

GESTÃO DE ENERGIA (NA INDÚSTRIA E EDÍFÍCIOS)

VENTILAÇÃO E QUALIDADE DO AR

- **Análise:**

Nos locais onde as pessoas estão, a tendência é isolar o melhor possível os espaços tanto a nível térmico como acústico.



Problemas de circulação natural e infiltrações do ar exterior.

Síndrome do Edifício Doente – provoca queixas dos ocupantes a vários níveis:

- irritações várias;
- secura da mucosa e da pele;
- sangramento do nariz;
- fadiga mental e dores de cabeça;
- náuseas e vertigens;
- rouquidão e espirros.

Ventilação
Qualidade Ar
Ar Condicionado
Conforto Térmico

GESTÃO DE ENERGIA (NA INDÚSTRIA E EDÍFÍCIOS)

- As causas para o edifício doente são por deficiências ao nível da ventilação, ou pela existência de cargas poluentes elevadas ou por ambas.
- Fontes de poluentes a considerar no interior de espaços fechados:
 - Produtos derivados da combustão;
 - Bioefluentes e bioaerossóis (alergénicos e patogénicos);
 - Fumo de tabaco;
 - Micro-organismos;
 - Compostos orgânicos voláteis;
 - Humidade;
 - Campos eléctricos e electro-magnéticos;
 - Gás radioactivo radão.

Ventilação
Qualidade Ar
Ar Condicionado
Conforto Térmico

GESTÃO DE ENERGIA (NA INDÚSTRIA E EDÍFÍCIOS)

Ventilação
Qualidade Ar
Ar Condicionado
Conforto Térmico

GESTÃO DE ENERGIA (NA INDÚSTRIA E EDÍFÍCIOS)

- **Proposta de Fanger et al. (1988)**

Classificação dos edifícios em três classes (A, B e C), e definindo a unidade de quantificação de carga poluente “**olf**” e para avaliação da qualidade do ar o “**decipol**”.

O estudo da eficiência dos processos de ventilação pode basear-se em um de três métodos:

- modelação física (medição exaustiva das grandezas).
- modelação numérica (resolução numérica de equações adequadas)
- métodos descritivos (taxa de renovação, idade do ar, etc.).

técnicas usadas: medição de concentração de gases traçadores e avaliações subjectivas de painéis de pessoas.

Métodos: decaimento da concentração
 emissão constante
 concentração constante

Ventilação
Qualidade Ar
Ar Condicionado
Conforto Térmico

GESTÃO DE ENERGIA (NA INDÚSTRIA E EDÍFÍCIOS)

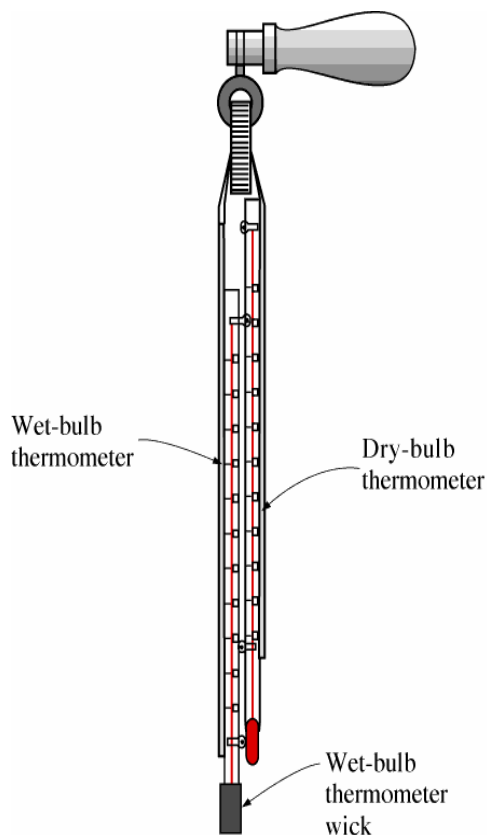
Ventilação
Qualidade Ar
Ar Condicionado
Conforto Térmico

GESTÃO DE ENERGIA (NA INDÚSTRIA E EDÍFÍCIOS)

Ventilação
Qualidade Ar
Ar Condicionado
Conforto Térmico

GESTÃO DE ENERGIA (NA INDÚSTRIA E EDÍFÍCIOS)

