

# Introdução ao projeto de climatização

**Prof. Jesué Graciliano da Silva**  
**IFSC - Câmpus São José / RAC**

IFSC- CÂMPUS SÃO JOSÉ – CURSO TÉCNICO DE REFRIGERAÇÃO E CLIMATIZAÇÃO

PROJETO DE INSTALAÇÃO DE CLIMATIZAÇÃO

SEMANA

---

## 1- INTRODUÇÃO AO PROJETO DE CLIMATIZAÇÃO

Este texto tem por objetivo apresentar um resumo da teoria envolvida no desenvolvimento de projetos de climatização de pequeno porte. Nele mostramos como deve ser realizada a estimativa de carga térmica, a definição do tipo de equipamento, a rede de dutos, a estimativa de carga térmica e a seleção de componentes.

Para realização de um projeto completo de climatização é importante a aplicação concreta dos conhecimentos aprendidos nas disciplinas de desenho técnico, transferência de calor, termodinâmica e mecânica dos fluidos e de sistemas de climatização.

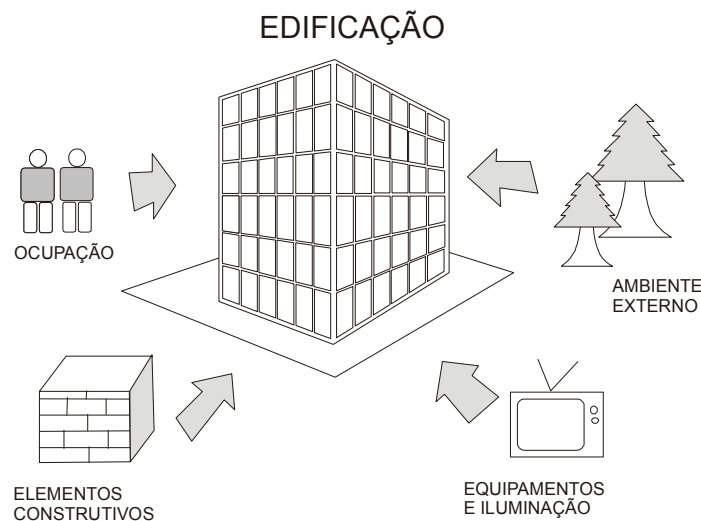


Figura 1- Fatores que influenciam a elaboração de um projeto de climatização

Entendemos que o projetista de climatização deveria fazer parte de uma “equipe multidisciplinar”, envolvendo arquitetos, calculistas, especialista em acústicas, além de profissionais das áreas de elétrica, hidráulica e outras instalações. Assim poderia contribuir com o arquiteto dando sugestões sobre o melhor posicionamento do edifício, sobre sua forma e área envidraçada. Muitas vezes devem ser estudadas a melhor orientação para os breezes, a colocação de vidros duplos com película refletiva externa, e utilizadas luminárias de elevado rendimento, para reduzir a dissipação de calor. Essa troca de informações poderia levar à indicação de diferentes tipos de materiais para a alvenaria e envidraçamento. Já existem no mercado tijolos com melhor resposta térmica e vidros com maior capacidade de reflexão.

É importante a participação do projetista da área de climatização desde a concepção

---

arquitetônica da edificação. Um projeto na área de climatização envolve uma série de etapas:

1. Estudo preliminar- Nesse momento, são estabelecidas as normas que serão levadas em consideração para definição do sistema a ser projetado.
2. Bases de cálculo- Nessa etapa, são fixados os parâmetros adotados como base para o dimensionamento do sistema, tais como: condições de temperatura, pressão e umidade e taxas de ocupação, iluminação e ar exterior.
3. Dimensionamento do sistema – essa etapa se refere à definição de todos os constituintes do sistema adotado, considerando-se as características das fases anteriores. Para tanto é preciso a realização da estimativa das cargas térmicas dos ambientes, bem como carga térmica total, levando-se em conta os critérios: simultaneidade, seleção dos equipamentos, local da casa de máquinas, projeto da rede de dutos, projeto da rede hidráulica, esquema elétrico e esquema de controles.
4. Memorial descritivo- nessa fase é descrita objetivamente a solução adotada pelo sistema de condicionamento de ar. Este relato é realizado baseado na execução do projeto, uma vez que nele são encontradas informações gerais do sistema e tabelas de resumo de cálculos. Faz parte, ainda, deste tópico os parâmetros referentes ao contrato de aquisição.
5. Parte gráfica- compreende o fornecimento de plantas, cortes e detalhamentos necessários à perfeita compreensão por parte do cliente. Essa parte gráfica é constituída, basicamente, de desenhos da casa de máquinas, localização de bases de equipamentos e suas características, rede de dutos, rede hidráulica, fluxogramas de controle e esquema geral de distribuição elétrica.

Ao se avaliar a qualidade de um projeto de sistema de climatização, deve-se levar em consideração se o mesmo atende às necessidades solicitadas, se ele foi executado sob responsabilidade de engenheiro ou técnico com registro no Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (CREA) com experiência no ramo, se o equipamento especificado é de fabricação usual no país, se foram citadas e atendidas as normas técnicas pertinentes ao tipo de instalação projetada, se foi considerada a interface com outras instalações, tais como: pontos de forças (capacidade, tensão e frequência), pontos de água (vazões e/ou bitolas de tubulações), pontos de dreno (posição e demais características), peso dos equipamentos.

## 2- CONDIÇÕES DE CONFORTO E CONDIÇÕES EXTERNAS

Há diversas normas para climatização e refrigeração; cada uma delas é apropriada a um contexto específico. O projetista precisa estar atento para o fato de que, em algumas regiões do Brasil, pode acontecer de a carga térmica de inverno (aquecimento) ser superior à carga térmica de verão (resfriamento). Consulte a norma NBR 16.401 para mais informações.

Na Tabela 1, apresentamos as condições internas recomendadas na norma para diferentes ambientes.

Tabela 1- Condições internas de conforto para verão

Finalidade	Local	Recomendável		Máxima	
		TBS (°C)	UR (%)	TBS (°C)	UR (%)
Conforto	Residências, hotéis, escritórios, escolas e bancos	23 a 25	40 a 60	26,5	65
Lojas de curto tempo de ocupação	Barbearias, cabeleireiros, lojas e magazines e supermercados	24 a 26	40 a 60	27	65
Ambientes com grandes cargas de calor latente e/ou sensível	Teatros, auditórios, templos, cinemas, bares lanchonetes, restaurantes, bibliotecas e estúdios TV	24 a 26	40 a 65	27	65

Tabela 2- Condições externas para verão (°C)

Cidades	TBS	TBU
Macapá (AP)	34	28,5
Manaus (AM)	35	29,0
João Pessoa (PB)	32	26
São Luís (MA)	33	28
Fortaleza (CE)	32	26
Natal (RN)	32	27
Recife (PE)	32	26
Maceió (AL)	33	27
Salvador (BA)	32	26
Aracajú (SE)	32	26
Vitória (ES)	33	28
Belo Horizonte (MG)	32	24
Rio de Janeiro (RJ)	35	26,5
São Paulo (SP)	31	24
Brasília (DF)	32	23,5
Goiânia (GO)	33	26
Cuiabá (MT)	36	27
Campo Grande (MS)	34	25
Curitiba (PR)	30	23,5
Florianópolis (SC)	32	26
Porto Alegre (RS)	34	26

### 3- ESTIMATIVA DE CARGA TÉRMICA

Carga térmica é a quantidade total de calor sensível e latente que deve ser retirada ou adicionada ao ambiente climatizado para que se mantenham as condições desejadas de temperatura e umidade relativa. Os ganhos de calor podem ser provenientes de fontes externas ao espaço condicionado e dele próprio.

#### ☼ Troca de calor por transmissão em paredes não ensolaradas ou internas

No caso de paredes internas, vidros internos, bem como teto e piso entre andares, o cálculo de carga térmica por transmissão pode ser calculado por:

$$\dot{Q}_{SI} = A \cdot U \cdot (T_{NC} - T_s) \quad \text{onde } T_{NC} = (T_e - 3)$$

Coefficientes globais de transferência de calor aproximados

Material	Coefficiente global de transferência de calor U [W/(m <sup>2</sup> .K)]
Parede de tijolo de 6 furos com reboco nas duas faces	2,50
Cobertura de telha de barro com laje de concreto de 10 cm e espaço de ar não ventilado	1,95
Parede de tijolo 6 furos com duas camadas de reboco e isolamento de 15cm de isopor	0,23

#### b) Insolação através de superfícies opacas e transparentes

No caso das superfícies transparentes, o calor é quase instantaneamente absorvido pelo ambiente. No caso das superfícies opacas (paredes, telhados, tetos, lajes, etc.), o calor é conduzido para dentro do recinto por "condução" térmica. Decorre, no entanto, um prazo entre a insolação e o seu efeito no ambiente condicionado, dependendo do tipo de construção.

Para janelas ao sol tem-se:

$$Q \text{ (Watts)} = FS \cdot I \cdot A + U \cdot A \cdot \Delta T$$

Para paredes ensolaradas tem-se

$$Q \text{ (Watts)} = U \cdot A \cdot (\Delta T + DT) \quad \text{onde} \quad DT = I \cdot 0,008$$

Onde U = coeficiente Global de transferência de calor (W/m<sup>2</sup>.°C) e I = insolação (W/m<sup>2</sup>)  
 Caso janela tenha proteção ou seja de vidro duplo adiciona-se um FS = Fator solar. FS = 0,5 para vidro duplo / com cortinas. FS = 0,7 para películas. U vidro comum = 6 W/m<sup>2</sup>.°C. U vidro duplo = 3,13 W/m<sup>2</sup>.°C

Insolação máxima (W/m<sup>2</sup>) Latitude: -28° ( sul )

Mês/orientação	Horizontal	Sul ou sombra	Sudeste ou Sudoeste	Leste ou Oeste	Nordeste ou Noroeste	Norte
Dezembro	876	161	561	671	403	154
Janeiro	870	129	536	677	441	180
Fevereiro	857	120	470	693	542	287

**c) Taxa de troca de calor por renovação do ar / infiltração**

O ar de renovação exige que o equipamento retire calor sensível e latente.

$$Q = Q \text{ sens} + Q \text{ lat}$$

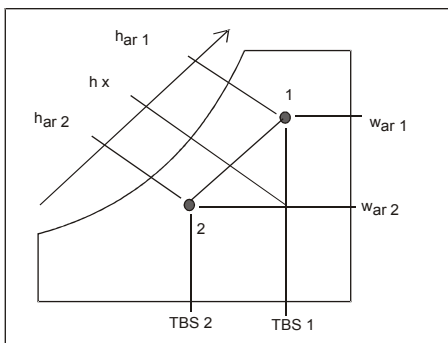
$$Q \text{ sens (Watts)} = [ \text{vazão m}^3/\text{h} \cdot \text{densidade kg/m}^3 \cdot (h_x - h_2) \text{ kJ/kg} ] / 3600$$

$$Q \text{ latente (Watts)} = [ \text{vazão m}^3/\text{h} \cdot \text{densidade kg/m}^3 \cdot (h_1 - h_x) \text{ kJ/kg} ] / 3600$$

Simplificadamente, para condições de Ar externo de Florianópolis (32°C) e de Temperatura do ar interno sendo 25°C temos:

$$Q \text{ sens (Watts)} = \text{vazão (m}^3/\text{h)} \cdot 0,31 \cdot (h_x - h_2) = 0,31 \cdot (58 - 51) \text{ Watts}$$

$$Q \text{ lat (Watts)} = \text{vazão (m}^3/\text{h)} \cdot 0,31 \cdot (h_1 - h_x) = 0,31 \cdot (79 - 58) \text{ Watts}$$



**d) Troca de calor pelas pessoas**

As trocas sensíveis e latente dependem do tipo de atividade. Para pessoas sentadas ou em trabalho de escritório.

