



Universidade Federal do Paraná
Setor de Tecnologia
Departamento de Engenharia Mecânica

CLIMATIZAÇÃO

TM-182 REFRIGERAÇÃO E CLIMATIZAÇÃO

Prof. Dr. Rudmar Serafim Matos

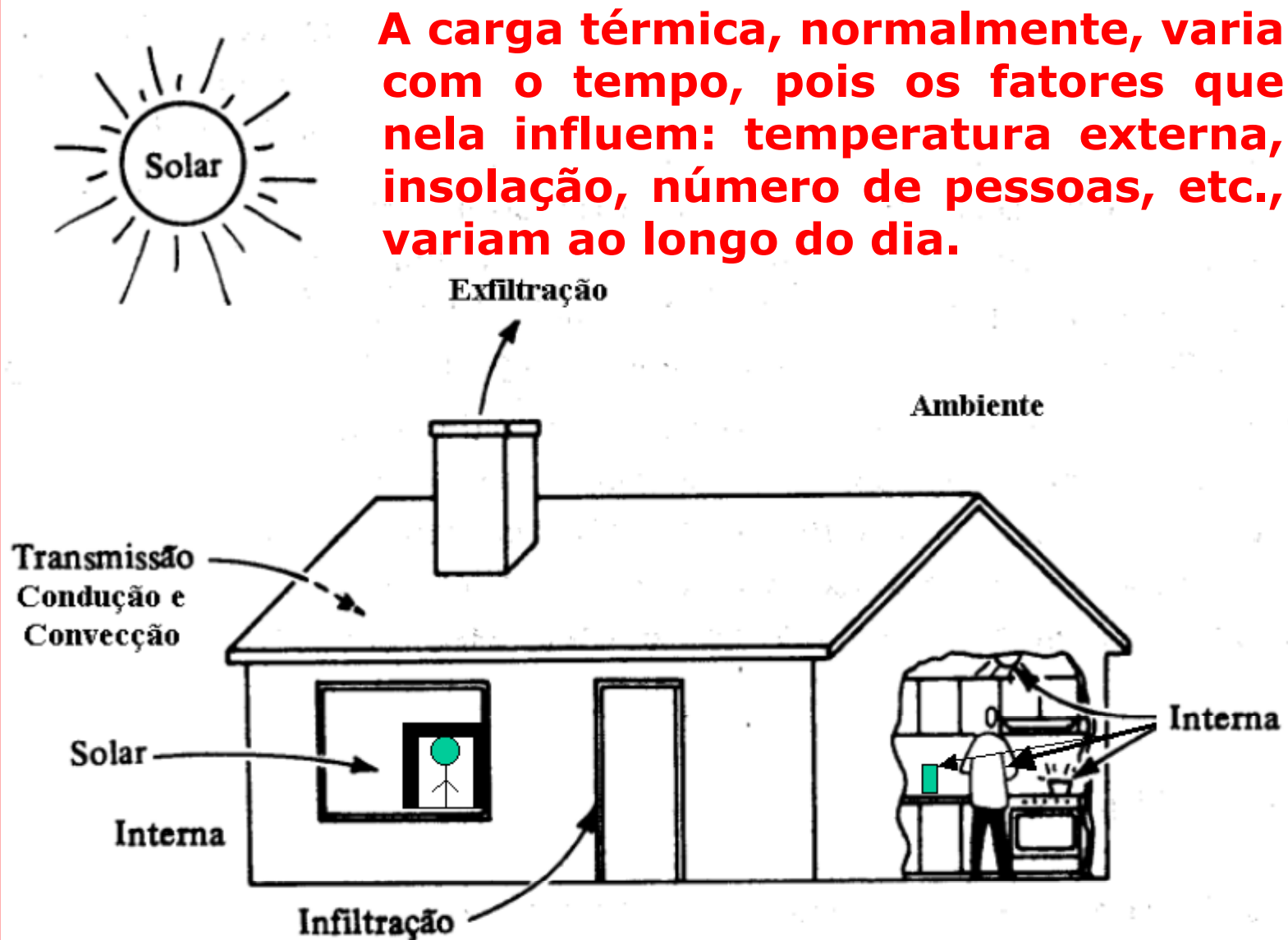
14. CARGA TÉRMICA EM CLIMATIZAÇÃO

A **carga térmica** é a quantidade de calor sensível e latente, que deve ser retirada (resfriamento) ou colocada (aquecimento) no recinto a fim de proporcionar as condições de conforto desejada ou manter as condições ambientes adequadas para a conservação de um produto ou para realização de um processo de fabricação.