Ventilação
Qualidade Ar
Ar Condicionado
Conforto Térmico



AIR
25°C, 100 kPa

$$(P_{\text{sat, H}_2\text{O @ 25}^\circ\text{C}} = 3.169 \text{ kPa})$$

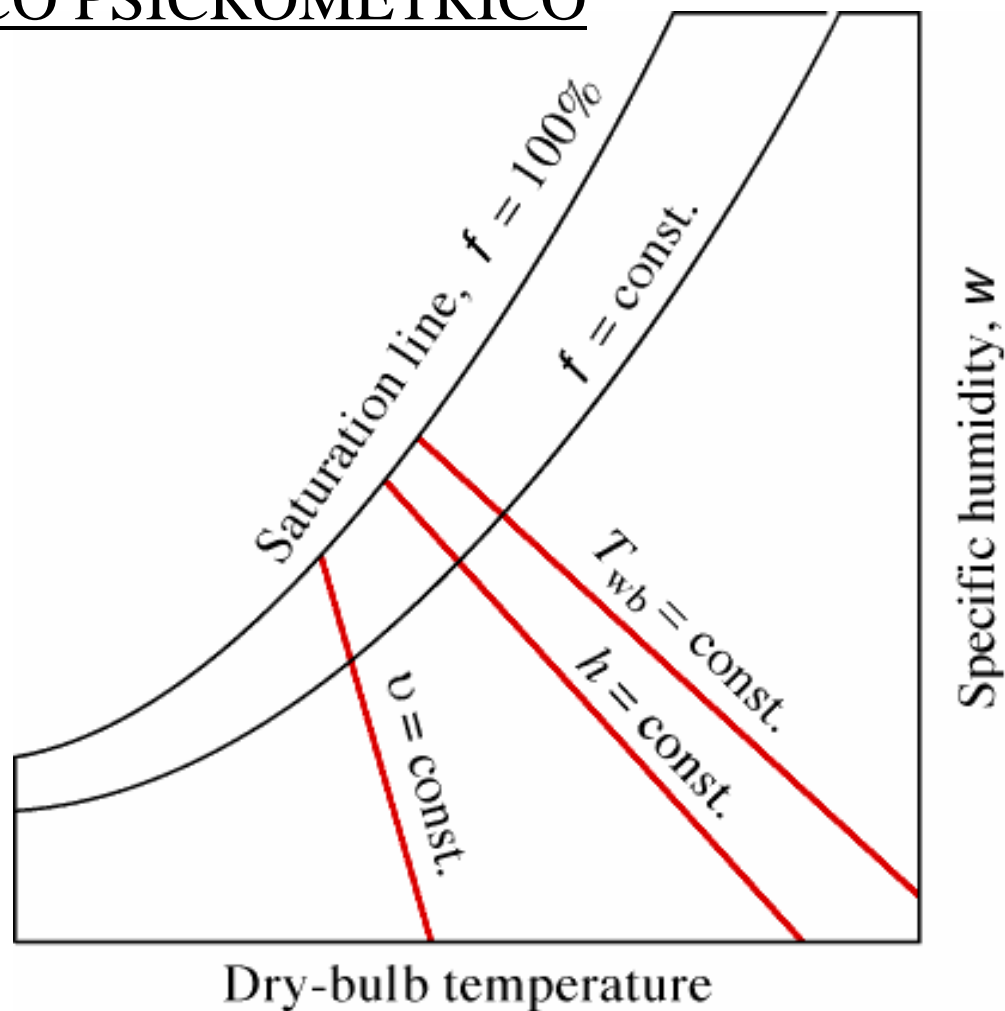
$P_v = 0 \rightarrow$ dry air

$P_v < 3.169 \text{ kPa} \rightarrow$ unsaturated air

$P_v = 3.169 \text{ kPa} \rightarrow$ saturated air

GESTÃO DE ENERGIA (NA INDÚSTRIA E EDÍFÍCIOS)