Seja n = número de pessoas:

$$Q \text{ sens (Watts)} = n \cdot 68$$

$$Q \text{ lat (Watts)} = n \cdot 62$$

Para pessoas em trabalho leve há um aumento da carga térmica latente (evaporação do suor).

$$Q \text{ sens (Watts)} = n \cdot 73$$

$$Q \text{ lat (Watts)} = n \cdot 149$$

**e) Equipamentos e iluminação**

As trocas de calor por equipamentos ou iluminação devem ser estimadas no levantamento do ambiente ou estipulados pela norma. Considera-se uma taxa de 30W/m<sup>2</sup> de iluminação quando essa informação não é conhecida.

**Exercícios Resolvidos**

1- Estime a carga térmica que atravessa uma parede de concreto celular de 15cm de espessura. Considere o  $k$  concreto =  $0,7 \text{ W/m}^\circ\text{C}$  . Considere a temperatura externa de  $32^\circ\text{C}$  e a interna de  $25^\circ\text{C}$ . Considere também  $h_e = 25\text{W/m}^2\text{C}$  e  $h_i = 7\text{W/m}^2\text{C}$ . A parede tem largura de 6m e altura de 3m e está recebendo sol da tarde na face oeste. Considere que a Insolação Oeste às 15h seja de  $800\text{W/m}^2$ . Qual a troca de calor em Watts caso não houvesse a insolação (parede ao leste ou na sombra)?

$I_0 = 800 \text{ W/m}^2$   
 $T_e = 32^\circ\text{C}$   
 $h_e = 25 \text{ W/m}^2\text{C}$   
 $L = 15 \text{ cm}$   
 $k_c = 0,7 \text{ W/m}^\circ\text{C}$   
 $T_i = 25^\circ\text{C}$   
 $h_i = 7 \text{ W/m}^2\text{C}$   
 $A = 6 \cdot 3 = 18 \text{ m}^2$

$$\dot{Q} = U \cdot A \cdot (\Delta T + DT)$$

onde  $A = 18 \text{ m}^2$

$$\Delta T = 32 - 25 = 7^\circ\text{C}$$

$$DT = I \cdot 0,008 = 800 \cdot 0,008 = 6,4^\circ\text{C}$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_e} + \frac{L}{k_c} + \frac{1}{h_i}} = \frac{1}{\frac{1}{25} + \frac{0,15}{0,7} + \frac{1}{7}} = \frac{1}{0,397} = 2,51 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{C}}$$

Logo:  $\dot{Q} = 2,51 \cdot 18 \cdot (7 + 6,4) = 605,4 \text{ W}$

CASO NÃO HOUVESSE A INSOLAÇÃO:

$$\dot{Q} = U \cdot A \cdot \Delta T = 2,51 \cdot 18 \cdot 7 = 316,2 \text{ W}$$

2- Estime a carga térmica que atravessa 30 metros quadrados (10m x 3m) de uma **parede não insolada (ou não ensolarada)**, construída com tijolos maciços de 22cm de espessura e reboco dos dois lados de 2cm de espessura cada.  $k$  reboco =  $1,2 \text{ W/m}^\circ\text{C}$  e  $k$  tijolo =  $0,9 \text{ W/m}^\circ\text{C}$  . Considere a temperatura externa de  $32^\circ\text{C}$  e a interna de  $25^\circ\text{C}$ . Considere também  $h_e = 25\text{W/m}^2\text{C}$  e  $h_i = 7\text{W/m}^2\text{C}$ , conforme Figura.

$k_{T15} = 0,9 \text{ W/m}^\circ\text{C}$   
 $T_e = 32^\circ\text{C}$   
 $h_e = 25 \text{ W/m}^2\text{C}$   
 $0,02\text{m}$   
 $0,22\text{m}$   
 $0,02\text{m}$   
 $T_i = 25^\circ\text{C}$   
 $h_i = 7 \text{ W/m}^2\text{C}$   
 $A = 30 \text{ m}^2$

$$\dot{Q} = U \cdot A \cdot \Delta T$$

ONDE:  $A = 30 \text{ m}^2$

$$\Delta T = (32 - 25) = 7^\circ\text{C}$$

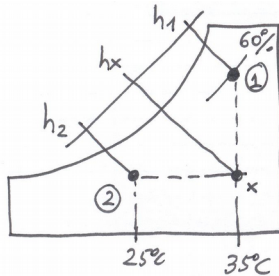
$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_e} + \frac{L_R}{k_R} + \frac{L_{T15}}{k_{T15}} + \frac{L_R}{k_R} + \frac{1}{h_i}} = \frac{1}{\frac{1}{25} + \frac{0,02}{1,2} + \frac{0,22}{0,9} + \frac{0,02}{1,2} + \frac{1}{7}}$$

$$U = \frac{1}{0,46} = 2,171 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{C}} \quad \text{Logo:}$$

$$\dot{Q} = 2,171 \cdot 30 \cdot 7 = 455,9 \text{ W}$$



3- Usando uma carta psicrométrica, estime qual é a carga térmica latente e sensível decorrente de uma vazão de ar de renovação, de 900m<sup>3</sup>/h a 35°C e 60% (condição 1) de umidade relativa, que deve ser resfriado até a temperatura de 25°C e 50% de umidade relativa (condição 2).



$$VAZÃO = 900 \text{ m}^3/\text{h}$$

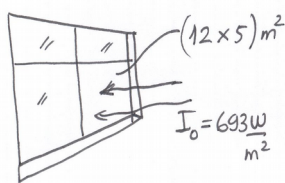
$$\begin{cases} h_1 = 90 \text{ kJ/kgar} \\ h_x = 61 \text{ kJ/kgar} \\ h_2 = 51 \text{ kJ/kgar} \end{cases}$$

$$U_1 = 0,904 \text{ m}^3/\text{kgar} \rightarrow \rho_{\text{ar}} = 1,106 \text{ kg/m}^3$$

$$\dot{m}_{\text{ar}} = \frac{900 \cdot 1,106}{3600} = 0,276 \text{ kg/s}$$

$$\begin{cases} \dot{Q}_{\text{sens}} = \dot{m} (h_x - h_2) = 0,276 \cdot (61 - 51) = 2,76 \text{ kJ/s} \\ \dot{Q}_{\text{LAT}} = \dot{m} (h_1 - h_x) = 0,276 \cdot (90 - 61) = 8,02 \text{ kJ/s} \end{cases}$$

4- A fachada sudeste da Biblioteca tem uma área de 12m x 5m. Calcule qual a redução de carga térmica prevista se instalarmos película reflexiva (30% de redução de carga térmica). Avalie o custo-benefício desta alternativa considerando que a película custa R\$35,00 por metro quadrado e cada tonelada de refrigeração instalada custa R\$ 1500,00 com custo de manutenção de R\$ 20,00 por TR e custo de energia elétrica é de R\$60,00 por mês por TR. Faça sua avaliação considerando um período de 5 anos.



$$\dot{Q} = F_s \cdot I \cdot A + U A \Delta T$$

$$\dot{Q}_{\text{sem película}} = (1 \cdot 693 \cdot 60) + (6 \cdot 60 \cdot 7)$$

$$\dot{Q}_{\text{sem película}} = 41580 + 2520 = 44100 \text{ W}$$

COM PELÍCULA:

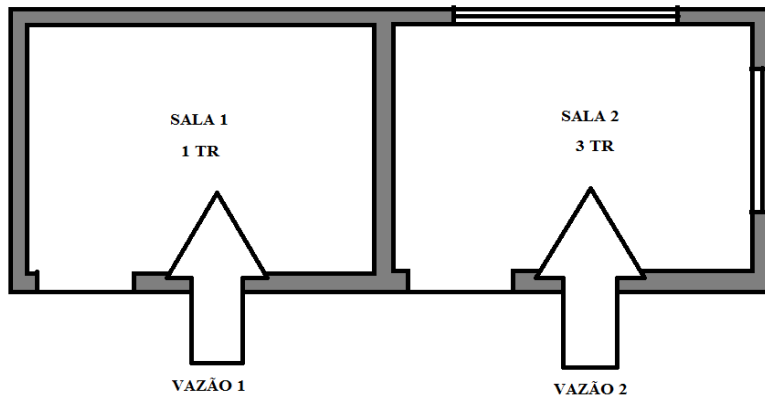
$$F_s = 0,7$$

$$\dot{Q}_{\text{COM PELÍCULA}} = (0,7 \cdot 693 \cdot 60) + (6 \cdot 60 \cdot 7) = 29106 + 2520$$

$$\dot{Q}_{\text{COM PELÍCULA}} = 31626 \text{ W} \rightarrow \text{Redução de: } 3,5 \text{ TR na carga térmica.}$$

$$\begin{cases} \text{CUSTO DA PELÍCULA} = 60 \cdot 35 = 2100 \text{ R\$} \\ 1 \text{ TR CUSTA} = 1500,00 \\ 5 \text{ ANOS} \rightarrow \text{MANUTENÇÃO} = 4200,00 \text{ R\$} \\ \text{ENERGIA ELÉTRICA} = 60 \frac{\text{R\$}}{\text{mês}} \cdot 60 \text{ meses} \cdot 3,5 = 12600,00 \text{ R\$} \end{cases}$$

5- Considere duas salas uma ao lado da outra. A primeira tem uma carga térmica de 12.000BTU/h. A segunda tem carga térmica de 36.000BTU/h. Considerando que a vazão de ar de insuflamento do equipamento de climatização é proporcional à carga térmica, estime a vazão de ar para cada sala. Considere uma vazão aproximada de 680 m<sup>3</sup>/h por TR.



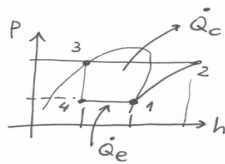
Solução: Nesse caso, basta fazer uma regra de 3. A Sala 1 recebe 680 m<sup>3</sup>/h e a sala 2 receberá 3 x 680 m<sup>3</sup>/h = 2040 m<sup>3</sup>/h

6- Qual a vazão de água (em litros por segundo) que deve ser estimada em um sistema de condensação a água de um edifício que utiliza 50 self-contained de 5TR cada? Considere que a capacidade de refrigeração é de aproximadamente 75% da capacidade de condensação e que a torre de arrefecimento reduza a temperatura da água em 5°C. Considere ainda que a velocidade média do escoamento da água dentro da tubulação é de 2 m/s, calcule qual o diâmetro interno da tubulação de água de condensação. Lembre-se  $Q=m.c.\Delta T$ ;  $c_{\text{água}}=4,186\text{kJ/kg}^\circ\text{C}$ .

$$50 \times 5 \text{ TR} = 250 \text{ TR}$$

$$\times 3,517$$

$$879,25 \text{ kW}$$



$$\dot{Q}_e = 879,25 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_c = 0,75 \cdot \dot{Q}_e$$

$$\text{Logo: } \boxed{\dot{Q}_c = 1172 \text{ kW}}$$

TORRE ARREFECIMENTO:  $\Delta T = 5^\circ\text{C}$       $c_{\text{ág}} = 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$

$$\dot{Q}_c = \dot{Q}_{\text{TORRE}} = \dot{m} \cdot c \cdot \Delta T$$

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}_c}{c \cdot \Delta T} = \frac{1172 \text{ kW}}{4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \cdot 5^\circ\text{C}} = \frac{55 \text{ kg}}{\text{s}} \text{ ou } \frac{55 \text{ litros}}{\text{s}}$$

$$\boxed{1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ l}}$$

$$v = 2 \text{ m/s}$$

$$\bar{Q} = 0,055 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$\bar{Q} = v \cdot A \rightarrow A = \frac{\bar{Q}}{v} = \frac{0,055}{2} = 0,0275 \text{ m}^2$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \rightarrow D = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}} = 0,187 \text{ m}$$

$$\boxed{D \cong 187 \text{ mm}} \cong 7,5 \text{ polegadas}$$

7- Compare a partir de análise de custos qual a melhor solução para uma instalação entre as duas opções abaixo. O sistema pode ser de janela ou split. A capacidade de refrigeração é de 36000Btu/h. O uso é de 5 horas por dia durante 20 dias por mês, 5 meses ao ano e 5 anos de uso. Analise as alternativas a partir dos custos iniciais e de operação. (EER = (capacidade Btu/h) / consumo em W) – 1kWh = R\$ 0,30.