O conhecimento da **carga térmica** é básico para:

- ✓ dimensionar a instalação;
- ✓ selecionar equipamentos;
- ✓ avaliar o funcionamento de equipamentos existentes ou a serem adquiridos;
- ✓ avaliar as alterações necessárias ao sistema que beneficia ambientes, cuja finalidade venha ser alterada.

14. CARGA TÉRMICA EM CLIMATIZAÇÃO



14. CARGA TÉRMICA EM CLIMATIZAÇÃO

- **Para calcular a carga térmica é necessário:**
 - ✓ Obter as características físicas do prédio, dimensões, materiais, etc;
 - ✓ Determinar a localização do prédio, orientação e sombreamento;
 - ✓ Obter informações sobre o clima no local, e especificar os dados de projeto de acordo com normas;
 - ✓ Obter informação sobre iluminação, ocupantes, tipo de ocupação, equipamentos, etc, tudo que possa contribuir para a carga térmica interna;
 - ✓ Especificar o dia típico de cada mês para gerar os valores de pico da carga térmica;
 - ✓ E vários outros...

14. CARGA TÉRMICA EM CLIMATIZAÇÃO



ABNT-Associação
Brasileira de
Normas Técnicas

Sede:
Rio de Janeiro
Av. Treze de Maio, 13 - 28º andar
CEP 20003-900 - Caixa Postal 1680
Rio de Janeiro - RJ
Tel.: PABX (021) 210-3122
Telex: (021) 34333 ABNT - BR
Endereço Telegráfico:
NORMATECNICA

NBR 6401

Copyright © 1980,
ABNT - Associação Brasileira
de Normas Técnicas
Printed in Brazil
Impresso no Brasil
Todos os direitos reservados

DEZ 1980

NBR 6401

Instalações centrais de ar-condicionado para conforto - Parâmetros básicos de projeto

Procedimento

Origem: ABNT - NB-10/1978
CB-04 - Comitê Brasileiro de Máquinas e Equipamentos Mecânicos
CE-04:08.04 - Comissão de Estudo de Ar-Condicionado Comercial e Central
NBR 6401 - Air-conditioning system - Central air units - Basic parameters for
design - Procedure
Descriptors: Air-conditioning. Central air

Palavras-chave: Ar-condicionado. Central. Parâmetro.
Conforto

17 páginas

SUMÁRIO

- 1 Objetivo
- 2 Condições a serem estabelecidas para os recintos
- 3 Elementos para base de cálculo
- 4 Cálculo das cargas térmicas
- 5 Zoneamento dos recintos
- 6 Escolha do tipo de instalação
- 7 Dutos
- 8 Tubulações hidráulicas
- 9 Especificações
- 10 Termo de garantia
- 11 Influências sobre o ambiente externo

2 Condições a serem estabelecidas para os recintos

2.1 O condicionamento de ar, qualquer que seja a finalidade a que se destine, implica preliminarmente a limitação entre os seguintes valores preestabelecidos das grandezas discriminadas, representativos das condições que devem coexistir nos recintos, no período de tempo em que se considera a aplicação do processo:

- a) temperatura do ar no termômetro de bulbo seco;
- b) umidade relativa do ar;

14. CARGA TÉRMICA EM CLIMATIZAÇÃO

NBR 6401

- 1. Objetivo**
- 2. Condições a serem estabelecidas para o recinto**
- 3. Elementos para base de cálculos**
- 4. Cálculo das cargas térmicas**
- 5. Zoneamento dos recintos**
- 6. Escolha do tipo de instalação**
- 7. Dutos**
- 8. Tubulações hidráulicas**
- 9. Especificações**
- 10. Termo de garantia**
- 11. Influências sobre o ambiente externo**