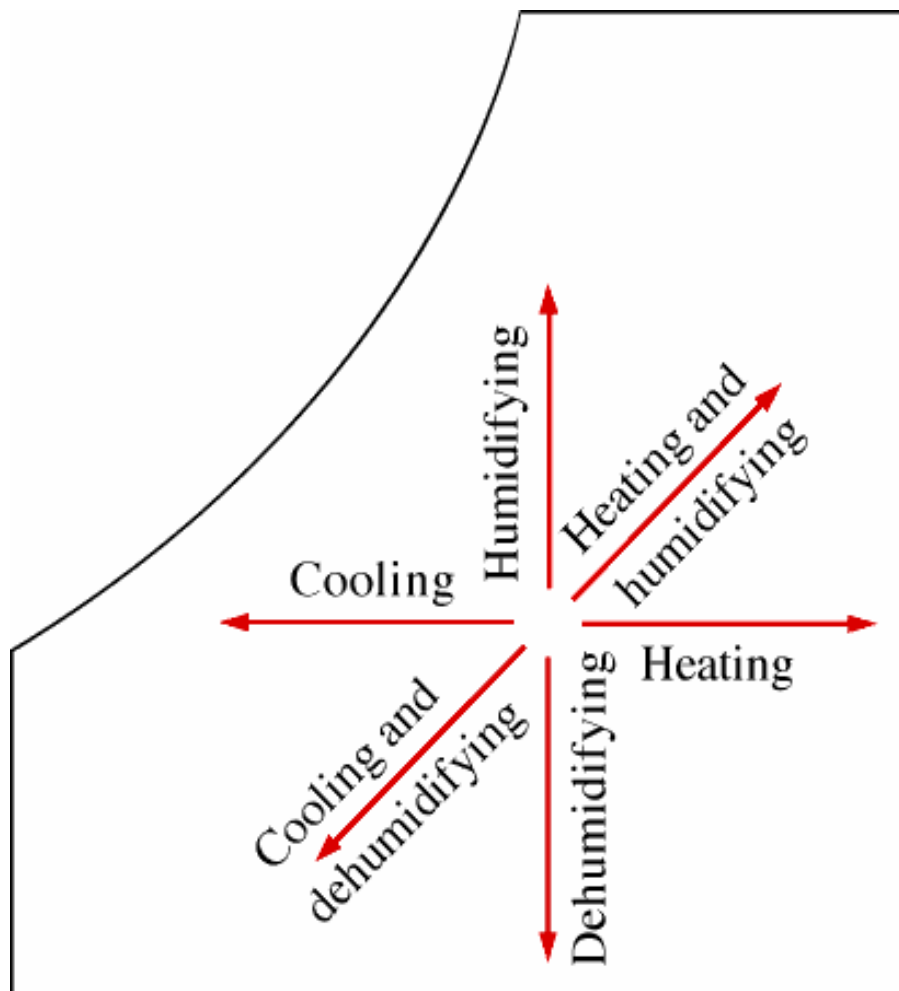
GRÁFICO PSICROMÉTRICO



Ventilação
Qualidade Ar
Ar Condicionado
Conforto Térmico

GESTÃO DE ENERGIA (NA INDÚSTRIA E EDÍFÍCIOS)

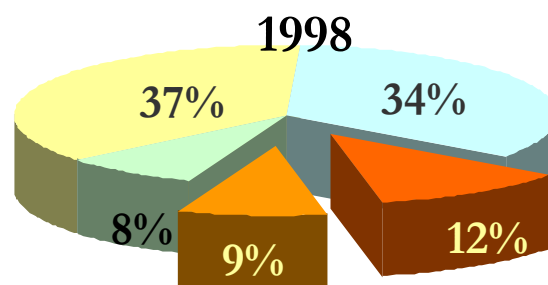
Ventilação
Qualidade Ar
Ar Condicionado
Conforto Térmico



GESTÃO DE ENERGIA (NA INDÚSTRIA E EDÍFÍCIOS)