☼ sistema de ar de janela – E.E.R de 7,0

☼ Sistema split – E.E.R. De 10,0

$$\text{CAPACIDADE REFRIGERAÇÃO} = 36\,000 \text{ Btu/h}$$

$$\text{HORAS DE USO: } \frac{5 \text{ h}}{\text{dia}} \cdot \frac{20 \text{ dias}}{\text{mês}} \cdot \frac{5 \text{ meses}}{\text{ano}} \cdot 5 \text{ anos} = 2500 \text{ h}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{EER}_{\text{JANELA}} = \frac{7 \text{ Btu/h}}{\text{W}} \\ \text{EER}_{\text{SPLIT}} = \frac{10 \text{ Btu/h}}{\text{W}} \end{array} \right.$$

$$\text{EER} = \frac{\text{CAPACIDADE EM Btu/h}}{\text{CONSUMO W}}$$

$$\text{CONSUMO} = \frac{\text{CAPACIDADE Btu/h}}{\text{EER}}$$

$$\text{a) JANELA} \quad \text{CONSUMO} = \frac{36\,000 \text{ Btu/h}}{7} = 5142,8 \text{ W}$$

$$\text{GASTO}_1 = 5,14 \text{ kW} \cdot 2500 \text{ h} \cdot \frac{0,30 \text{ R\$}}{\text{kWh}}$$

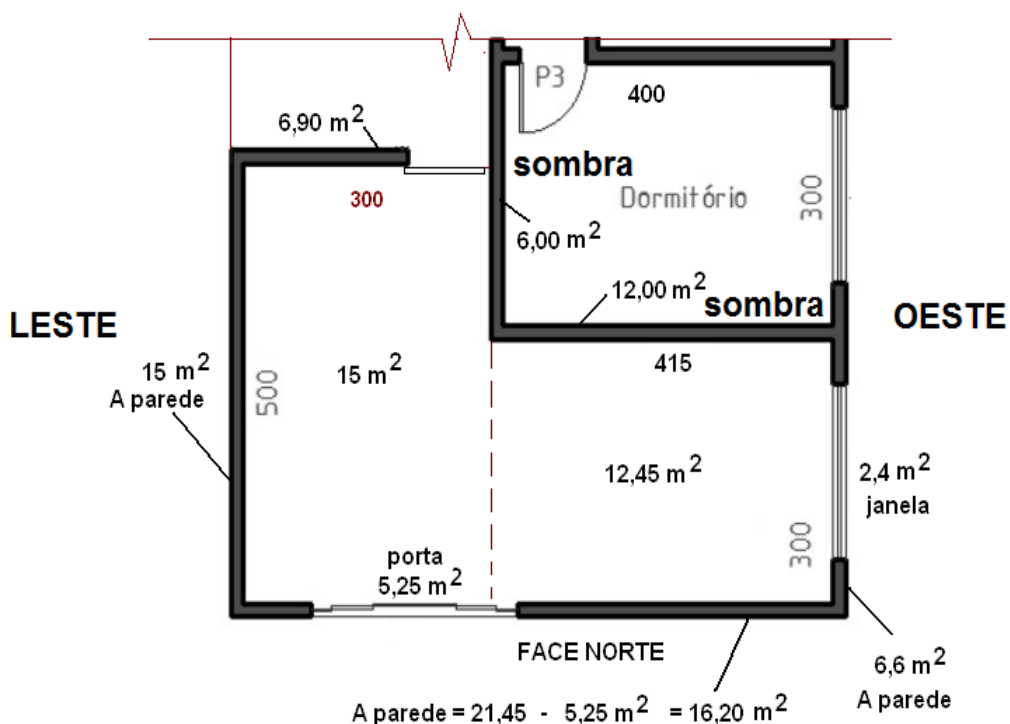
$$\text{GASTO}_1 = 3855 \text{ R\$}$$

$$\text{b) SPLIT:} \quad \text{CONSUMO} = \frac{36\,000 \text{ Btu/h}}{10} = 3600 \text{ W}$$

$$\text{GASTO}_2 = 3,6 \text{ kW} \cdot 2500 \text{ h} \cdot \frac{0,30 \text{ R\$}}{\text{kWh}}$$

$$\text{GASTO}_2 = 2700 \text{ R\$}$$

8- Considere a região sul – Florianópolis – Latitude 27 graus. Estime qual a carga térmica da sala de estar e de jantar que têm pé-direito de 3m (altura do chão até o teto). Normalmente este ambiente é ocupado por 4 pessoas, há 1.200W em potência de equipamentos instalados, 800W de iluminação fluorescente e janela sem cortina interna de 2m por 1,2m na face leste. A porta que fica na face norte é de vidro simples e não tem proteção contra insolação. As paredes têm 15cm de espessura. A casa tem uma laje comum sobre um telhado de telhas de barro.



SEJA U da parede = 2,5 W/m<sup>2</sup>°C

Seja U vidro duplo = 6 W/m<sup>2</sup>.C

Seja U do telhado = 3 W/m<sup>2</sup>.C

Área da porta de vidro = 5,25 m<sup>2</sup>

Janela área = 2,4 m<sup>2</sup>

Temperatura externa 32°C

Temperatura interna 25°C

Radiação na face oeste = 600W/m<sup>2</sup>

Radiação na face norte = 300 W/m<sup>2</sup>

Radiação no telhado = 700W/m<sup>2</sup>

Solução – Considere as equações apresentadas anteriormente.

a) vidros Janela Oeste -  $I_o = 600\text{W/m}^2$

$$Q_1 = (600 \times 2,4) + (6 \times 2,4 \times 7) = 1541 \text{ W}$$

b) vidros porta Norte -  $I_n = 300\text{W/m}^2$

$$Q_2 = (300 \times 5,25) + (6 \times 5,25 \times 7) = 1795 \text{ W}$$

c) parede da face norte  $I = 300\text{W/m}^2$

$$Q_3 = [(2,5 \times 16,2 \times (7 + 2,4))] = 381 \text{ W} \quad \text{onde } 2,4 = 300 \times 0,008$$

d) parede face oeste  $I = 600 \text{ W/m}^2$

$$Q_4 = [2,5 \times 6,6 \times (7 + 4,8)] = 195 \text{ W} \quad \text{onde } 4,8 = 600 \times 0,008$$

e) parede face Leste

$$Q_5 = 2,5 \times 15 \times 7 = 262 \text{ W}$$

f) paredes internas

$$Q_6 = 2,5 \times 24,9 \times 4 = 249 \text{ W} \quad \text{onde } 4 = 29^* - 25$$

g) telhado  $U = 3 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

$$Q_7 = 27,4 \times 3 \times 7 = 576 \text{ W}$$

TOTAL DA CARGA TÉRMICA DO “ENVELOPE” = 4999 W

EQUIPAMENTOS = 1200 W

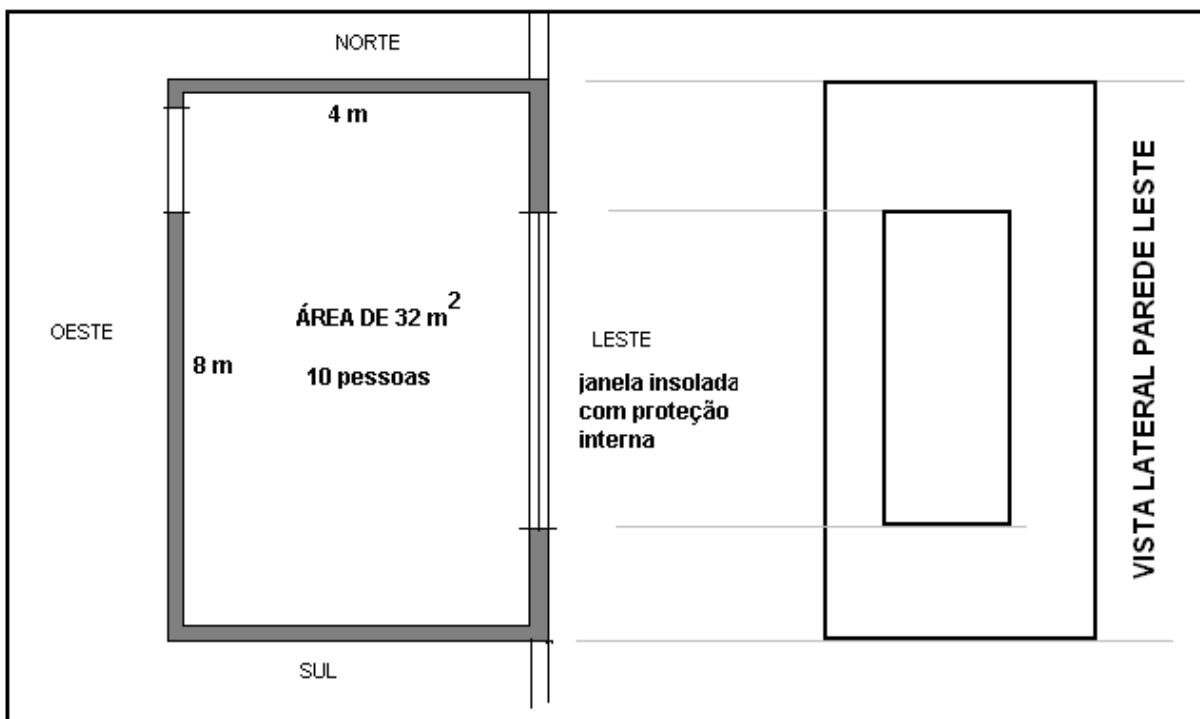
ILUMINAÇÃO = 800 W

PESSOAS = 4      logo tem-se  $Q \sim 125\text{W}$  por pessoa  $\times 4 = 500 \text{ W}$

CARGA TÉRMICA TOTAL  $\sim 7499 \text{ W}$  ou 2,2 TR ou  $\sim 25586 \text{ BTU/h}$

9- Considere a região sul – Florianópolis – Latitude 27 graus. Estime qual a carga térmica do escritório ilustrado na Figura , que tem dimensões de 8 m de comprimento na face leste, 4 m de largura e pé-direito de 3m. O ambiente é ocupado por 10 pessoas, há 1.500W em potência de equipamentos instalados, 2.000W de iluminação fluorescente e janela com cortina interna de 6m por 2m na face leste. O escritório fica localizado entre dois andares de um prédio climatizado. Considere uma taxa de renovação de ar de 17 metros cúbicos de ar por hora por pessoa. A face norte, sul e oeste são localizadas entre ambientes também climatizados, logo a área delas não é considerada nos cálculos. As paredes são leves (15 cm).

Sugestão: Inicialmente, deve-se fazer um esboço do ambiente e depois preencher a tabela de acordo com as áreas das janelas, paredes, entre outras informações. Multiplica-se as áreas e informações pelos fatores disponíveis nas colunas 3 e 5, obtendo os valores das parcelas de carga térmica (kcal/h) na quarta e na sexta coluna. Observa-se que a área de janelas é 12 metros quadrados. Já a área da parede mais insolada é a face leste, cujas dimensões totais são  $8,00 \times 3,00 = 24,00$  metros quadrados. Mas, subtraindo-se a área da janela, temos 12 metros quadrados. Observe que não há trocas de calor pelo teto e pelo piso porque estas duas faces estão em contato com ambientes climatizados.