14. CARGA TÉRMICA EM CLIMATIZAÇÃO

NBR 6401

TABELA 1. Condições internas para verão

TABELA 2. Condições internas para inverno

TABELA 3. Recomendações para aplicações de filtros de ar

TABELA 4. Ar exterior para renovação

TABELA 5. Níveis de ruído permissíveis

TABELA 6. Condições externas para verão

TABELA 7. Condições externas para inverno

TABELA 8. Infiltração de ar

TABELA 9. Valores para ocupação dos recintos

TABELA 10. Energia dissipada pelas luminárias

TABELA 11. Calor liberado por fonte diversas

TABELA 12. Calor liberado por pessoas

TABELA 13. Velocidades recomendadas e máximas para dutos de ar e equipamentos de sistema de baixa pressão

TABELA 14. Bitolas de chapas para a fabricação de dutos rígidos e sistemas de baixa pressão

TABELA 15. Parâmetros máximos para seleção da tubulação de água

14. CARGA TÉRMICA EM CLIMATIZAÇÃO

Carga devida à insolação

$$Q_1 = A \times U \Delta T_{\text{ins}}$$

Carga devida à condução

$$Q_2 = A \times U \Delta T$$

Carga devida as pessoas

$$Q_3 = n q$$

Carga devido a iluminação

$$Q_4 = P$$

Carga devida aos motores dentro da corrente de ar

$$Q_5 = \frac{P \times 733}{\eta}$$

14. CARGA TÉRMICA EM CLIMATIZAÇÃO

Carga devida ao ar externo

$$Q_{6s} = \rho_L c_p V_E (t_E - t_S)$$

$$Q_{6L} = \rho_L c_p V_E (w_E - w_S)$$

Carga devido a infiltração

Há dois métodos que permitem a estimativa da carga devido a infiltração: **o método das trocas de ar e o método das frestas.**

Geralmente no condicionamento de ar procura-se manter positiva a pressão dentro do recinto. Para a pressão ser positiva na sala faz-se a vazão de ar externo, V_E igual ou maior que a infiltração.

14. CARGA TÉRMICA EM CLIMATIZAÇÃO

5.3 EXEMPLO ILUSTRATIVO

EXEMPLO 5.3.1: Calcular a carga térmica de resfriamento e aquecimento, para atender uma sala de computadores (fig. 41) que deverá utilizar um sistema de expansão direta com condensação a água.

BASES DE CÁLCULO:

1. Local: Rio de Janeiro

- latitude = -23
- longitude = $43,2$
- verão: $t_{bs} = 35^{\circ}\text{C}$; $\phi = 53 \%$
- inverno: $t_{bs} = 14^{\circ}\text{C}$; $\phi = 80 \%$

2. Regime de Operação: 24 horas/dia.

3. Ocupação: 3 pessoas.

4. Iluminação fluorescente: 3500 W

5. Equipamentos: 2500 W

6. Motor do ventilador do evaporador: 3 CV

14. CARGA TÉRMICA EM CLIMATIZAÇÃO

EXEMPLO 5.3.1:

Detalhes Arquitetônicos:

- orientação do prédio: conforme projeto arquitetônico;
- paredes internas de tijolo furado 15 cm e reboco, sendo pintura de cor média;
- paredes externas de tijolo furado 25 cm e reboco, sendo pintura de cor média;
- teto: considerar o corte do perfil da cobertura, cor média;
- piso: considerar piso com laje de 10 cm e acabamento de taco;
- janelas com vidro: considerar janelas fechadas e protegidas por persianas internas de cor clara;
- portas: considerar todas as portas para ambientes não condicionados e para o exterior normalmente fechadas.
- $U_{\text{paredes internas e portas}} = 2,23 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$
- $U_{\text{paredes externas}} = 1,96 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ $U_{\text{janela}} = 6,2 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$

