

Conforto Térmico

CONFORTO

quanto maior for o esforço fisiológico
maior será a sensação de desconforto



CONFORTO TÉRMICO

- Variáveis envolvidas na transferência de calor
- Variáveis do clima exterior
- Variáveis do conforto humano

Mecanismos de troca de calor

- Trocas térmicas sensíveis: envolvem diferença de temperatura
 - Convecção
 - Radiação
 - Condução
- Trocas térmicas latentes: envolvem mudança de estado
 - Evaporação
 - Condensação

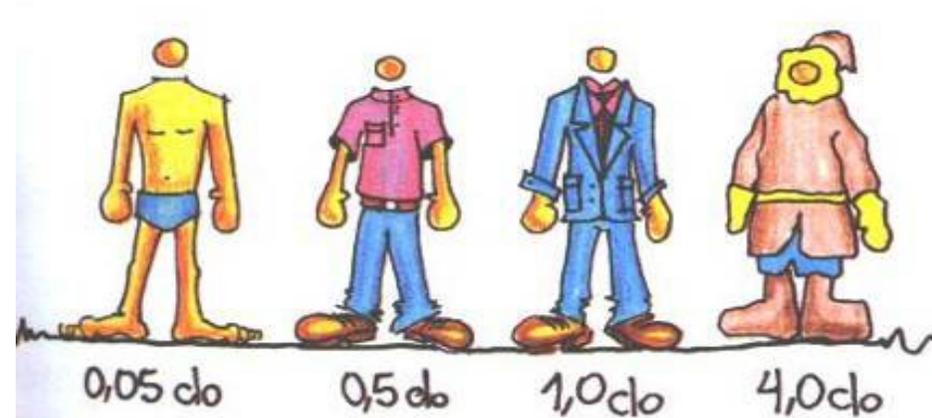
Variáveis do conforto

1. Metabolismo (MET)

2. Vestimenta (CLO)

3. Parâmetros que descrevem termicamente o ambiente

- Temperatura do ar
- Temperatura radiante média
- Velocidade do ar
- Umidade do ar



Fonte: LAMBERTS. Roberto, *et al.* *Eficiência Energética na Arquitetura*. São Paulo