**Solução – Utilizando planilha simplificada**

Válida para região da Grande Florianópolis – Latitude 27 graus Sul para verão

JANELAS	Fator <sup>1</sup> Sem proteção	Área <sup>1</sup>	Q (°) Kcal/h	Fator <sup>2</sup> Cortina interna	Fator <sup>3</sup> Proteção externa
Janela ao sol Leste ou Oeste	520	12	4236	353	109
Janela ao sol ao SE ou SO	354			245	86
Janela ao sol NE ou NO	415			284	94
Janelas ao sol Norte	223			160	67
Janelas à sombra (ou ao sul)	42				
Parede mais insolada pesada (30 cm)	34				
Parede mais insolada leve (15 cm)	43	12	516		
Demais paredes pesadas (30 cm)	11				
Demais paredes leves (15 cm)	18				
Terraço sem isolamento	83				
Terraço com isolamento	25				
Telhado não arejado sem isolamento	49				
Telhado não arejado com isolamento	9				
Telhado arejado sem isolamento	20				
Telhado arejado com isolamento	5				
Forro entre andares não condicionados	9				
Piso entre andares não condicionados	12				
Iluminação incandescente + equipamentos	0,86	1500 W	1290		
Iluminação fluorescente	1,032	2000 W	2064		
ATIVIDADE	Fator	Número de	Q (°)	Fator	Q(°)
	Sensível	Pessoas	Sensível kcal/h	Latente	Latente kcal/h
Trabalho Leve	62			127	
Pessoas sentadas	54			46	
Trabalho de escritório	54	10	540	59	590
VENTILAÇÃO	Fator	Vazão	Q (°)	Fator	Q(°)
	C sensível	m <sup>3</sup> /h	Sensível kcal/h	C.Latente	Latente kcal/h
Ar externo de renovação	2	170	340	6,2	1054
		Q sensível	8646 kcal/h	Q latente	1644 kcal/h
<b>CARGA TÉRMICA TOTAL</b>			<b>Q(sensível+latente) 10.290 kcal/h</b>		

Dados válidos para Florianópolis considerando-se temperatura externa de verão 32 C, UR = 60%

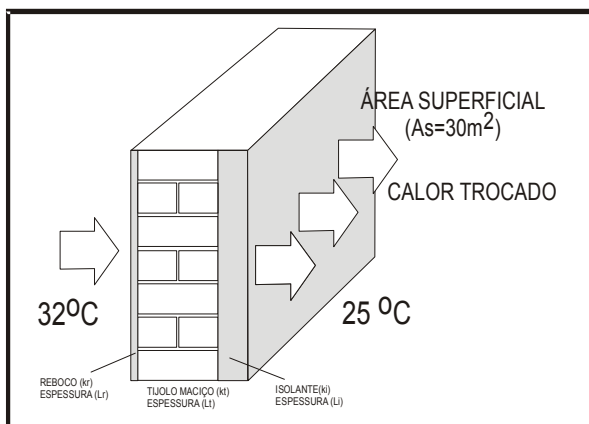
\* 1=sem proteção  
\*2=com proteção interna  
\*3=com proteção externa

Para obter em Btu/h, basta multiplicar kcal/h por 4. Logo, tem-se a carga térmica sendo, aproximadamente, 41.160 Btu/h.

**Exercícios de aplicação**

1- Estime a carga térmica que atravessa uma parede de concreto celular de 20cm de espessura. Considere o  $k$  concreto =  $0,7 \text{ W/m}^\circ\text{C}$  . Considere a temperatura externa de  $35^\circ\text{C}$  e a interna de  $25^\circ\text{C}$ . Considere também  $h_e = 25 \text{ W/m}^2\text{C}$  e  $h_i = 7 \text{ W/m}^2\text{C}$ . A parede tem largura de 6m e altura de 3m e está recebendo sol da tarde na face oeste. Considere que a Insolação Oeste às 15h seja de  $800 \text{ W/m}^2$ .

2- Estime a carga térmica que atravessa 30 metros quadrados de uma **parede não insolada (ou não ensolarada)**, construída com tijolos maciços de 21cm de espessura e reboco dos dois lados de 2cm de espessura cada.  $k$  reboco =  $1,3 \text{ W/m}^\circ\text{C}$  e  $k$  tijolo =  $1 \text{ W/m}^\circ\text{C}$  . Considere a temperatura externa de  $35^\circ\text{C}$  e a interna de  $25^\circ\text{C}$ . Considere também  $h_e = 25 \text{ W/m}^2\text{C}$  e  $h_i = 7 \text{ W/m}^2\text{C}$ , conforme Figura.





3- Usando uma carta psicrométrica, estime qual é a carga térmica latente e sensível decorrente de uma vazão de ar de renovação, de  $1200\text{m}^3/\text{h}$  a  $32^\circ\text{C}$  e 60% (condição 1) de umidade relativa, que deve ser resfriado até a temperatura de  $25^\circ\text{C}$  e 50% de umidade relativa (condição 2).

4- Usando uma carta psicrométrica, estime qual é a carga térmica latente e sensível decorrente de uma vazão de ar de renovação, de  $3600\text{m}^3/\text{h}$  a  $35^\circ\text{C}$  e 60% (condição 1) de umidade relativa, que deve ser resfriado até a temperatura de  $25^\circ\text{C}$  e 50% de umidade relativa (condição 2).

5- A fachada sudeste da Biblioteca tem uma área de  $10\text{m} \times 5\text{m}$  de vidros. Calcule qual a redução de carga térmica prevista se instalarmos película reflexiva (30% de redução de carga térmica). Avalie o custo-benefício desta alternativa considerando que a película custa R\$40,00 por metro quadrado e cada tonelada de refrigeração instalada custa R\$ 1500,00 com custo de manutenção de R\$ 20,00 por TR e custo de energia elétrica é de R\$60,00 por mês por TR. Faça sua avaliação considerando um período de 5 anos de uso.

6- Qual a vazão de água (em litros por hora) que deve ser estimada em um sistema de condensação a água de um edifício que utiliza 10 self-contaneds de 5TR cada? Considere que a capacidade de refrigeração é de aproximadamente 75% da capacidade de condensação e que a diferença da água na entrada e na saída da torre de arrefecimento seja de 5°C. Considere ainda que a velocidade média do escoamento da água dentro da tubulação é de 2 m/s, calcule qual o diâmetro interno da tubulação de água de condensação.

7- Compare a partir de análise de custos qual a melhor solução para uma instalação entre as duas opções abaixo. O sistema pode ser de janela ou split. A capacidade é de 5TR. O uso é de 4 horas por dia durante 220 dias por ano durante 5 anos de uso. Analise as alternativas a partir dos custos iniciais e de operação. (EER = (capacidade Btu/h) / consumo em W) – 1kWh = R\$ 0,30.

\*☒ sistema de ar de janela – E.E.R de 7,0 – custo inicial de R\$ 600,00 por TR, custo mensal de manutenção de R\$ 20,00 por TR.

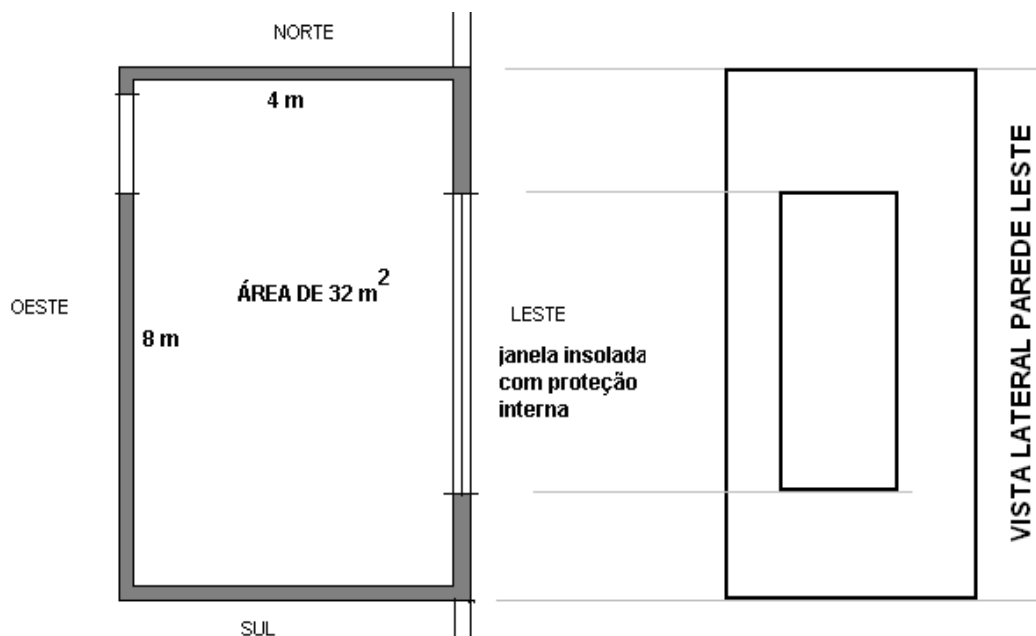
\*☒ Sistema split – E.E.R. de 9,0 – custo inicial de R\$ 1000,00 por TR, custo mensal de manutenção de R\$ 30,00 por TR.



a) vidros Janela Oeste
b) vidros porta Norte
c) parede da face norte
d) parede face oeste
e) paredes na sombra – face leste
f) paredes na sombra (internas)
g) telhado $U = 3 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$
TOTAL DA CARGA TÉRMICA DO “ENVELOPE”:
EQUIPAMENTOS.
PESSOAS
CARGA TÉRMICA TOTAL

9- Considere a região sul – Florianópolis – Latitude 27 graus. Estime qual a carga térmica do escritório ilustrado na Figura, que tem dimensões de 8 m de comprimento na face leste, 4 m de largura e pé-direito de 3m. O ambiente é ocupado por 10 pessoas, há 2500W em potência de equipamentos instalados, 1500W de iluminação fluorescente e janela com cortina interna de 6m por 2m na face leste. O escritório fica localizado entre dois andares de um prédio climatizado. Considere uma taxa de renovação de ar de 17 metros cúbicos de ar por hora por pessoa. A face norte, sul e oeste são localizadas entre ambientes também climatizados, logo a área delas não é considerada nos cálculos. As paredes são leves (15 cm).

Sugestão: Inicialmente, deve-se fazer um esboço do ambiente e depois preencher a tabela de acordo com as áreas das janelas, paredes, entre outras informações. Multiplica-se as áreas e informações pelos fatores disponíveis nas colunas 3 e 5, obtendo os valores das parcelas de carga térmica (kcal/h) na quarta e na sexta coluna. Observa-se que a área de janelas é 12 metros quadrados. Já a área da parede mais insolada é a face leste, cujas dimensões totais são  $8,00 \times 3,00 = 24,00$  metros quadrados. Mas, subtraindo-se a área da janela, temos 12 metros quadrados. Observe que não há trocas de calor pelo teto e pelo piso porque estas duas faces estão em contato com ambientes climatizados.



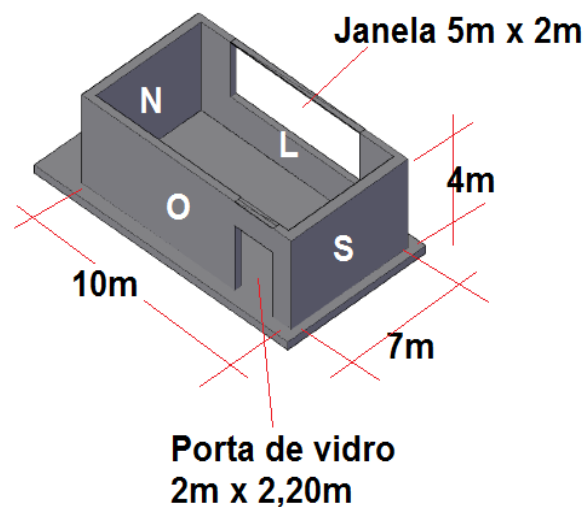
**PLANILHA PARA ESTIMATIVA DE CARGA TÉRMICA**