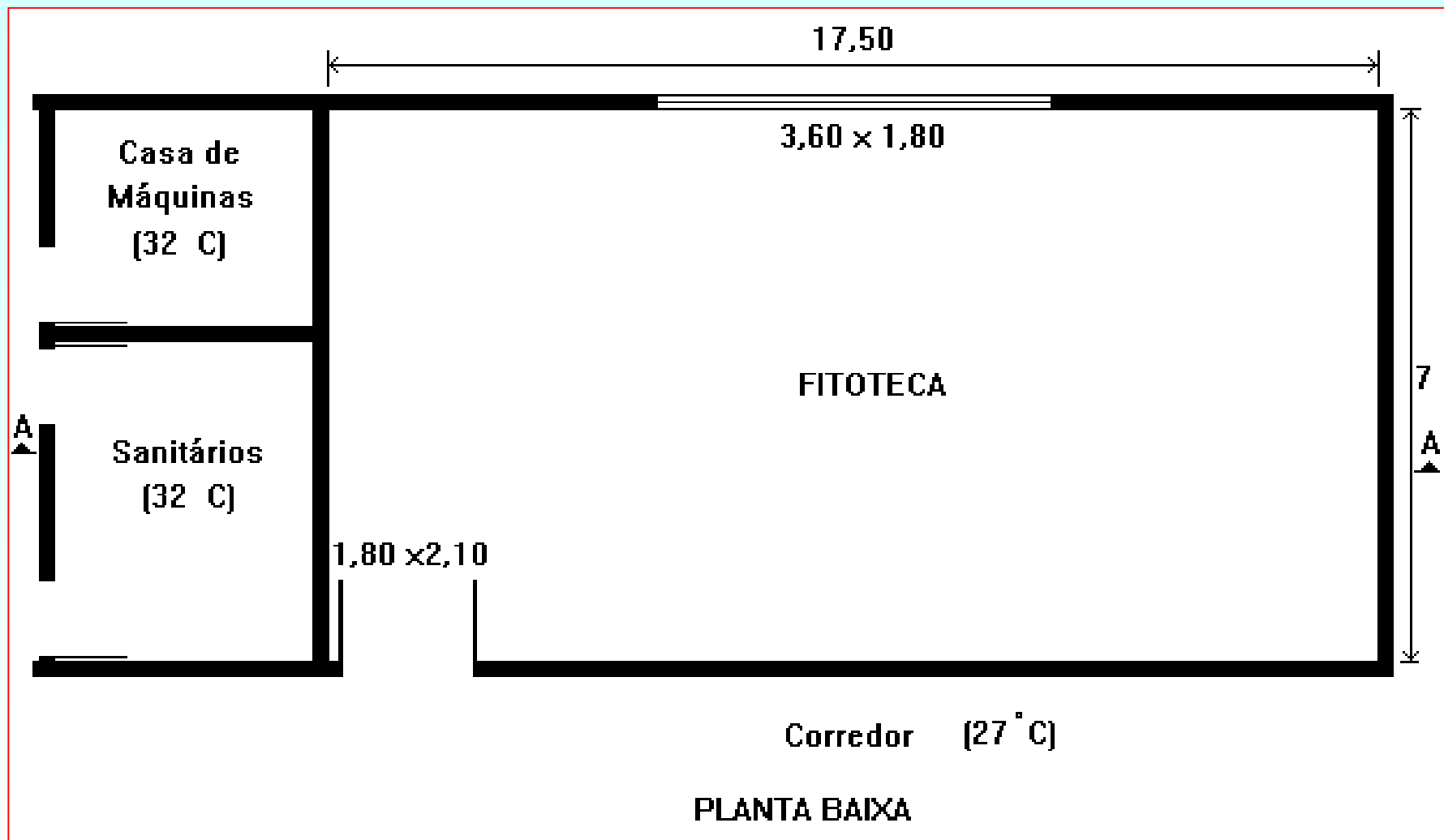
8. Nível de Ruído: 40 a 50 dBA;