BALANÇO TÉRMICO

$$M = C + R + E$$

M – metabolismo

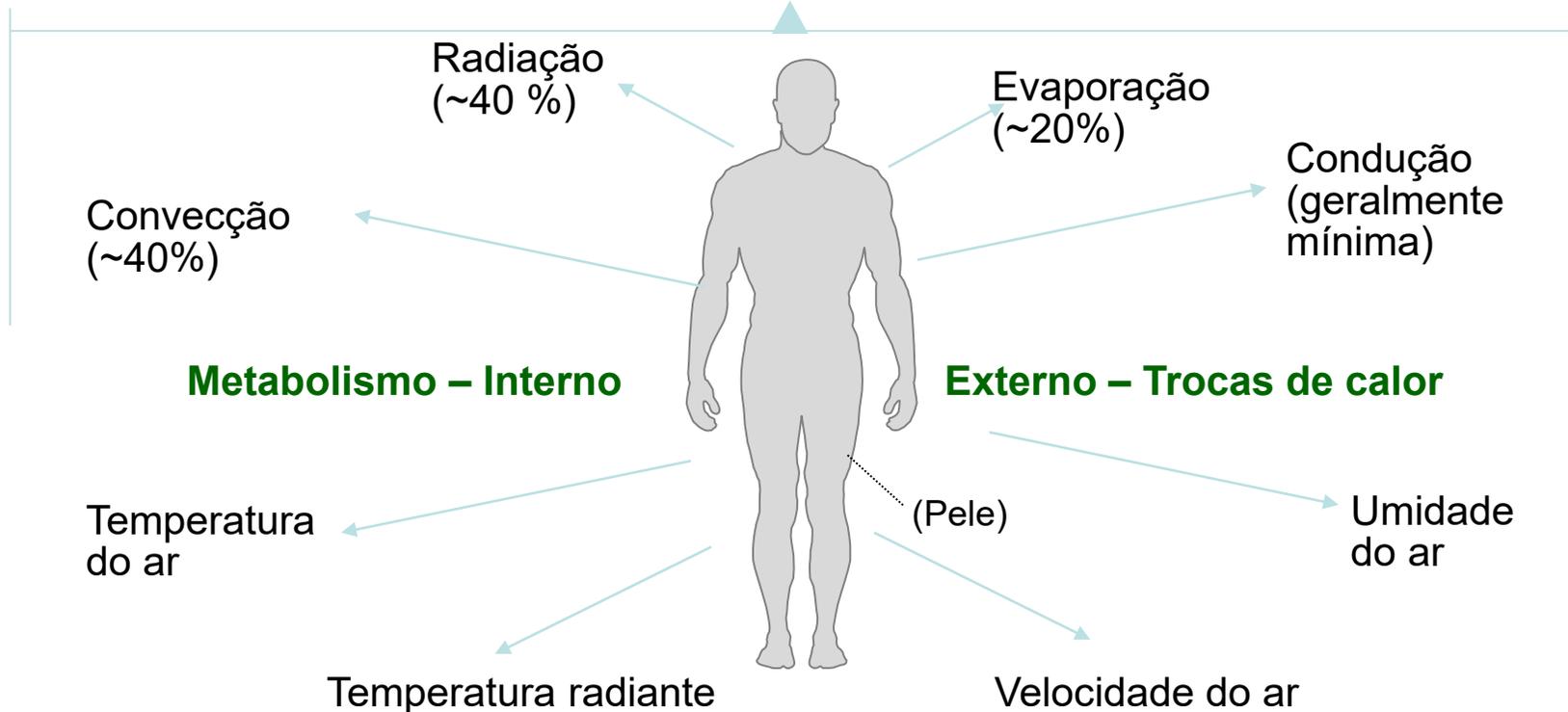
C – trocas por convecção

R – trocas por radiação

E – trocas por evaporação

Adaptação do corpo humano ao meio

Perdas de Calor pelo Corpo Humano





ADAPTAÇÃO FISIOLÓGICA - “ACLIMATAÇÃO”

Respostas biológicas resultantes da exposição às condições térmicas



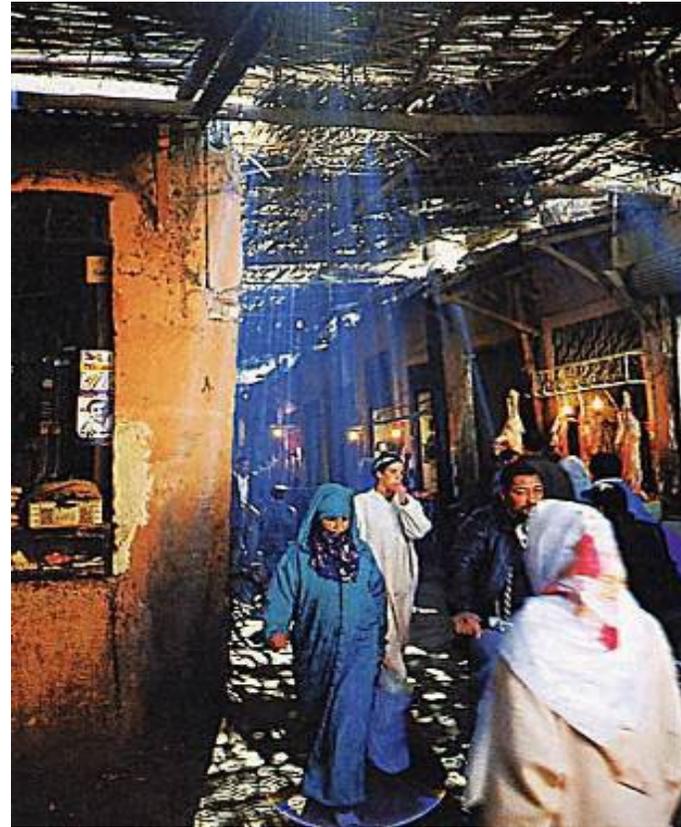
ADAPTAÇÃO PSICOLÓGICA

Experiências passadas e expectativas



ADAPTAÇÃO SÓCIO-CULTURAL

Aceitação do ambiente por questões sociais e hábitos culturais



ADAPTAÇÃO COMPORTAMENTAL

Ação consciente ou inconsciente para alterar o equilíbrio térmico
Mudar vestuário ou postura, abrir janela, acionar ventilador, etc.