NECESSIDADES ENERGÉTICAS

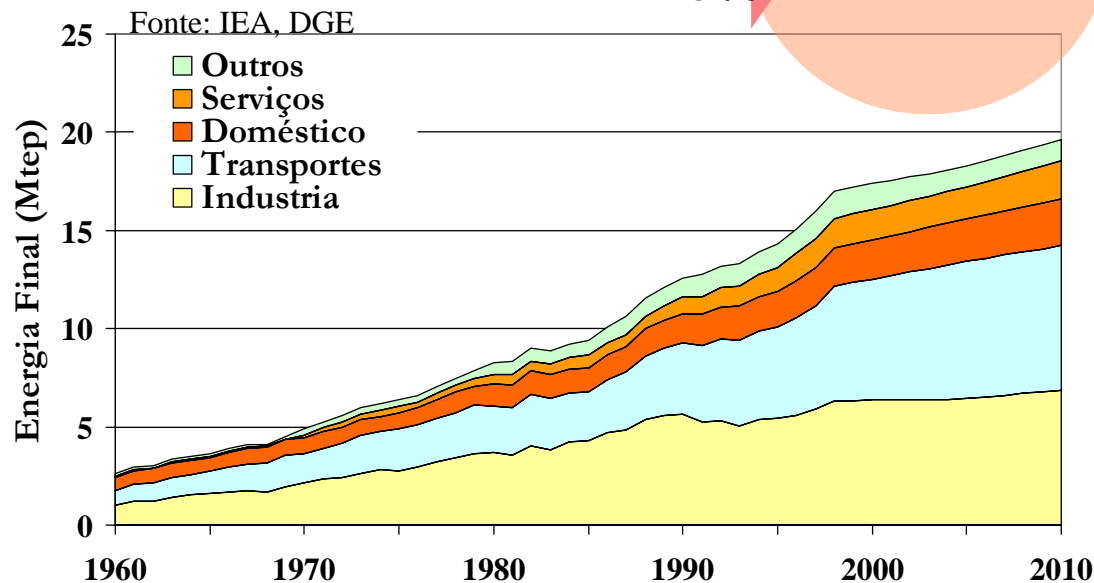
Estimativas da energia necessária para condicionamento ambiente



25%

Aquecimento e Arrefecimento

900 Ktep



Ventilação
Qualidade Ar
Ar Condicionado
Conforto Térmico

GESTÃO DE ENERGIA (NA INDÚSTRIA E EDÍFÍCIOS)

Existem várias normas e regulamentos que especificam as condições necessárias de conforto:

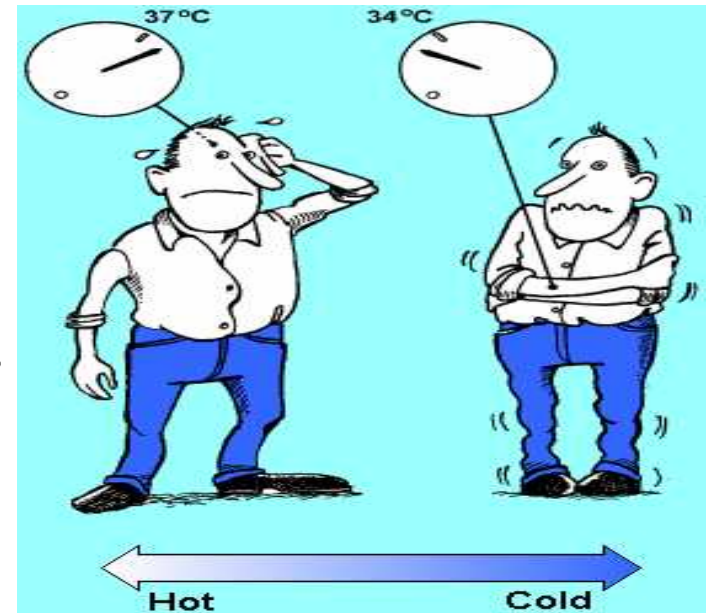
- ISO-7730, estabelece um critério objectivo de avaliação de conforto térmico;
- ISO-7243, define níveis de desconforto do ambiente;
- ISO-7726, define as grandezas e os instrumentos a utilizar nas medições;
- ASHRAE, estabelece zonas de conforto;
- RCCTE, Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios;
- RCESE, Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios

Ventilação
Qualidade Ar
Ar Condicionado
Conforto Térmico

GESTÃO DE ENERGIA (NA INDÚSTRIA E EDÍFÍCIOS)

Desconforto Térmico

Desconforto provocado pelo calor ou pelo frio em excesso, sentido pelo corpo humano.



Quando há **CONFORTO TÉRMICO**, é porque está estabelecido um equilíbrio entre o calor produzido e o calor perdido pelo corpo. Nesta situação, a maioria dos indivíduos encontra-se numa situação de **Neutralidade Térmica**, isto é, sentem-se termicamente confortáveis.