Válida para região da Grande Florianópolis – Latitude 27 graus Sul para verão

JANELAS	Fator <sup>1</sup> Sem proteção	Área <sup>1</sup>	Q (°) Kcal/h	Fator <sup>2</sup> Cortina interna	Fator <sup>3</sup> Proteção externa
Janela ao sol Leste ou Oeste	520			353	109
Janela ao sol ao SE ou SO	354			245	86
Janela ao sol NE ou NO	415			284	94
Janelas ao sol Norte	223			160	67
Janelas à sombra (ou ao sul)	42			Dados válidos para Florianópolis considerando-se temperatura externa de verão 32 C, UR = 60%  * 1=sem proteção *2=com proteção interna *3=com proteção externa	
Parede mais insolada pesada (30 cm)	34				
Parede mais insolada leve (15 cm)	43				
Demais paredes pesadas (30 cm)	11				
Demais paredes leves (15 cm)	18				
Terraço sem isolamento	83				
Terraço com isolamento	25				
Telhado não arejado sem isolamento	49				
Telhado não arejado com isolamento	9				
Telhado arejado sem isolamento	20				
Telhado arejado com isolamento	5				
Forro entre andares não condicionados	9				
Piso entre andares não condicionados	12				
Iluminação incandescente + equipamentos	0,86				
Iluminação fluorescente	1,032				
ATIVIDADE	Fator Sensível	Número de Pessoas	Q (°) Sensível kcal/h		
Trabalho Leve	62			127	
Pessoas sentadas	54			46	
Trabalho de escritório	54			59	
VENTILAÇÃO	Fator C sensível	Vazão m³/h	Q (°) Sensível kcal/h	Fator C.Latente	Q(°) Latente kcal/h
Ar externo de renovação	2			6,2	
			<b>Q sensível kcal/h</b>	<b>Q latente kcal/h</b>	
<b>CARGA TÉRMICA TOTAL</b>			<b>Q(sensível+latente) kcal/h</b>		

**Para obter em Btu/h, basta multiplicar kcal/h por 4.**

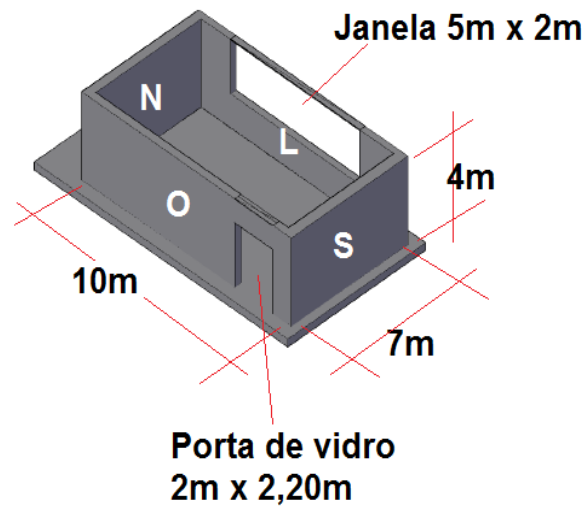
10- Um escritório tem 10m x 7m x 4m e conta com 20 pessoas. A janela de vidro comum está na posição leste e tem U de 6,0 W/m<sup>2</sup>.°C.. A porta de vidro tem dimensões de 2m x 2,20m e mesmo U (coeficiente global de transferência de calor). As paredes Norte e Oeste têm espessura de 25cm e coeficiente global de transferência de calor (U) de 2,0 W/m<sup>2</sup>.°C. As demais paredes têm espessura de 15cm e coeficiente global de transferência de calor (U) de 3,0 W/m<sup>2</sup>.°C. No período da tarde (às 15h), a face oeste recebe I<sub>o</sub>= 900W/m<sup>2</sup> de insolação direta. A face norte recebe I<sub>n</sub>=250W/m<sup>2</sup> de insolação direta. As demais paredes estão na sombra. O telhado e a laje juntos têm U = 1,8W/m<sup>2</sup>.°C. A insolação que o telhado recebe é de I<sub>t</sub>=800W/m<sup>2</sup>. O escritório está localizado em FLORIANÓPOLIS (SC). A temperatura externa de verão é de 32°C (Norma Técnica). A temperatura interna do escritório é de 25°C. A iluminação é de 2.500W. Há 2.000 W em equipamentos instalados. O ar externo de renovação ainda não está sendo considerado.



Item	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	ΔT (°C)	DT (°C)	Taxa de Calor trocado (W)
Parede Norte					
Parede Sul					
Parede Leste					
Parede Oeste					
Janela leste					
Porta de vidro					
Telhado / laje					
Pessoas				... pessoas	
Equipamentos					
Iluminação					
Total					

Carga Térmica total ESTIMADA em .....Btu/h (12.000Btu/h = 3517W)  
 Considere DT = Insolação x 0,008

11- Um escritório tem 10m x 7m x 4m e conta com 20 pessoas. A janela de vidro comum está na posição leste e tem U de 6,0 W/m<sup>2</sup>.°C.. A porta de vidro tem dimensões de 2m x 2,20m e mesmo U (coeficiente global de transferência de calor). As paredes Norte e Oeste têm espessura de 25cm e coeficiente global de transferência de calor (U) de 2,0 W/m<sup>2</sup>.°C. As demais paredes têm espessura de 15cm e coeficiente global de transferência de calor (U) de 3,0 W/m<sup>2</sup>.°C. No período da tarde (às 15h), a face oeste recebe I<sub>o</sub>= 900W/m<sup>2</sup> de insolação direta. A face norte recebe I<sub>n</sub>=250W/m<sup>2</sup> de insolação direta. As demais paredes estão na sombra. O telhado e a laje juntos têm U = 1,8W/m<sup>2</sup>.°C. A insolação que o telhado recebe é de I<sub>t</sub>=800W/m<sup>2</sup>. O escritório está localizado em Campo Grande (MS). A temperatura externa de verão é de 34°C (Norma Técnica). A temperatura interna do escritório é de 25°C. A iluminação é de 2.500W. Há 2.000 W em equipamentos instalados. O ar externo de renovação ainda não está sendo considerado.



Item	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	ΔT (°C)	ΔT' (°C)	Taxa de Calor trocado (W)
Parede Norte					
Parede Sul					
Parede Leste					
Parede Oeste					
Janela leste					
Porta de vidro					
Telhado / laje					
Pessoas				... pessoas	
Equipamentos					
Iluminação					
Total					

Carga Térmica total ESTIMADA em .....Btu/h (12.000Btu/h = 3517W)  
 Considere ΔT' = Insolação x 0,008



12- Calcule a carga térmica de nossa sala de aula (às 15h) usando a planilha simplificada. Dados 30 alunos sentados. Sem taxa de renovação. Iluminação de 3000W. Equipamentos 900W. Janelas ao Leste. Demais informações devem ser obtidas a partir da observação prática. Considere que a sala do andar de baixo esteja climatizada, assim como as demais salas ao lado. A janela está na face Leste. A parede da porta não recebe sol da tarde por conta do *breeze*. A sala tem dimensões 6m x 9m e pé direito de 4m.

PLANILHA DE CARGA TÉRMICA SIMPLIFICADA - WATTS

1	JANELAS	Fator 1	Área <sup>1</sup>	Q (°)	Fator 2 cortina interna	Fator3
1.1	Janela ao sol LESTE ou OESTE	608		0	413	109
1.2	Janela ao sol SE/SO	414		0	287	101
1.3	Janela ao sol NE/NO	486		0	332	110
1.4	Janelas ao sol N	261		0	187	78
1.5	Janelas a sombra	49		0	CROQUI	
2	CONSTRUÇÃO	Fator	Área	Q (°)		
2.1	Parede recebendo sol direto de 25cm			0		
2.2	Parede recebendo sol direto de 15cm			0		
2.3	Outras paredes de 25cm na sombra			0		
2.4	Outras paredes de 15cm na sombra			0		
2.5	Terraço sem isolamento térmico			0		
2.6	Terraço com isolamento térmico			0		
2.7	Forro de telhado não arejado sem isolamento			0		
2.8	Forro de telhado não arejado com isolamento			0		
2.9	Forro de telhado arejado sem isolamento			0		
2.10	Forro de telhado arejado com isolamento			0		
2.11	Forro entre andares			0		
2.12	Piso entre andares			0		
2.13	Duto de insuflamento			0		
3	ILUMINAÇÃO E EQUIPAMENTOS	Fator	Potencia <sup>3</sup>	Q (°)		
3.1	Iluminação incandescente	1		0		
3.2	Iluminação fluorescente (em Watts)	1		0		
3.3	Equipamentos	1		0		
4	ATIVIDADE	Fator	Pessoas	Q (°) sensível	Fator	Q (°) latente
4.1	Trabalho Leve	73		0	149	0
4.2	Sentados	63		0	54	0
4.3	Trabalho de escritório	63		0	69	0
5	VENTILAÇÃO	Fator	Vazão*	Q (°) sensível	Fator	Q (°) latente
5.1	Infiltração	2,3		0	7,3	0
5.2	Renovação de ar (Portaria 3523/98)	2,3		0	7,3	0

Calor Sensível Total =

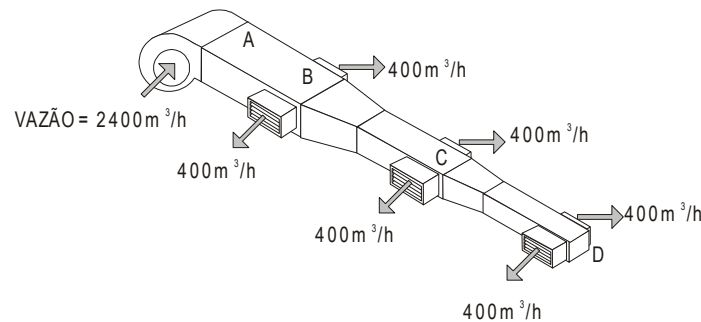
Calor Latente Total =

Carga Térmica em Watts =

Carga Térmica em BTU/h =

#### 4- CÁLCULO DE REDE DE DUTOS – MÉTODO DA VELOCIDADE

O processo de arbitragem de velocidades consiste em se adotar velocidades recomendadas para a rede de dutos, não prevendo o equilíbrio de pressão nas bocas de insuflamento. É, portanto um processo de cálculo rápido, muito utilizado pela sua simplicidade.



Comece o cálculo procurando a vazão do ventilador no catálogo do equipamento. No trecho inicial (AB), fixe uma velocidade recomendada em norma (4m/s, por exemplo) e calcule a área do duto pela equação da continuidade  $Q = V.A$  (vazão = velocidade x área). Com esta área, tomando-se como referência uma altura limite para o duto (por exemplo: 0,25m) calcule a largura do mesmo. Repita este procedimento para os demais ramais. Observe que  $[2400\text{m}^3/\text{h}]/3600 = 0,66 \text{ m}^3/\text{s}$ .

$$\bar{Q} = V.A \Rightarrow A = \frac{\bar{Q}}{V}$$

$$A = \frac{0,66}{4} = 0,16\text{m}^2 \Rightarrow A = L \times H \Rightarrow L = \frac{A}{H} = \frac{0,16}{0,25} = 0,65\text{m}$$

Onde  $\bar{Q}$  é a vazão em m³/s, V a velocidade do ar dentro do duto e A é a área da seção transversal do duto. Se a vazão estiver em m³/h, basta dividir por 3.600. Em algumas situações é necessário conhecer o fluxo de massa de ar. Nesse caso, basta multiplicar a vazão pela densidade do mesmo.

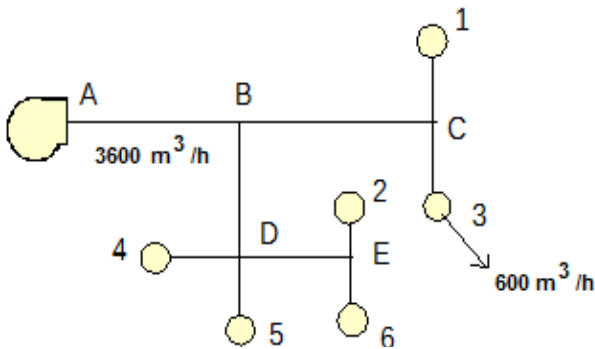
Resultado do cálculo de uma rede de dutos pelo método da velocidade

Trecho	Vazão (m³/s)	Velocidade (m/s)	Área (m²)	L X H ( m x m )
AB	0,66	4,0	0,16	0,65 x 0,25
BC	0,44	4,0	0,11	0,55 x 0,20
CD	0,22	4,0	0,055	0,35 x 0,15

Normalmente, são utilizados dutos retangulares para condicionamento de ar. Isso porque os mesmos se adaptam melhor ao pé direito das construções. O que não impede que dutos circulares e ovais sejam usados.