Índices de conforto

Índices de Conforto: tendam englobar em um único fator todas as variáveis.

Primeiros estudos: ASHVE (1916) - rendimento do operário na indústria

Índice de conforto de Fanger: ISO 7730 (2005); ASHRAE 55 (2004)

Modelos adaptativos: ASHRAE 55 (2004, 2010, 2013, 2017); BS EN 1525 (2007)

ASHRAE 55 – histórico

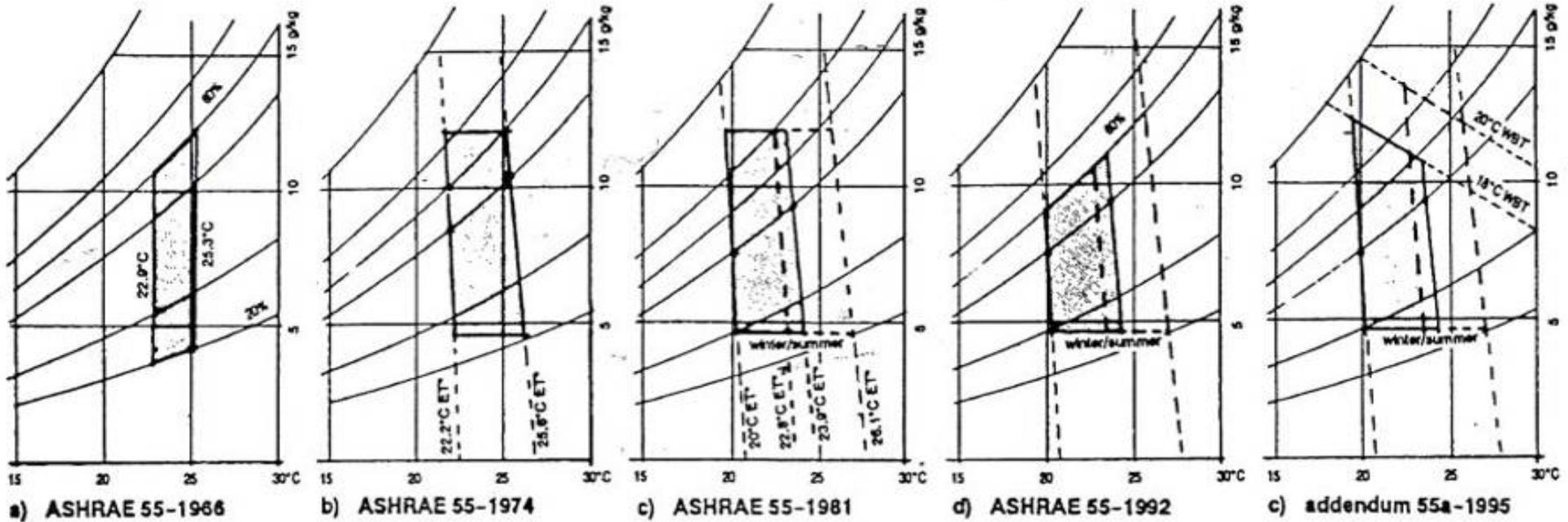
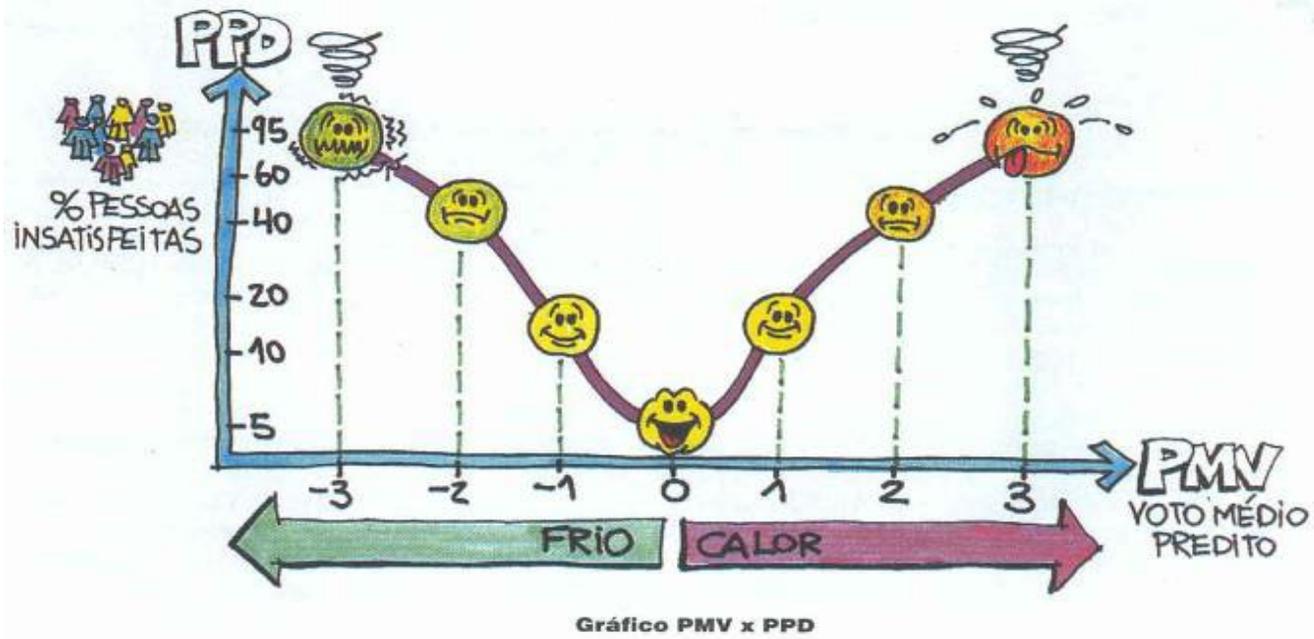
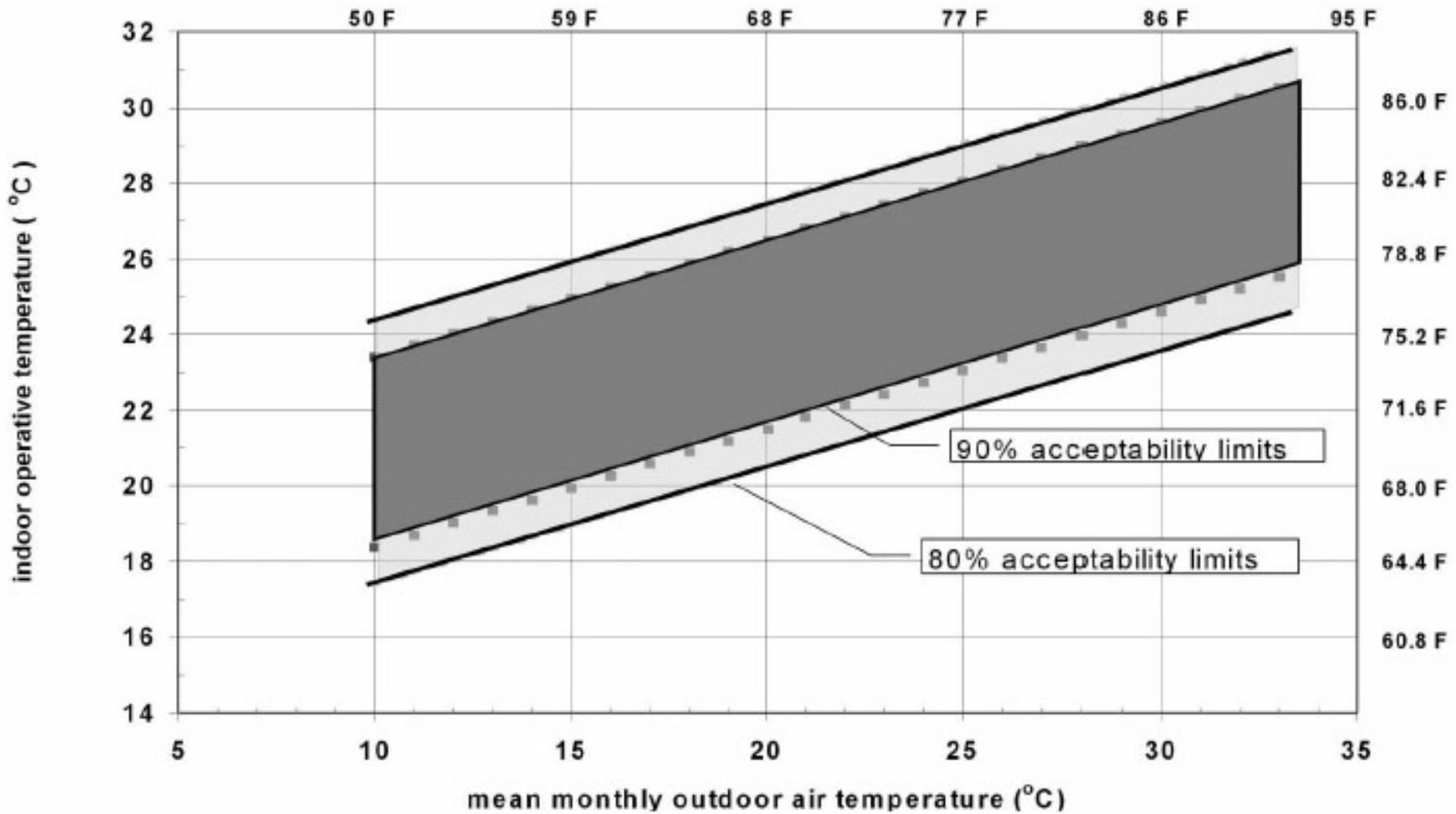