Ventilação
Qualidade Ar
Ar Condicionado
Conforto Térmico

GESTÃO DE ENERGIA (NA INDÚSTRIA E EDÍFÍCIOS)

FACTORES QUE AFECTA O CONFORTO TÉRMICO

- ▶ Temperatura
- ▶ Humidade
- ▶ Radiação
- ▶ Velocidade do ar
- ▶ Vestuário
- ▶ Actividade

Depende também:

- ▶ Alimentos e Bebidas
- ▶ “Aclimatização”
- ▶ Forma do Corpo
- ▶ Gordura subcutânea
- ▶ Idade e Sexo

Ventilação
Qualidade Ar
Ar Condicionado
Conforto Térmico

GESTÃO DE ENERGIA (NA INDÚSTRIA E EDÍFÍCIOS)

Termo-regulação térmica



Ventilação
Qualidade Ar
Ar Condicionado
Conforto Térmico

GESTÃO DE ENERGIA (NA INDÚSTRIA E EDÍFÍCIOS)

ACTIVIDADE / METABOLISMO

Actividade	Metabolismo	
	(W/m ²)	met
Deitado	46	0,8
Sentado a descansar	58	1,0
Actividade Sedentária	70	1,2
De pé, actividade leve	93	1,6
De pé, actividade média	116	2,0
Grande actividade	200	3,4

Ventilação
Qualidade Ar
Ar Condicionado
Conforto Térmico

GESTÃO DE ENERGIA (NA INDÚSTRIA E EDÍFÍCIOS)

EVAPORAÇÃO E RESPIRAÇÃO

- ▶ Difusão de vapor de água

$$E_{\text{dif}} = 3,05 \times 10^{-3} (256 T_{\text{pele}} - 3373 - p_{\text{água}})$$

$$11,2 \text{ W/m}^2 (T_{\text{pele}}=33^{\circ}\text{C}, \text{HR}=50\% \text{ e } T_{\text{db}}=23^{\circ}\text{C})$$

- ▶ Evaporação do suor da pele

Máximo de 400 W/m²

1 litro/hora (até 3,5 litros)

- ▶ Respiração

$$Res = 1,72 \times 10^{-5} M (5867 - p_{\text{água}})$$

$$< 5 \text{ W/m}^2 (\text{Actividades normais}, T_{\text{db}} = 20^{\circ}\text{C})$$

Ventilação
Qualidade Ar
Ar Condicionado
Conforto Térmico

CONDUÇÃO/RADIAÇÃO/CONVECÇÃO

- ▶ Condução através da roupa

$$K_{\text{roupa}} = (T_{\text{pele}} - T_{\text{roupa}}) / (0,155 \cdot R_{\text{roupa}})$$

- ▶ Troca de calor por radiação

$$\text{Rad} = 3,9 \cdot f_{\text{roupa}} \cdot (T_{\text{roupa}} - T_{\text{rad}})$$

- ▶ Convecção

$$C = f_{\text{roupa}} \cdot h_c \cdot (T_{\text{roupa}} - T_{\text{amb}})$$

$$\text{Convecção Natural} - h_c = 2,38 (T_{\text{roupa}} - T_{\text{amb}})^{0,25}$$

$$\text{Convecção Forçada} - h_c = 12,1 (\text{var})^{0,5}$$

Ventilação
Qualidade Ar
Ar Condicionado
Conforto Térmico

GESTÃO DE ENERGIA (NA INDÚSTRIA E EDÍFÍCIOS)

DETERMINAÇÃO DOS ÍNDICES PARA O VESTUÁRIO

Clo é a unidade de resistência térmica do vestuário,
 $1\text{ clo} = 0.155\text{ m}^2\text{K/W}$

Vestuário	Resistência térmica
Nu	0 (clo)
Calções	0.1 (clo)
Tropical	0.3 (clo)
Leve de Verão	0.5 (clo)
Trabalho	0.6-1.2 (clo)
Inverno, interior	1.0 (clo)
Fato completo	1.3-1.7 (clo)