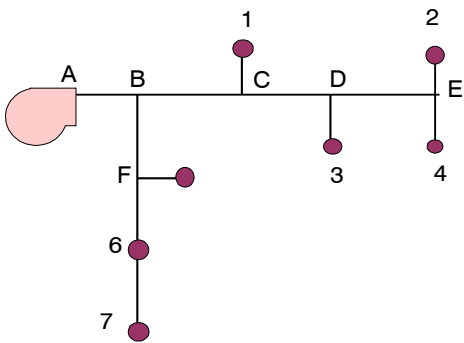
**Exemplos resolvidos**

1- Calcule a rede de dutos a seguir pelo método **da velocidade**, considerando-se uma vazão em cada difusor de  $600\text{m}^3/\text{h}$  e a velocidade do ar no trecho AB como sendo  $5\text{m/s}$ . Cada trecho mede  $8\text{m}$ . Para obter a vazão em  $\text{m}^3/\text{s}$  basta dividir por  $3600$ . A área é obtida pela vazão dividido pela velocidade. Deve-se arredondar as medidas dos dutos de  $5$  em  $5$  cm. Fixe a altura dos dutos para obter a largura.



TRECHO	VAZÃO ( $\text{m}^3/\text{h}$ )	VAZÃO ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	$V_{\text{ar}}$ ( $\text{m/s}$ )	ÁREA ( $\text{m}^2$ )	largura ( $\text{m}$ )	altura ( $\text{m}$ )
AB	3600	1,00	5	0,20	0,65	0,30
BC	1200	0,33	5	0,066	0,35	0,20
BD	2400	0,66	5	0,133	0,55	0,25
DE	1200	0,33	5	0,066	0,35	0,20
OUTROS	600	0,16	5	0,033	0,20	0,15

2- Calcule a rede de dutos a seguir pelo método da velocidade considerando-se uma vazão em cada difusor de  $600\text{m}^3/\text{h}$  e a velocidade como sendo  $5\text{m/s}$ .



TRECHO	VAZÃO ( $\text{m}^3/\text{h}$ )	VAZÃO ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	ÁREA ( $\text{m}^2$ )	largura ( $\text{cm}$ )	altura ( $\text{cm}$ )
AB	4200	1,16	0,233	60	40
BC	2400	0,66	0,133	45	30
CD	1800	0,50	0,10	40	25
DE	1200	0,33	0,066	35	20
BF	1800	0,50	0,10	40	25
F6	1200	0,33	0,066	35	20
E2=E4	600	0,166	0,033	25	15

### 5- CÁLCULO DE ÁREA DE CHAPAS GALVANIZADAS

As chapas para confecção de dutos para condicionamento de ar são, em geral, fornecidas em placas de aço galvanizado no tamanho de 1m x 2m. As espessuras da chapa variam e a escolha deve ser realizada mediante a maior das dimensões retangulares da secção transversal do duto.

Bitolas de chapas para a fabricação de dutos rígidos (baixa pressão)

Espessuras				Circular		Maior comprimento do duto retangular (em mm)
Alumínio		Aço Galvanizado		Helicoidal (mm)	Calandrado com costura longitudinal (mm)	
Bitola	mm	Bitola	mm	-	-	-
24	0,64	26	0,50	até 225	até 450	até 300
22	0,79	24	0,64	250 a 600	450 a 750	310 a 750
20	0,95	22	0,79	650 a 900	750 a 1150	750 a 1400
18	1,27	20	0,95	950 a 1250	1150 a 1500	1410 a 2100
16	1,59	18	1,27	1300 a 1500	1510 a 2300	2110 a 3000

#### Aplicação prática

The diagram shows a 3D perspective of a rectangular duct. The length is labeled as 12m. The height is labeled as 80 cm. The width is labeled as 30 cm. The perimeter of the cross-section is indicated by a red line and labeled as  $2 \cdot (L + H)$ . The length of the duct is labeled as C.

**Perímetro =  $2 \cdot (L + H)$**

**Perímetro =  $2 \cdot (0,8 + 0,3) = 2 \cdot (1,10) = 2,2m$**

**Área de chapas**

**A = perímetro x comprimento C**

**A =  $2,2 \times 12 = 26,4 \text{ m}^2$**

**Volume de chapas**

**V = A . espessura**

**V =  $26,4 \cdot 0,79 \cdot 10^{-3} = 0,0208 \text{ m}^3$**

**Massa**

**M = V . densidade do aço**

**M =  $0,0208 \cdot 7600 = 158,5 \text{ kg}$**



## 7- ESTIMATIVA DA PERDA DE CARGA

Depois de realizados o cálculo dos dutos, é conveniente que se calcule a perda de carga do trecho mais longo de distribuição. O cálculo da perda de carga, mesmo que simplificado, dará ao projetista condições de comparar esse valor com a pressão estática disponibilizada pelo escoamento, isto é, a capacidade de deslocamento do ar por parte da máquina. Para a realização desse cálculo utiliza-se a seguinte equação:

$$\Delta p_{total} = \Delta p_{trechos\_retos} + \Delta p_{localizadas}$$

As perdas localizadas podem ocorrer numa derivação, numa contração do escoamento, num registro, numa expansão brusca, numa curva ou mesmo na grelha de insuflamento. Já as perdas de carga dos trechos retos dependem da velocidade do escoamento e da rugosidade superficial das chapas e podem ser calculadas como segue:

$$\Delta p_{trechos\_retos} = f \cdot \frac{\rho_{ar} \cdot V^2 \cdot L}{2D}$$

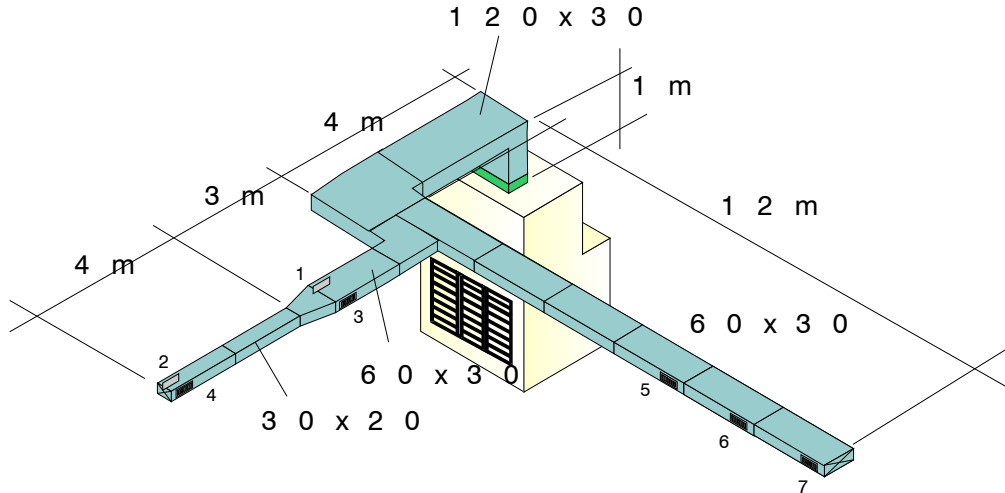
Onde:  $f$  é o fator de atrito,  $L$  é o comprimento total do trecho reto,  $\rho_{ar}$  é a densidade do ar,  $D$  é o diâmetro equivalente e  $V$ , a velocidade do escoamento. Convém observar que, para dutos retangulares, o diâmetro equivalente é calculado da mesma forma que apresentado anteriormente e os valores de “ $f$ ” podem ser obtidos a partir de diagramas, tais como o Diagrama de Moody.

$$\Delta p_{localizadas} = F \cdot P_v = F \cdot \frac{\rho_{ar} V^2}{2}$$

Onde:  $F$  é o fator característico para acessório (curvas, reduções, expansões etc) e  $P_v$  é a pressão dinâmica ou de velocidade. Para cada tipo de acessório, existe um Fator característico. Tabelas completas podem ser encontradas no *ASHRAE Handbook of Fundamentals*. A seguir, apresenta-se um resumo para estimativa da perda de carga nesses acessórios:

**Exemplo de aplicação**

1-Estime a perda de carga no maior trecho. Considere vazão inicial de 8400 m<sup>3</sup>/h.



Verificação do trecho com maior perda de carga

a) perda de carga nos trechos retos

b) perda de carga nas curvas

R/ L	Valores de F					
	Relação H / L					
	0,25	0,50	1,0	2,0	3,0	4,0
Canto vivo	1,5	1,32	1,15	1,04	0,92	0,86
0,5	1,36	1,21	1,050	0,950	0,84	0,79

c) perda de carga nas reduções F = 0,3 para ângulo de 30°.

$$\Delta p = F.(P_{v2} - P_{v1})$$

d) perda de carga na boca de insuflamento

---

## 8- PROJETO FINAL

Parte 1 - Capa deve conter nome do IFSC, Curso, Disciplina, Título do Projeto, Equipe, Data

Parte 2- Objetivo do projeto, descrição da instalação e as premissas de cálculo (condições internas e externas – ver Norma NBR 16.401/2008)

Parte 3- Planilha de carga térmica preenchida.

Parte 4- Descrição do equipamento de climatização selecionado. Anexar o catálogo do fabricante destacando o modelo, a capacidade, a vazão e o consumo do equipamento.

Parte 5- Esquema unifilar da rede de dutos, mostrando os trechos e a tabela de cálculo. Inserir também os cálculos das áreas de chapas.

Parte 6- Detalhes da casa de máquinas - indicando qual a posição da Tomada de ar externo selecionada, a Grelha de Ar de Retorno, o tipo de filtro e a posição da máquina. Atentar para a posição do ponto de força e a posição da caixa sifonada para o dreno.

Parte 7- Acessórios, mostrar catálogos das bocas, grelhas, TAEs, filtros, suportes para dutos.

Parte 8- Desenho em CAD da instalação com a rede de dutos. Deve-se mostrar claramente as dimensões dos dutos e a posição das bocas de insuflamento.

Parte 9- Tabela detalhada dos custos envolvidos para a instalação - mão de obra, equipamentos, preço das chapas, mão de obra do duteiro, custos das bocas de insuflamento, custo dos filtros, retorno, suporte dos dutos, isolamento se preciso.

Parte 10- Nos anexos podem ser mostrados os catálogos, quadro elétrico, acessórios etc.

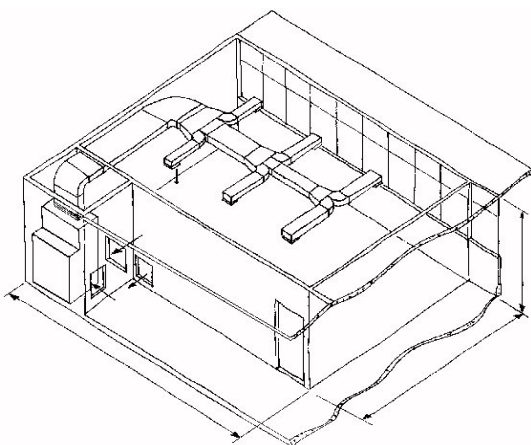


---

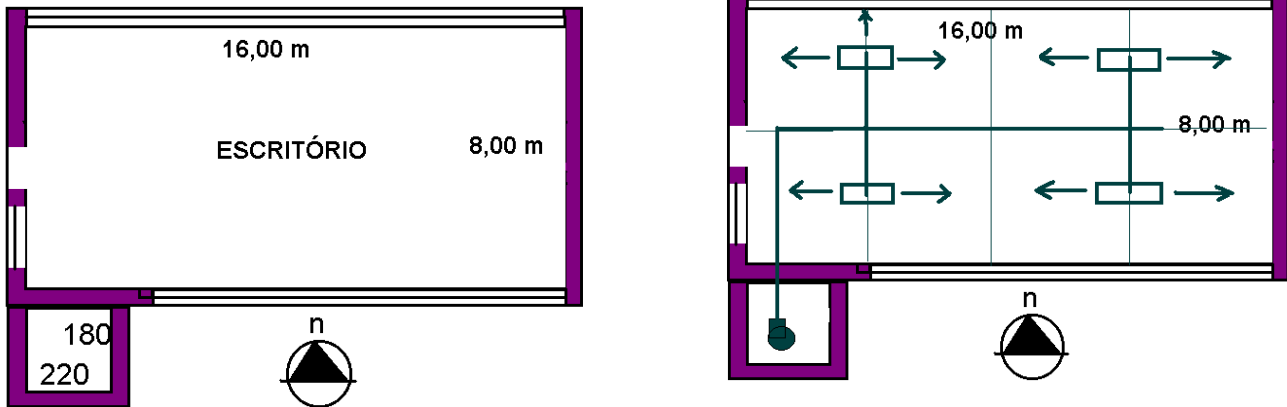
**Exemplo de Projeto Final**

1- Seja o auditório a seguir com as características: tamanho de  $(18,00 \times 10,00 \times 4,00)\text{m}^3$ , espessura da parede de 15cm, orientação da janela para o Leste, com cortinas internas, ocupação de 55 pessoas, taxa de renovação de  $27\text{m}^3/\text{h}$  por pessoa,  $30\text{W}/\text{m}^2$  de iluminação fluorescente. O peitoril da janela é de 1,00m; o telhado é não arejado sem isolamento; a instalação é sobre o solo. A marquise da face leste tem 1,00m de largura.

