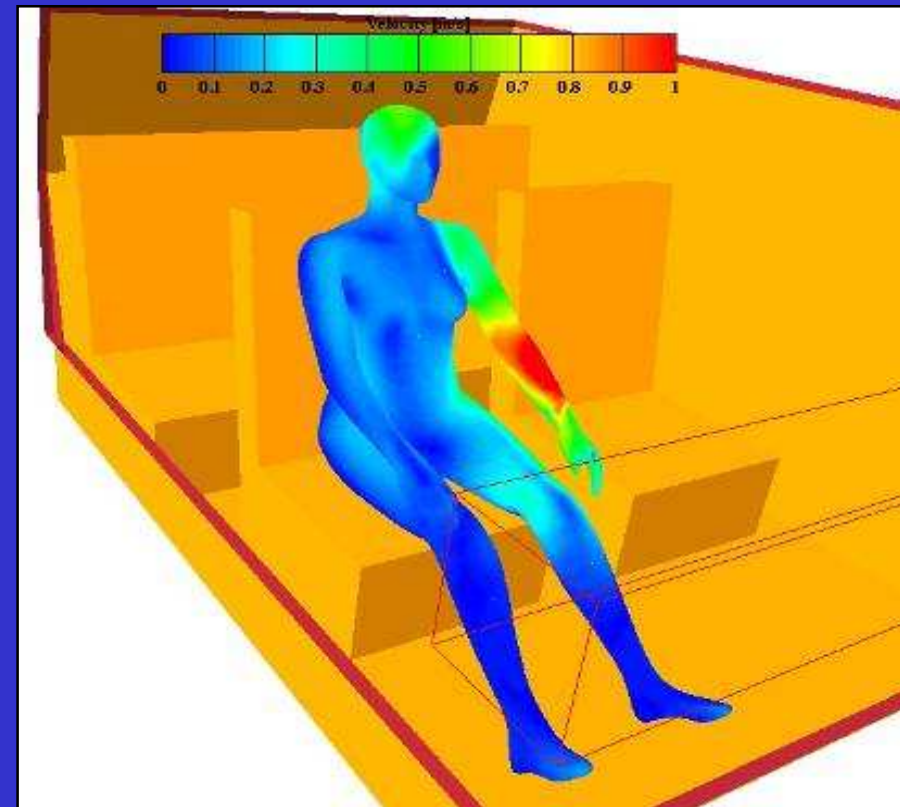
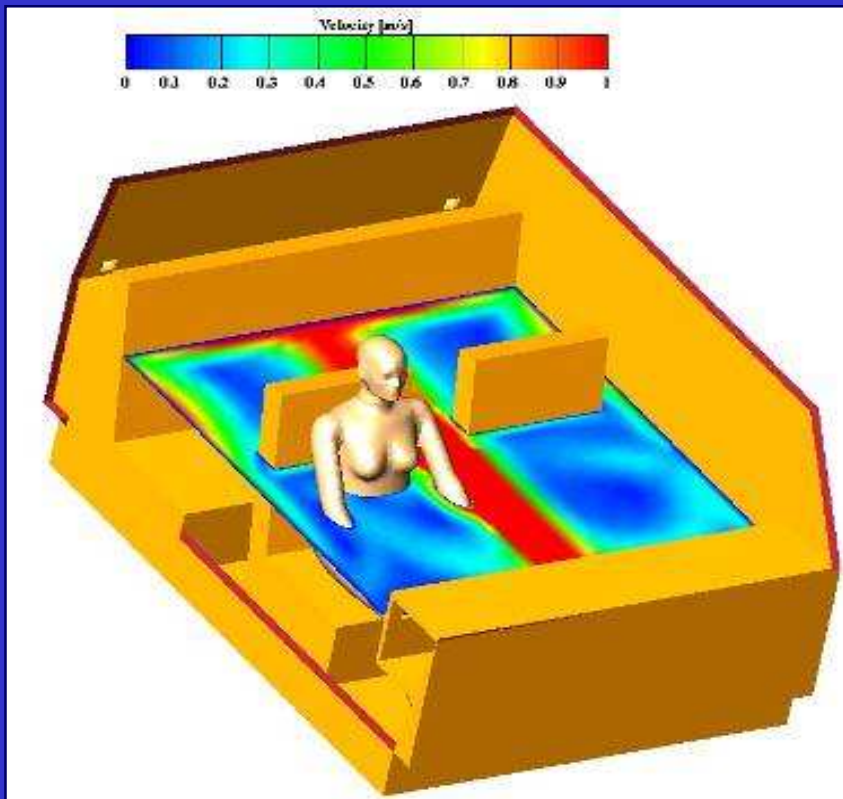


Predicted mean air velocity



Predicted air-quality perception

Aplicação: Termomanequim Numérico



N. Martinho, J. A. E. Ramos, M. C. G. Silva (2006)

CONCLUSÃO

- Apresenta-se uma metodologia para o cálculo computacional da qualidade do ar interior e do conforto térmico em edifícios;
- Podem ser determinados indicadores a partir da modelação matemática dos fenómenos físicos associados ao escoamento do ar, transferência de calor, concentração e distribuição de contaminantes no ar ambiente interior;
- Com base em simulações numéricas, é possível avaliar diferentes sistemas energéticos dos pontos de vista do conforto térmico, da qualidade do ar interior e do desempenho energético.