9. Pureza do ar: Filtro de classe F3 < 90 % p/ 5 mm;

10. Fator de by-pass: 0,14

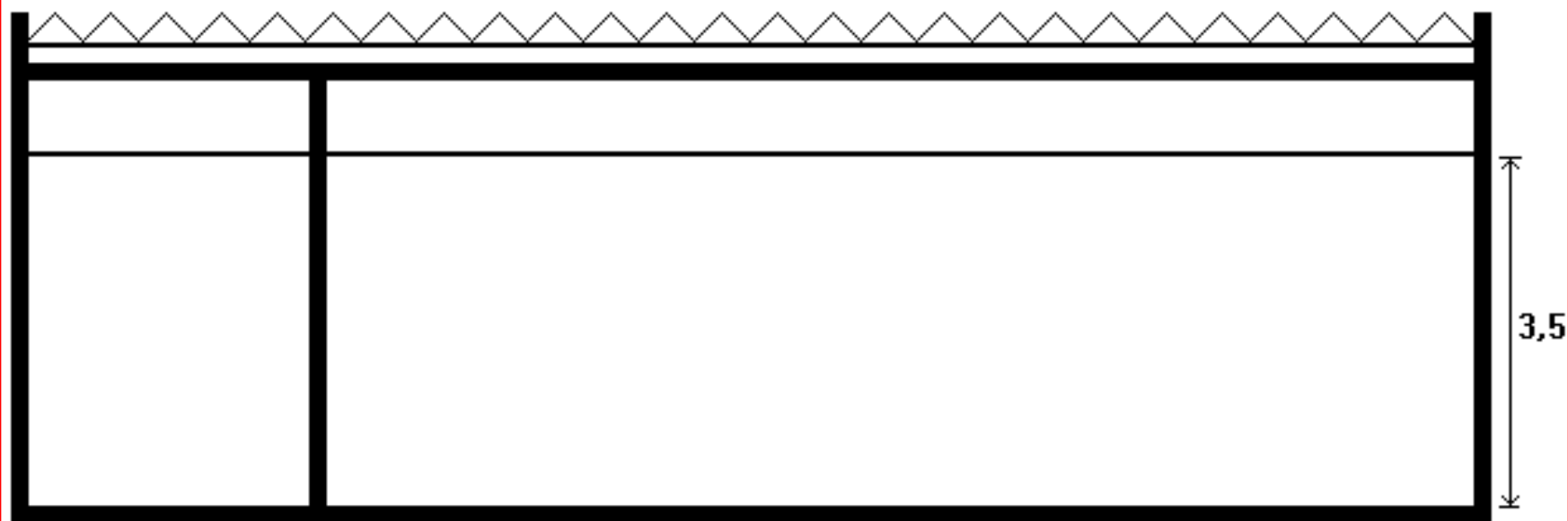
14. CARGA TÉRMICA EM CLIMATIZAÇÃO

EXEMPLO 5.3.1:



14. CARGA TÉRMICA EM CLIMATIZAÇÃO

EXEMPLO 5.3.1:



CORTE AA

Orientação



Dimensão em m

Desenho sem escala

Perfil Cobertura

telha eternit
(cor clara)



10cm
10cm

14. CARGA TÉRMICA EM CLIMATIZAÇÃO

EXEMPLO 14.3.1:

SOLUÇÃO

A) CONDIÇÕES EXTERNAS/INTERNAS:

Da tabela 6 da NBR 6401:

| | EXTERNAS | |
|---------|----------|-----|
| VERÃO | 35°C | 53% |
| INVERNO | 14°C | 80% |

Da NBR 10080:

| | INTERNAS | |
|-------|------------|----------|
| VERÃO | 22°C +-2°C | 50%+- 5% |

14. CARGA TÉRMICA EM CLIMATIZAÇÃO

EXEMPLO 14.3.1:

SOLUÇÃO

B) PARÂMETROS FÍSICOS:

➤ Da tabela 10

$$h_e = 22,71 \text{ W/ m}^2\text{°C}$$

$$h_i = 6,13 \text{ W/ m}^2\text{°C}$$

$$k_{\text{amianto}} = 576,91 \text{ Wmm/m}^2\text{°C}$$

$$k_{\text{isopor}} = 37,5 \text{ Wmm/m}^2\text{°C}$$

$$k_{\text{concreto}} = 1802,96 \text{ Wmm/m}^2\text{°C}$$

$$U_{\text{cobertura}} = \frac{1}{22,71} + \frac{5}{576,91} + \frac{100}{37,5} + \frac{100}{1802,96} + \frac{1}{6,13} = 0,34 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

14. CARGA TÉRMICA EM CLIMATIZAÇÃO

EXEMPLO 14.3.1:

SOLUÇÃO

C) CÁLCULO DA CARGA TÉRMICA (REGIME DE VERÃO):

Ganho de calor do recinto:

1) Carga devida à insolação

$$Q_1 = A \times U \Delta T_{ins}$$

1 - Ganho por insolação - 16h

| | Dim(mxm) | Área(m ²) | U(W/m ² °C) | $\Delta t_{ins}(^{\circ}\text{C})$ | $Q_s(\text{W})$ |
|-------------------------|--------------|-----------------------|------------------------|------------------------------------|-----------------|
| 1.7 - Janela vidro p/ O | 3,6x1,8 | 6,5 | 6,20 | 48,3 | 1940,5 |
| 1.9 - Parede p/ N | 7x3,5 | 24,5 | 1,96 | 0,0 | 0,0 |
| 1.15 - Parede p/ O | 17,5x3,5-6,5 | 54,8 | 1,96 | 8,9 | 955,4 |
| 1.17 - Telhado | 17,5x7 | 122,5 | 0,34 | 20,0 | 833,0 |
| 1.20 - Total | | | | | 3728,9 |