Figure 4-2. Historical development of the ASHRAE comfort zone.

PMV / PPD – Fanger (1970)



MODELO ADAPTATIVO ASHRAE 55 (2004, 2010, 2013, 2017)



Clima e condições internas

Dados de clima

Estado	Cidade	Latit.	Longit.	Altit.	Mês	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Minas Gerais	Belo Horizonte	19°56'	43°56'	915 m	março	22,3	27,7	18,4	30,2	16,0	76	165
					junho	18,0	24,3	13,2	27,2	8,8	72	10
					setembro	20,8	27,2	15,7	31,1	12,3	63	38
					dezembro	21,6	26,5	18,1	31,0	15,5	80	354
Rio de Janeiro	Rio de Janeiro	22°54'	43°10'	30 m	março	25,5	29,1	22,7	32,8	20,4	79	133
					junho	21,3	25,2	18,2	28,9	15,3	78	43
					setembro	21,5	25,0	18,7	31,2	15,7	78	54
					dezembro	24,5	27,8	21,6	33,4	18,8	79	127
São Paulo	São Paulo ^a	23°37'	46°39'	802 m	março	21,0	25,7	17,7	29,9	14,0	79	114
					junho	15,6	20,8	11,9	25,2	7,8	80	28
					setembro	19,0	25,1	15,0	31,9	9,4	71	46
					dezembro	20,4	24,6	17,4	30,7	13,8	80	180
Paraná	Curitiba	25°25'	49°16'	947 m	março	19,2	25,1	15,7	29,2	12,1	84	124
					junho	13,2	19,4	8,9	24,2	2,3	83	88
					setembro	14,8	21,1	10,5	26,4	5,0	81	130
					dezembro	18,9	25,3	14,8	29,5	6,6	81	147
Rio Grande do Sul	Porto Alegre	30°02'	51°13'	10 m	março	23,3	29,0	19,1	33,5	14,4	75	88
					junho	15,0	20,0	11,0	25,6	4,6	83	140
					setembro	16,8	21,7	12,8	28,9	7,6	77	124
					dezembro	23,4	29,4	18,4	33,9	14,3	69	88

- (1) Média aritmética mensal da temperatura em °C.
- (2) Média mensal das temperaturas máximas diárias em °C.
- (3) Média mensal das temperaturas mínimas diárias em °C.
- (4) Temperatura máxima observada no mês (média) em °C.
- (5) Temperatura mínima observada no mês (média) em °C.
- (6) Média aritmética mensal da umidade relativa em %.
- (7) Total mensal da chuva caída (precipitação) em mm.

Fontes:
INMET (1984, 1992) e outras.