- Calcule a carga térmica para mês de janeiro (verão). Considere a sombra projetada na janela no dia 21 de janeiro às 10h da manhã.
- Considerando a carga térmica, dimensione a rede de dutos pelo método do igual atrito. Considere a velocidade no primeiro trecho de 5m/s.
- A partir do cálculo da rede de dutos estime qual a perda de carga no maior trecho. Estime a perda de carga na boca de insuflamento como sendo de 30 Pascals.
- Estime as áreas efetivas das tomadas de ar externo e do retorno. Considere a velocidade de 2m/s na face das mesmas.
- Considerando os custos médios de um self-contained com condensação a ar acoplado, das chapas de aço galvanizado, das tomadas de ar externo e de retorno, das bocas de insuflamento, estime o custo mínimo desta instalação.
- Estime qual o custo da mão-de-obra do duteiro e do instalador do equipamento.
- Estime qual será o consumo de energia elétrica anual desta instalação que opera durante 5 horas por dia durante 180 dias por ano. Considere que o E.E.R. da máquina é de 9,5 e 1kWh custa R\$ 0,35.



2- Dada a planta baixa a seguir – Realize uma avaliação preliminar de carga térmica, da rede de dutos e dos componentes. Dados - 16 pessoas, 3240 W iluminação fluorescente, 900 W de equipamentos, cobertura de laje com telha de barro arejado, janela de 16m x 2m face norte, janela de 13mx2m na face sul e de 1mx2m na face oeste, pé direito de 3,00m, paredes de 15cm, proteção externa – marquise de 1,50m sobre a janela da face norte.



Solução:

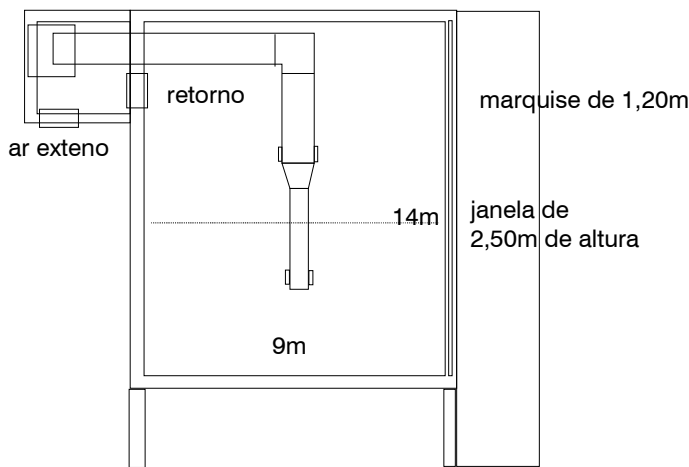
1- Calculo da carga térmica pela planilha simplificada

2- Seleção do equipamento: Critérios para escolha do sistema - Flexibilidade, Qualidade do ar, Custo inicial, Custo de operação, Estética, Facilidade de manutenção, Eficiência energética,  $(E.E.R=Q/P)$  [(Btu/h)/W].

3- Dimensionamento da rede de dutos

Trecho	Vazão [m <sup>3</sup> /s]	Velocidade m/s	Área [m <sup>2</sup> ]	L x H

3- Seja a figura a seguir, ilustrando um auditório com os seguintes dados: 5600W de iluminação fluorescente, ocupação de 6 metros quadrados por pessoas sentadas, forro de telhado não arejado e sem isolamento, janela ao leste, ambiente sobre o piso, renovação de 17m<sup>3</sup>/h por pessoa, 500W equipamentos, paredes de 15cm, sendo a parede sul interna. O pé direito é de 3,50m. O sol atinge a janela sem cortinas às 10h da manhã num ângulo de 60 graus com a horizontal. Considere o sombreamento no cálculo de carga térmica. Qual a carga térmica em TR? Se fosse trocada a espessura da parede para 25 cm e acrescentado uma película refletora na janela que reduz em 30% a insolação, qual a nova carga térmica? Calcule também a rede de dutos.



Trecho	Vazão [m <sup>3</sup> /s]	Velocidade m/s	Área [m <sup>2</sup> ]	L x H

## 9- REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **ASHRAE Fundamentals Handbook (SI)**. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. Inc.,1997, Chapter 08.

CLEZAR, C. A. e NOGUEIRA, C.R. **Ventilação Industrial**. Florianópolis, UFSC, 1999.

INCROPERA, F. P. e DEWITT, D. P. **Fundamentos da Transferência de Calor e Massa**, Livros Técnicos e Científicos, Editora SA, 4ª Ed., 1998.

MESQUITA, A. L. S., GUIMARÃES, F.A. e NEFUSSI, N. **Engenharia de Ventilação Industrial**, São Paulo, Editora Edgard Bücher Ltda., 1977.

NETO, C.B., **Apostila de Carga Térmica**, Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina, 1998.

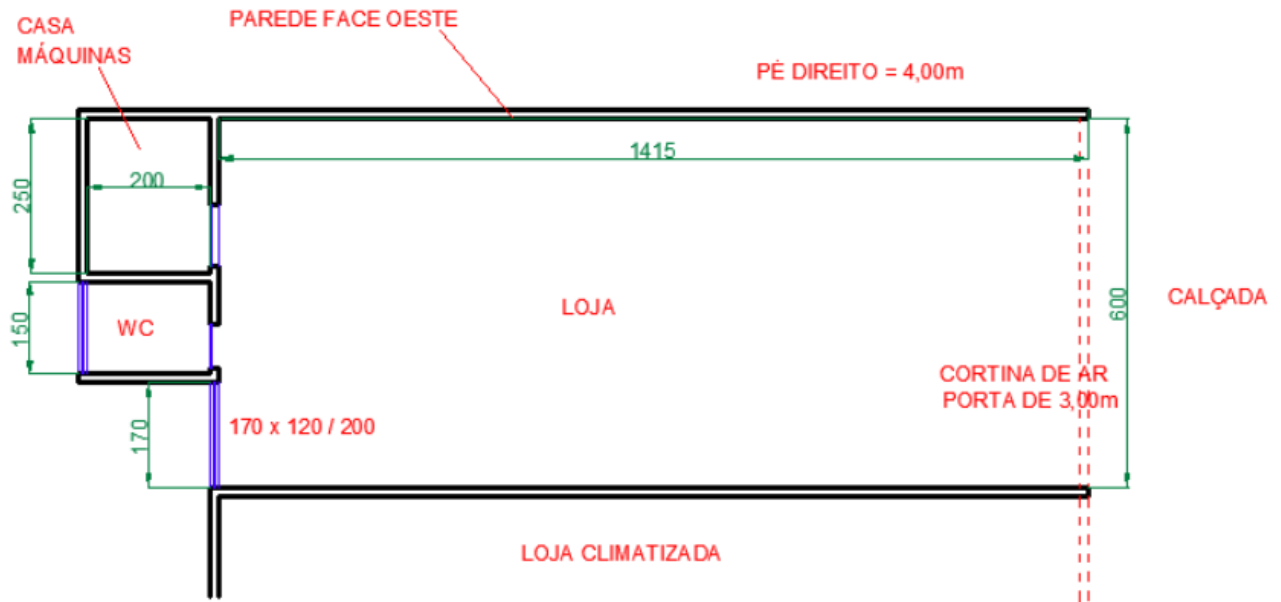
SILVA, J.G. Introdução à Tecnologia da Refrigeração e da Climatização. Ed. Artliber. 2ª. Edição. São Paulo. 2010.

NBR 16401 / 2008 - Disponível em:

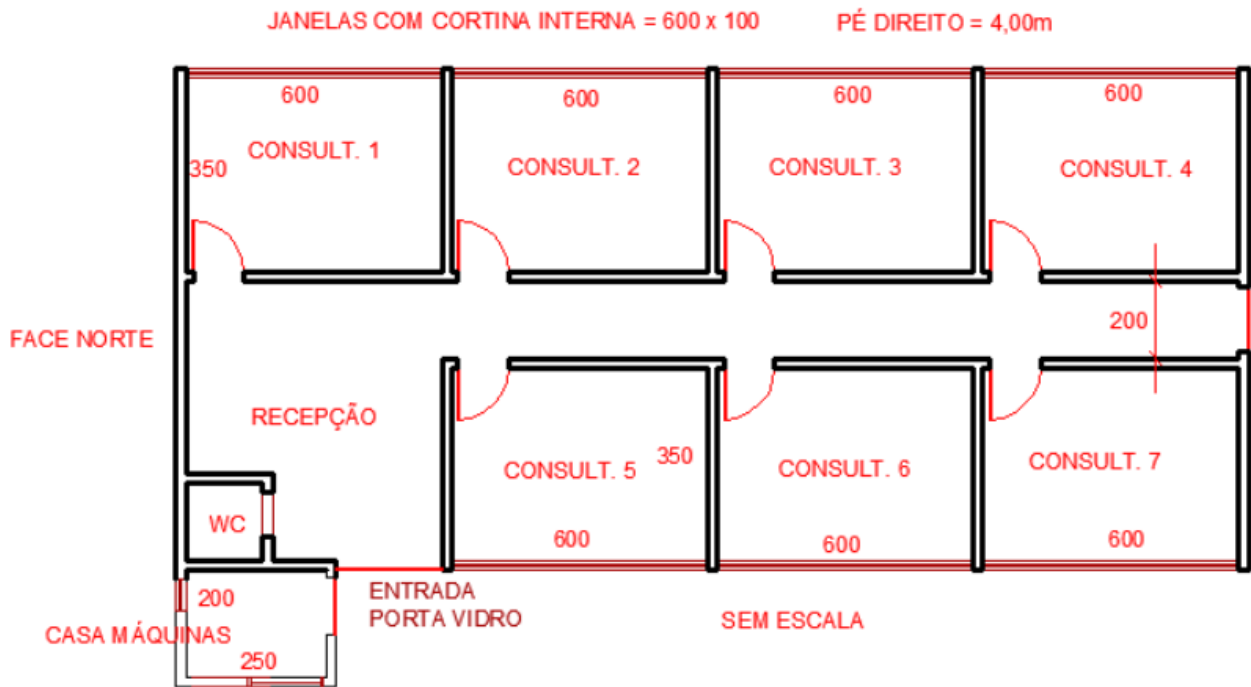
[http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/EngMec\\_NOTURNO/TM374/NBR\\_16401-1\\_2008.pdf](http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/EngMec_NOTURNO/TM374/NBR_16401-1_2008.pdf)

**10- ANEXOS:**

**A- AMBIENTES A SEREM CLIMATIZADOS**



<b>CONDIÇÕES DE PROJETO</b>	<b>PROJETO TIPO 1</b>
OCUPAÇÃO - 20 PESSOAS	
ILUMINAÇÃO - CONFORME NORMA	
EQUIPAMENTOS: 3000 W	<b>ENTRE ANDARES CLIMATIZADOS</b>
RENOVAÇÃO DE AR: CONFORME NORMA	