14. CARGA TÉRMICA EM CLIMATIZAÇÃO

EXEMPLO 14.3.1:

SOLUÇÃO

C) CÁLCULO DA CARGA TÉRMICA (REGIME DE VERÃO):

Ganho de calor do recinto:

1) Carga devida à insolação

$$Q_1 = A \times U \Delta T_{\text{ins}}$$

1. GANHO POR INSOLAÇÃO - 15 h

| | DIM (mxm) | Área (m ²) | U (W/m ² .K) | ΔTe (o C) | Qs(W) |
|-------------------------|---------------|------------------------|-------------------------|-----------|-------|
| 1.7 - Janela Vidro p/ O | 3,60x1,80 | 6,48 | 6,2 | 42,7 | 1716 |
| 1.9 - Parede p/ N | 7x3,5 | 24,5 | 1,96 | 0 | 0 |
| 1.15 - Parede p/ O | 17,5x3,5-6,48 | 54,77 | 1,96 | 2,78 | 298 |
| 1.17 - Telhado | 17,5x7 | 122,5 | 0,34 | 22,2 | 925 |
| 1.20 - Total | | | | | 2939 |

14. CARGA TÉRMICA EM CLIMATIZAÇÃO

EXEMPLO 14.3.1:

SOLUÇÃO

C) CÁLCULO DA CARGA TÉRMICA (REGIME DE VERÃO):

Ganho de calor do recinto:

1) Carga devida à insolação

$$Q_1 = A \times U \Delta T_{\text{ins}}$$

1. GANHO POR INSOLAÇÃO - 17 h

| | DIM (mxm) | Área (m ²) | U (W/m ² .K) | ΔTe (o C) | Qs(W) |
|-------------------------|---------------|------------------------|-------------------------|-----------|-------|
| 1.7 - Janela Vidro p/ O | 3,60x1,80 | 6,48 | 6,2 | 37,2 | 1495 |
| 1.9 - Parede p/ N | 7x3,5 | 24,5 | 1,96 | 0 | 0 |
| 1.15 - Parede p/ O | 17,5x3,5-6,48 | 54,77 | 1,96 | 12,8 | 1374 |
| 1.17 - Telhado | 17,5x7 | 122,5 | 0,34 | 15 | 625 |
| 1.20 - Total | | | | | 3494 |

14. CARGA TÉRMICA EM CLIMATIZAÇÃO

EXEMPLO 14.3.1:

SOLUÇÃO

C) CÁLCULO DA CARGA TÉRMICA (REGIME DE VERÃO):

Ganho de calor do recinto:

2) Carga devida à condução

$$Q_2 = A \times U \Delta T$$

1 - Ganho por condução

| | Dim(mxm) | Área(m ²) | U(W/m ² °C) | Δt(°C) | Q _s (W) |
|-------------------------|-----------|-----------------------|------------------------|-------------|--------------------|
| 2.1 - Janela vidro | 3,6x1,8 | 6,5 | 6,20 | 35-22=13 | 522,3 |
| 2.2 - Paredes externas | 24,5+54,8 | 79,3 | 1,96 | 35-22=13 | 2019,8 |
| 2.3 - Parede San/C. Máq | 7x3,5 | 24,5 | 2,23 | 32-22=10 | 546,4 |
| 2.4 - Parede corredor | 17,5x3,5 | 61,3 | 2,23 | 27-22=5 | 682,9 |
| 2.5 - Teto ou Telhado | 17,5x7 | 122,5 | 0,34 | 35-22=13 | 541,5 |
| 2.6 - Piso | 17,5x7 | 122,5 | 4,19 | 26,7-22=4,7 | 2412,4 |
| 2.8 - Total | | | | | 6725,2 |

14. CARGA TÉRMICA EM CLIMATIZAÇÃO

EXEMPLO 12.9.1:

SOLUÇÃO

C) CÁLCULO DA CARGA TÉRMICA (REGIME DE VERÃO):