Determinar temperatura externa média (te_{med}) e alongação (E)

Estado	Cidade	Latit.	Longit.	Altít.	Mês	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
São Paulo					março	21,0	25,7	17,7	29,9	14,0	79	114
	São Paulo ^a	23°37'	46°39'	802 m	junho	15,6	20,8	11,9	25,2	7,8	80	28
					setembro	19,0	25,1	15,0	31,9	9,4	71	46
					dezembro	20,4	24,6	17,4	30,7	13,8	80	180

- (1) Média aritmética mensal da temperatura em °C.
- (2) Média mensal das temperaturas máximas diárias em °C.
- (3) Média mensal das temperaturas mínimas diárias em °C.
- (4) Temperatura máxima observada no mês (média) em °C.
- (5) Temperatura mínima observada no mês (média) em °C.
- (6) Média aritmética mensal da umidade relativa em %.
- (7) Total mensal da chuva caída (precipitação) em mm.

$$Te_{max} = (col2 + col4) / 2 = (24,6 + 30,7) / 2 = 27,7 \text{ °C}$$

$$Te_{min} = (col3 + col5) / 2 = (17,4 + 13,8) / 2 = 15,6 \text{ °C}$$

$$te_{med} = (Te_{max} + Te_{min}) / 2 = (27,7 + 15,6) / 2 = 21,7 \text{ °C}$$

$$E = (Te_{max} - Te_{min}) / 2 = (27,7 - 15,6) / 2 = 6,1 \text{ °C}$$

$$te_{med} = 21,7 \text{ °C}$$

$$E = 6,1 \text{ °C}$$

Dados de clima

Determinar temperatura externa média (te_{med}) e alongação (E)

T_s — máxima observada no mês mais quente (média máx absolutas) — coluna 4;

T_d — média das máximas diárias do mês mais quente — coluna 2;

t_s — mínima observada no mês mais quente (média mín absolutas) — coluna 5;

t_d — média das mínimas diárias do mês mais quente — coluna 3.

$$Te_{max} = (T_d + T_s) / 2 \quad e \quad Te_{min} = (t_d + t_s) / 2 \quad \Rightarrow \quad te_{med} = (Te_{max} + Te_{min}) / 2$$

$$\text{Amplitude: } A = Te_{max} - Te_{min} \quad \Rightarrow \quad E = A / 2 \quad (\text{Alongação})$$

Determinação das condições ambientais internas

Cálculo da temperatura interna máxima (°C)