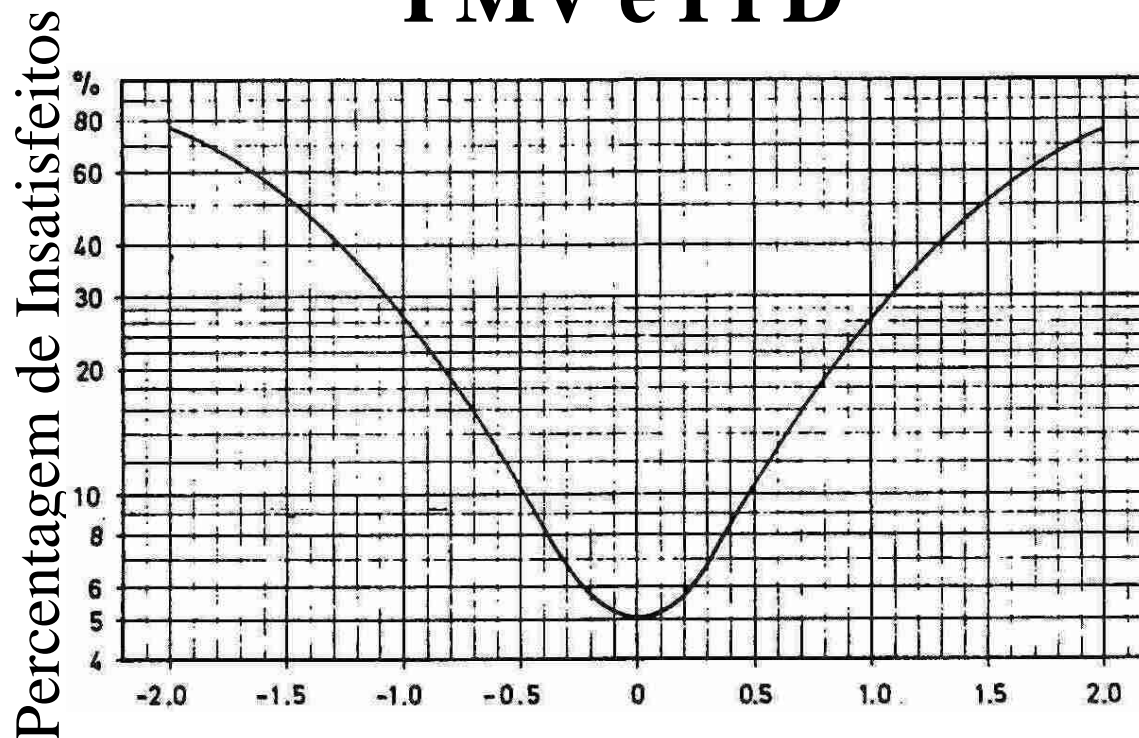
	0.28
	0.25
	0.04
	0.25
	0.05
	0.04
	<u>0.91</u>



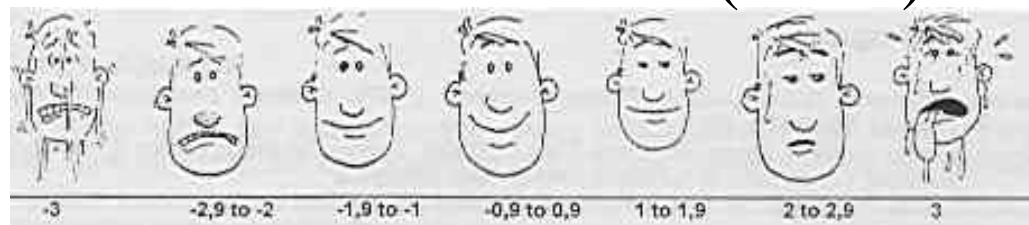
Ventilação
 Qualidade Ar
 Ar Condicionado
 Conforto Térmico

GESTÃO DE ENERGIA (NA INDÚSTRIA E EDÍFÍCIOS)

PMV e PPD



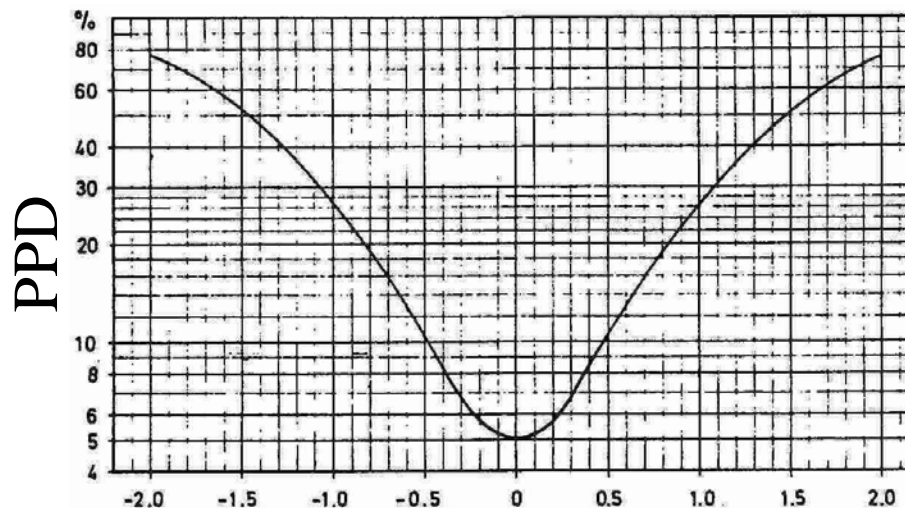
Predicted Mean Vote (PMV)