Ganho de calor do recinto:

3) Carga devida as pessoas

$$Q_3 = n q$$

➤ Da tabela 12 da NBR 6401, para escritórios a 21°C

$$Q_s = 71 \text{ kcal/h} = 83 \text{ W}$$

$$Q_L = 42 \text{ kcal/h} = 49 \text{ W}$$

$$Q_s = 3 \times 83 = 249 \text{ W}$$

$$Q_L = 3 \times 49 = 147 \text{ W}$$

4) Carga devida a equipamentos

$$Q_s = 2500 \text{ W}$$

5) Carga devida a iluminação

$$Q_s = 3500 \times 1,25 = 4375 \text{ W}$$

14. CARGA TÉRMICA EM CLIMATIZAÇÃO

EXEMPLO 12.9.1:

SOLUÇÃO

C) CÁLCULO DA CARGA TÉRMICA (REGIME DE VERÃO):

Ganho de calor do recinto:

6) Infiltração

➤ **Método das frestas** (da tabela 8 da NBR 6401):

✓ Janelas comum ($3\text{m}^3/\text{h}$ por m de fresta)

✓ $= 10,8\text{m} \times 3\text{m}^3/\text{h} = 32,4 \text{ m}^3/\text{h}$

✓ Portas bem ajustadas ($6,5\text{m}^3/\text{h}$ por m de fresta)

✓ $= 7,8\text{m} \times 6,5\text{m}^3/\text{h} = 50,7 \text{ m}^3/\text{h}$

➤ Total = $83,1 \text{ m}^3/\text{h}$

➤ **Método das trocas** (da tabela 8 da NBR 6401 item d)):

✓ Para regime de verão valor mínimo de 1,5 trocas/h

✓ $= 17,5 \times 7 \times 3,5 = 428,75 \times 1,5 = 643 \text{ m}^3/\text{h}$

➤ **Ar externo para renovação** (da tabela 4 da NBR 6401):

✓ Considerando escritório privado e nenhum fumante

✓ $42 \text{ m}^3/\text{h}$ por pessoa \times 3 pessoas = $126 \text{ m}^3/\text{h}$

14. CARGA TÉRMICA EM CLIMATIZAÇÃO

EXEMPLO 12.9.1:

SOLUÇÃO

C) CÁLCULO DA CARGA TÉRMICA (REGIME DE VERÃO):

Ganho de calor do recinto:

6) Infiltração

➤ Para haver uma pressão interna positiva

$$V_E = 643 \text{ m}^3/\text{h} = 179 \text{ l/s}$$

7) Outros

8) Calor sensível/latente do recinto

$$\sum Q_s = 17578 \text{ W}$$

$$\sum Q_L = 147 \text{ W}$$

9) Fator de segurança 10 %

$$Q_s = 1758 \text{ W}$$

$$Q_L = 15 \text{ W}$$

10) Calor sensível/latente do recinto

$$\sum Q_s = 19336 \text{ W}$$

$$\sum Q_L = 162 \text{ W}$$

14. CARGA TÉRMICA EM CLIMATIZAÇÃO

EXEMPLO 12.9.1:

SOLUÇÃO

C) CÁLCULO DA CARGA TÉRMICA (REGIME DE VERÃO):

Ganho de calor do recinto:

11) Dutos 1 %

$$\sum Q_s = 193 \text{ W}$$

$$\sum Q_L = 2 \text{ W}$$

12) Motores

$$Q_5 = \frac{P \times 735}{\eta} = \frac{3 \times 735}{0,8} = 2756 \text{ W}$$

13) Ar externo

$$Q_{SE} = 1,2 V_E \Delta T \times BF = 1,2 \times 179 \times (35 - 22) \times 0,14 = 391 \text{ W}$$

$$Q_{LE} = 2,95 V_E \Delta w \times BF = 2,95 \times 179 \times (19 - 8,3) \times 0,14 = 791 \text{ W}$$

14) Calor sensível/latente efetivo do recinto

$$\sum Q_s = 22676 \text{ W}$$

$$\sum Q_L = 955 \text{ W}$$

14. CARGA TÉRMICA EM CLIMATIZAÇÃO

EXEMPLO 12.9.1:

SOLUÇÃO

C) CÁLCULO DA CARGA TÉRMICA (REGIME DE VERÃO):

Ganho de calor do recinto:

14) Calor total efetivo do recinto

$$\sum Q_{\text{total ef}} = 23631 \text{ W}$$

B) Carga do ar externo sobre a seerpentina

$$\begin{aligned} Q_{SE} &= 1,2 V_E \Delta T (1 - BF) = \\ &= 1,2 \times 179 \times (35 - 22) \times (1 - 0,14) = 2401 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{LE} &= 2,95 V_E \Delta w (1 - BF) = \\ &= 2,95 \times 179 \times (19 - 8,3) \times (1 - 0,14) = 4859 \text{ W} \end{aligned}$$

C) Carga total de resfriamento

$$Q_{\text{total}} = 30891 \text{ W} \cong 8,8 \text{ TR}$$

14. CARGA TÉRMICA EM CLIMATIZAÇÃO

EXEMPLO 12.9.1:

SOLUÇÃO

C) CÁLCULO DA CARGA TÉRMICA (REGIME DE VERÃO):

Ganho de calor do recinto:

D) Ar insuflado no recinto

$$FCS_{ef} = \frac{Q_{S_{ef}}}{Q_{S_{ef}} + Q_{L_{ef}}} = \frac{22676}{22676 + 14700 + 955} = 0,96$$

- Obtêm-se o valor da $t_{se} = 10,7^{\circ}\text{C}$, traçando uma reta paralela ao $FCS_{ef} = 0,96$, passando por S até interceptar $\phi = 100\%$

$$V_I = \frac{Q_{S_{ef}}}{1,2 (t_s - t_{se}) (1 - BF)} = \frac{22676}{1,2 (22 - 10,7) (1 - 0,14)} = 1945 \text{ l/s}$$

$$t_M = \frac{V_E \times t_E + V_S \times t_S}{V_I} = \frac{179 \times 35 + 1766 \times 22}{1945} = 23,2^{\circ}\text{C}$$

$$t_l = t_{se} + BF (t_M - t_{se}) = 10,7 + 0,14 (23,2 - 10,7) = 12,45^{\circ}\text{C}$$

14. CARGA TÉRMICA EM CLIMATIZAÇÃO

EXEMPLO 12.9.1:

SOLUÇÃO

C) CÁLCULO DA CARGA TÉRMICA (REGIME DE INVERNO):

1) Carga devida à condução

$$Q_2 = A \times U \Delta T$$

2. GANHO POR CONDUÇÃO

| | DIM (mxm) | Área (m ²) | U (W/m ² .K) | ΔT (o C) | Qs(W) |
|--------------------------|------------|------------------------|-------------------------|----------|---------|
| 2.1 - Janela com Vidro | 3,6x1,8 | 6,48 | 6,2 | 22-14=8 | 321,4 |
| 2.2 - Paredes Externas | 24,5+54,77 | 79,27 | 1,96 | 22-14=8 | 1242,95 |
| 2.3 - Parede San./C. Máq | 7x3,5 | 24,5 | 2,23 | 22-17=5 | 284,1 |
| 2.4 - Parede Corredor | 17,5x3,5 | 61,25 | 2,23 | 22-22=0 | 0 |
| 2.5 - Teto ou Telhado | 17,5x7 | 122,5 | 0,34 | 22-14=8 | 333,2 |
| 2.6 - Piso | 17,5x7 | 122,5 | 4,19 | 22-12=10 | 5132,75 |
| 2.7 - Diversos | | | | | |
| 2.8 - Total | | | | | 7314,4 |

14. CARGA TÉRMICA EM CLIMATIZAÇÃO

EXEMPLO 12.9.1:

SOLUÇÃO

C) CÁLCULO DA CARGA TÉRMICA (REGIME DE INVERNO):

2) Carga devida ao ar externo

$$Q_{SE} = 1,2 V_E \Delta t = 1,2 \times 179 \times (22 - 14) = 1718 \text{ W}$$

$$Q_{LE} = 2,95 V_E \Delta w = 2,95 \times 179 \times (8,3 - 8) = 158 \text{ W}$$

3) Carga térmica total

$$\sum Q_s = 9032 \text{ W}$$

$$\sum Q_L = 158 \text{ W}$$

4) Potência da resistência elétrica de aquecimento

$$P = 9 \text{ kW}$$

5) Potência do umidificador

$$P = 1 \text{ kW}$$