Considerando que $t_{i_{\max}} = t_{e_{\max}}$

$$t_{i_{\max}} = t_{e_{\text{med}}} + E$$

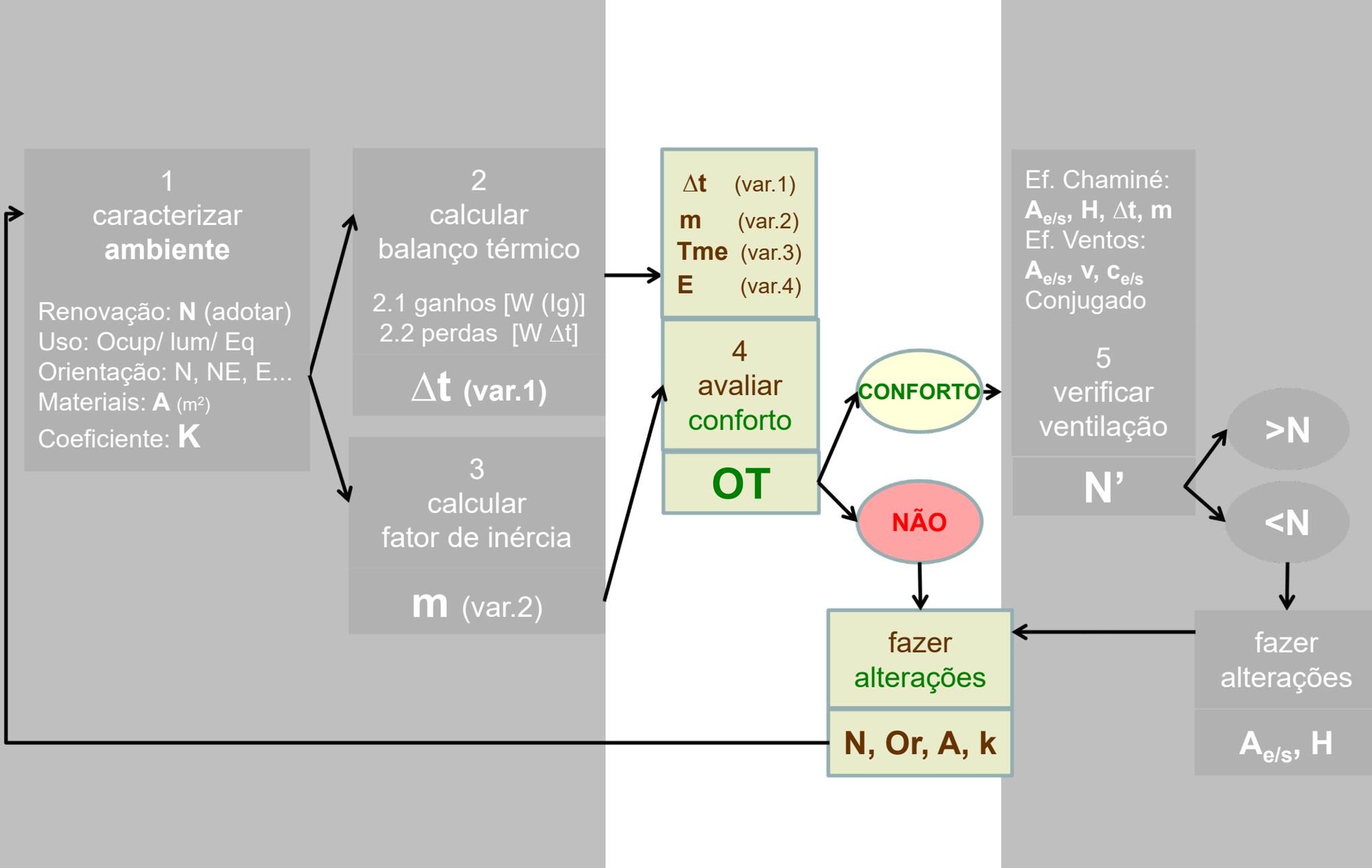
Considerando o balanço térmico

$$t_{i_{\max}} = t_{e_{\text{med}}} + E + \Delta t$$

Considerando a inércia térmica

$$t_{i_{\max}} = t_{e_{\text{med}}} + (E + \Delta t) \cdot (1-m)$$

Exercício – Conforto Térmico



Determinação das condições ambientais internas

1) Cálculo da temperatura externa média

$$te_{med} = (Te_{max} + Te_{min}) / 2$$

$$te_{med} = (31,3 + 17,2) / 2 = 24,3 \text{ °C}$$

2) Cálculo da elongação

$$E = (Te_{max} - Te_{min}) / 2$$

$$E = (27,8 + 34,8) / 2 = 7,1 \text{ °C}$$

3) Cálculo da temperatura interna máxima

$$ti_{max} = te_{med} + (1-m).E + (1-m).\Delta t \text{ (°C)}$$

$$ti_{max} = 24,3 + (0,4).7,1 + (0,4).14,2 = 32,8 \text{ °C}$$

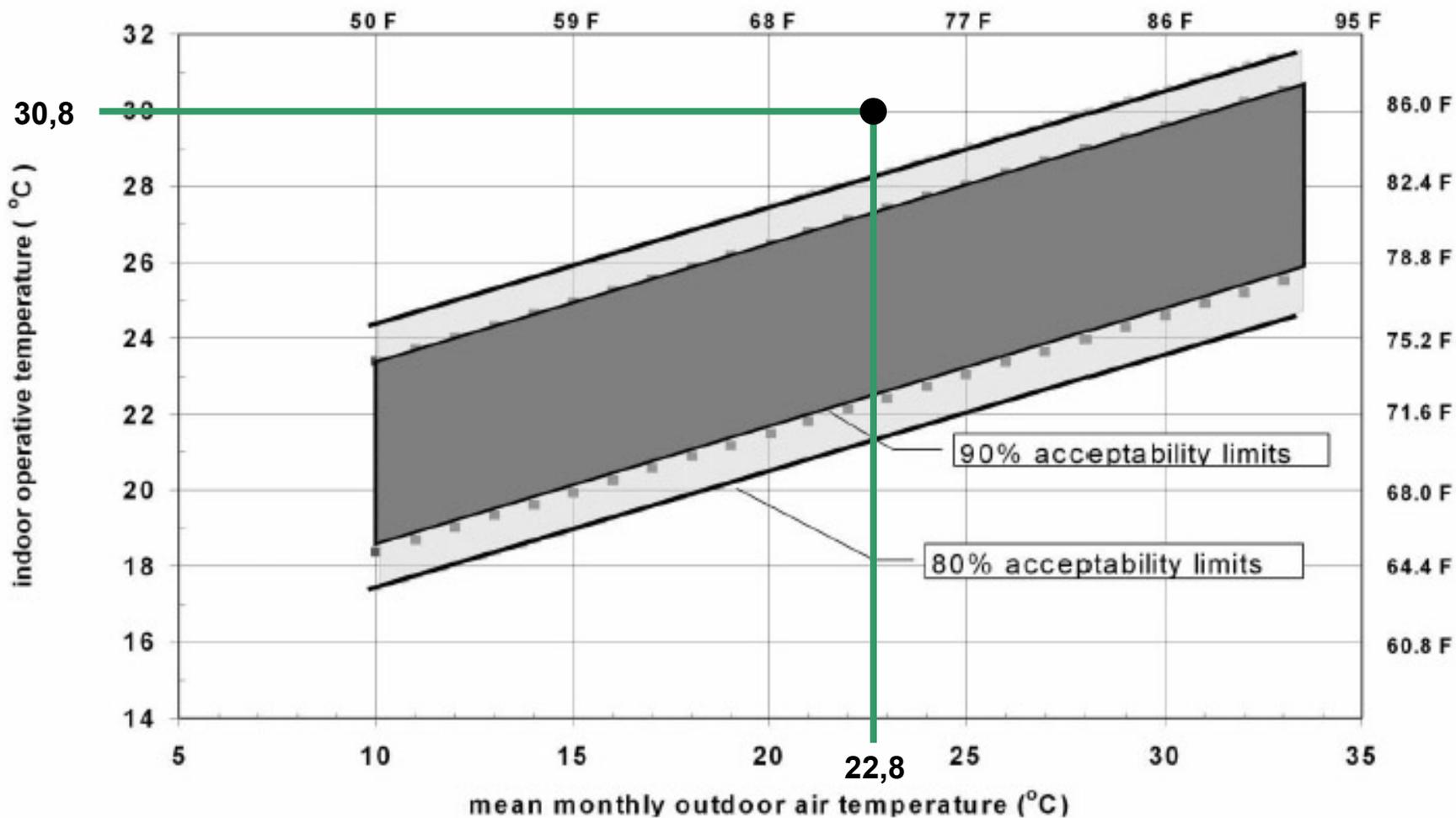
4) Consideração da temperatura externa média

$$te_{med} = 24,3 \text{ °C}$$

5) Verificação: está dentro da zona de conforto térmico?

6) Qual a percentagem de satisfeitos?

MODELO ADAPTATIVO ASHRAE 55 (2004, 2010, 2013)



Determinação das condições ambientais internas

1) Cálculo da temperatura externa média

$$te_{med} = (Te_{max} + Te_{min}) / 2$$

$$te_{med} = (31,3 + 17,2) / 2 = 24,3 \text{ °C}$$

2) Cálculo da elongação

$$E = (Te_{max} - Te_{min}) / 2$$

$$E = (27,8 + 34,8) / 2 = 7,1 \text{ °C}$$

3) Cálculo da temperatura interna máxima

$$ti_{max} = te_{med} + (1-m).E + (1-m).\Delta t \text{ (°C)}$$

$$ti_{max} = 24,3 + (0,4).7,1 + (0,4).14,2 = 32,8 \text{ °C}$$

4) Consideração da temperatura externa média

$$te_{med} = 24,3 \text{ °C}$$

5) Verificação: está dentro da zona de conforto térmico?

Não

6) Qual a percentagem de satisfeitos?

< 80%