Ventilação
Qualidade Ar
Ar Condicionado
Conforto Térmico

GESTÃO DE ENERGIA (NA INDÚSTRIA E EDÍFÍCIOS)

ISO 7730



Temperaturas Operativas
(Actividade Sedentária -1,2 met)

Inverno (1 clo) 20 - 24 °C

Verão (0,5 clo) 23 - 26 °C

Ventilação
Qualidade Ar
Ar Condicionado
Conforto Térmico

GESTÃO DE ENERGIA (NA INDÚSTRIA E EDÍFÍCIOS)

ISO 7730

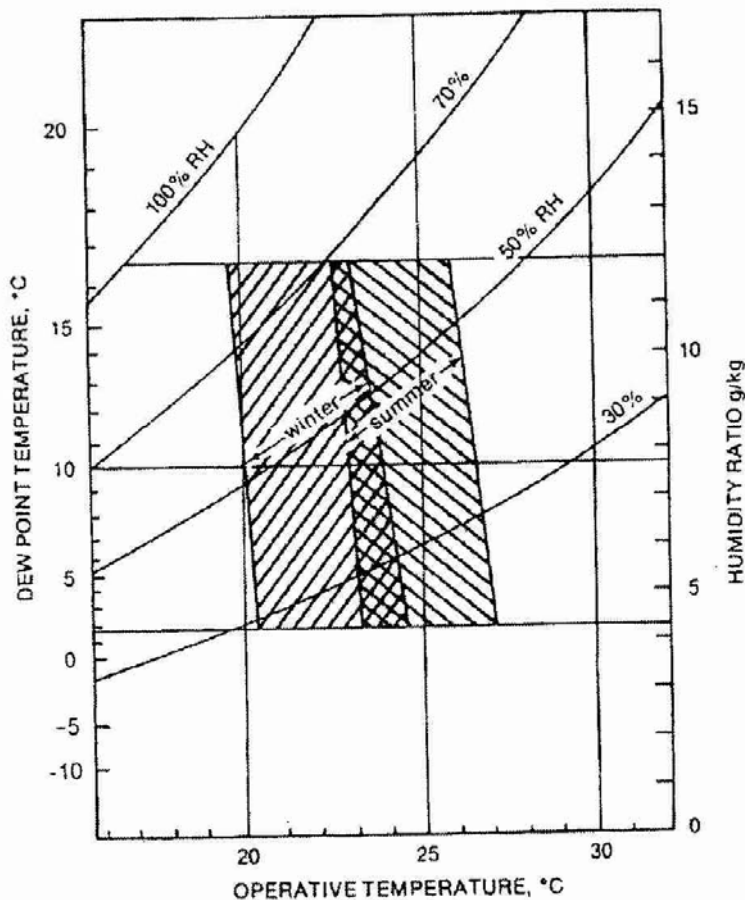
Desconforto Local

- ▶ Temperatura de Radiação Assimétrica Vertical inferior a 10°C
- ▶ Temperatura de Radiação Assimétrica Horizontal inferior a 5°C
- ▶ Velocidade média (intervalo de 3 minutos) inferior a:
Inverno - 0,15m/s
Verão - 0,25 m/s
- ▶ Gradiente Vertical de Temperatura inferior a 3°C
- ▶ Temperatura do Pavimento entre 19 e 26°C

Ventilação
Qualidade Ar
Ar Condicionado
Conforto Térmico

GESTÃO DE ENERGIA (NA INDÚSTRIA E EDÍFÍCIOS)

ASHRAE



Actividade < 1,2 met