**PROJETO TIPO 3**

**CONDIÇÕES DE PROJETO**

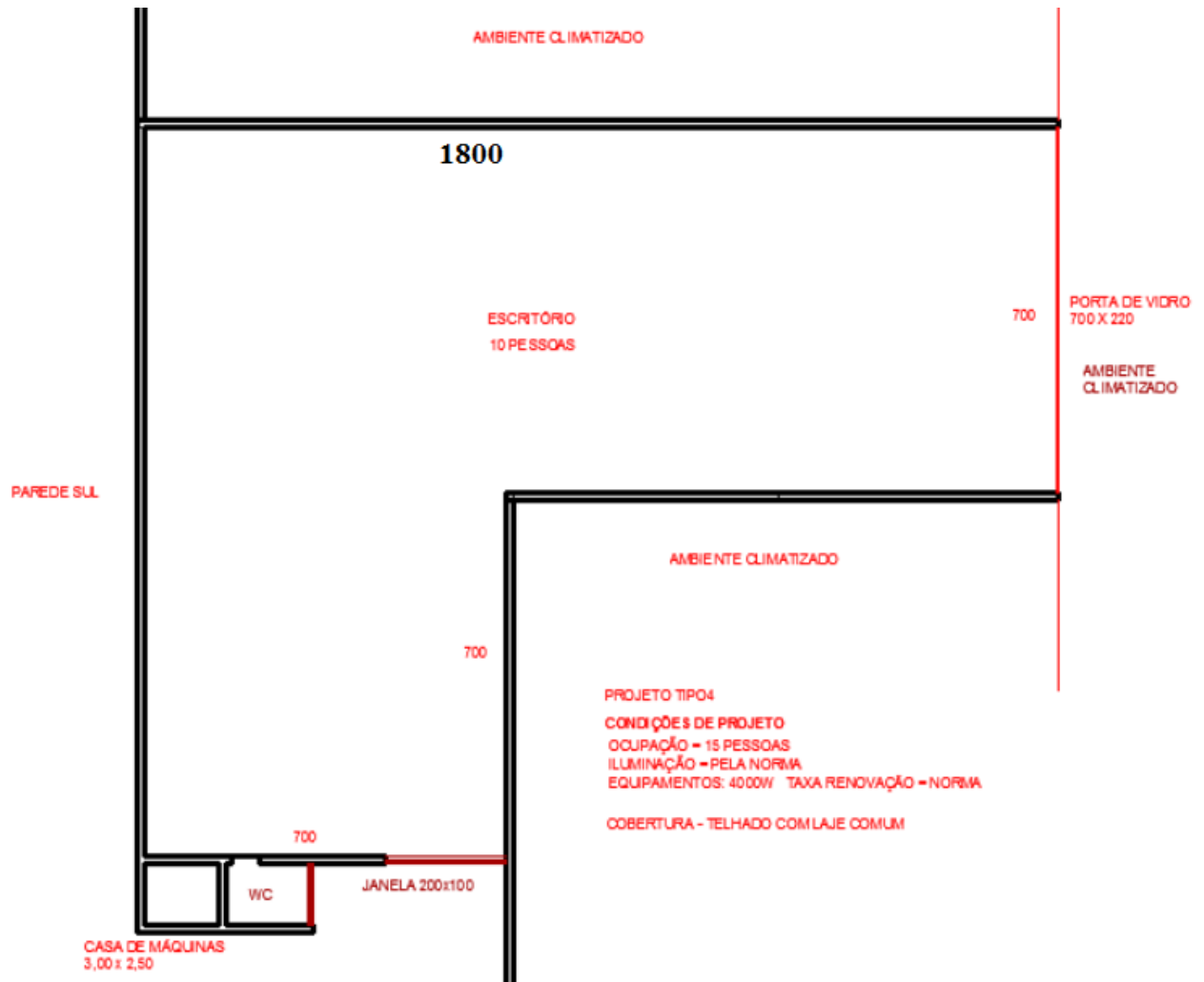
OCUPAÇÃO - 2 PESSOAS POR CONSULTÓRIO

RECEPÇÃO = 5 PESSOAS

ILUMINAÇÃO - 200 W POR SALA

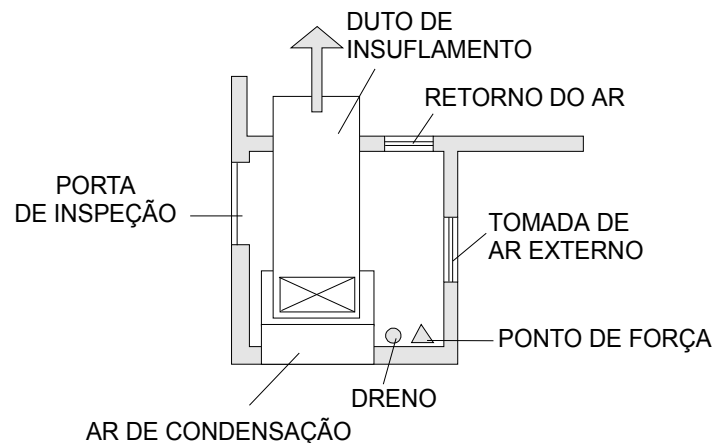
EQUIPAMENTOS: 100 W POR SALA    TAXARENOVAÇÃO = NORMA

COBERTURA - TELHADO COM LAJE COMUM

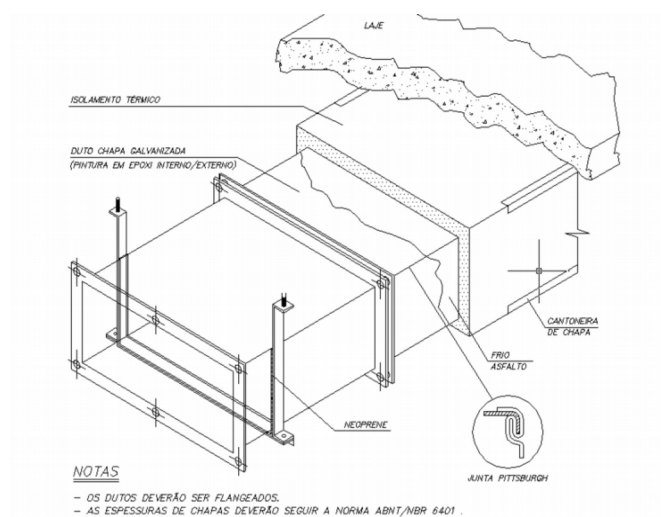


## B- DESENHOS ILUSTRATIVOS DE CLIMATIZAÇÃO

As casas de máquinas, para sistemas que exigem caixa de mistura, devem ter dimensões apropriadas para acomodação do equipamento e permitir a instalação e manutenção adequada. Há a necessidade de previsão da forma da tomada do ar externo e do ar para condensação do fluido refrigerante do equipamento.



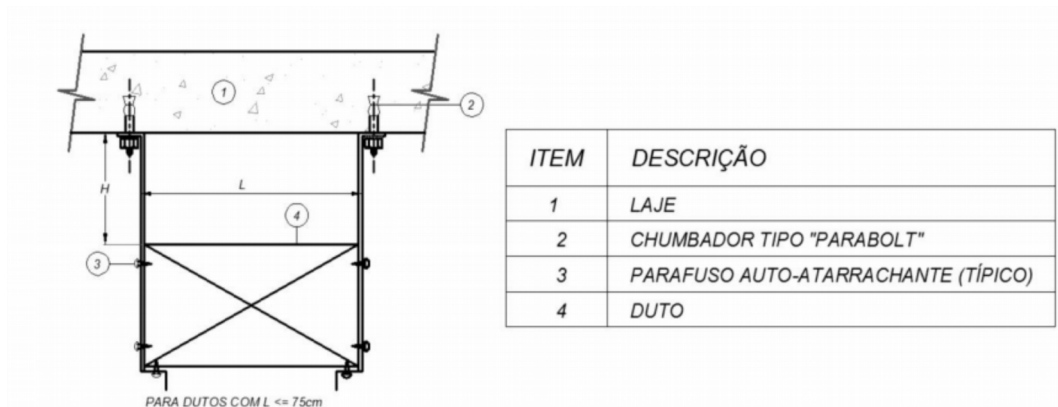
Os dutos de insuflamento devem ser isolados sempre que apresentarem perigo de condensação de umidade em sua parede exterior. Lembre-se que isso geralmente ocorre quando os dutos passam dentro de forros não condicionados.



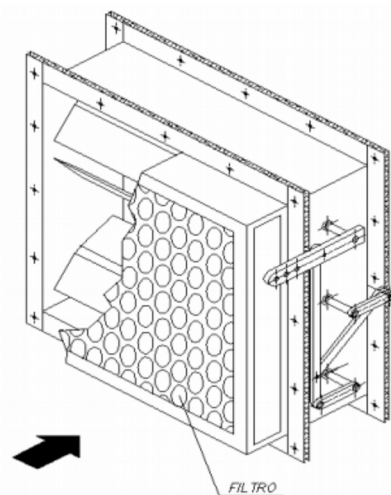
Os dutos devem ter suportes rígidos para garantirem uma instalação segura e livre de vibrações. Estes podem ser realizados por cantoneiras ou por ferro chato preso por haste metálica em local apropriado. A distância entre um suporte e outro dependerá da bitola da chapa escolhida



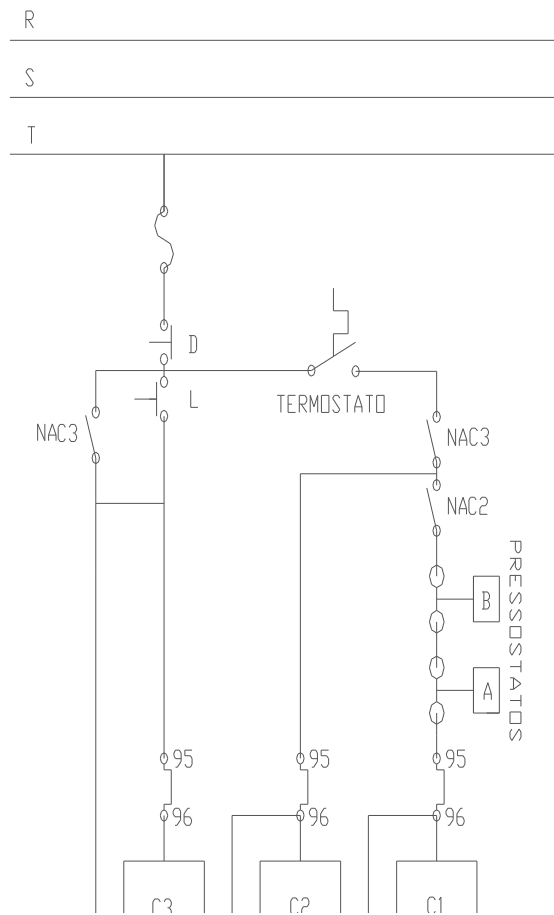
(que define o peso por metro). Os dutos nervurados permitem maior estabilidade ao sistema, e portanto os vincos devem ser realizados sempre que os dutos não sejam isolados.



O ar insuflado deve ser totalmente filtrado e parcialmente renovado. Isto deve ser realizado através da utilização de pré-filtros / filtros na entrada da caixa de mistura e na entrada da serpentina de resfriamento e desumidificação. Geralmente o filtro e pré-filtro (chamados de filtragem em dois estágios) são montados em caixilhos independentes, montados sob pressão. O primeiro estágio deve ser formado por filtros do tipo permanentes, laváveis e metálicos, galvanizados ou de alumínio com 50 mm de espessura em geral. O segundo estágio deve ser formado por filtros de lã de vidro ou fibra sintética de poliéster com 25 mm de espessura. Na tabela a seguir ilustra-se um resumo da NBR 16.401 e fornece orientações sobre os tipos de filtros para condicionamento de médio porte.



Diagramas de Comando e Força



IFSC- CÂMPUS SÃO JOSÉ – CURSO TÉCNICO DE REFRIGERAÇÃO E CLIMATIZAÇÃO

PROJETO DE INSTALAÇÃO DE CLIMATIZAÇÃO

SEMANA

---

**PLANILHA PARA ESTIMATIVA DE CARGA TÉRMICA**

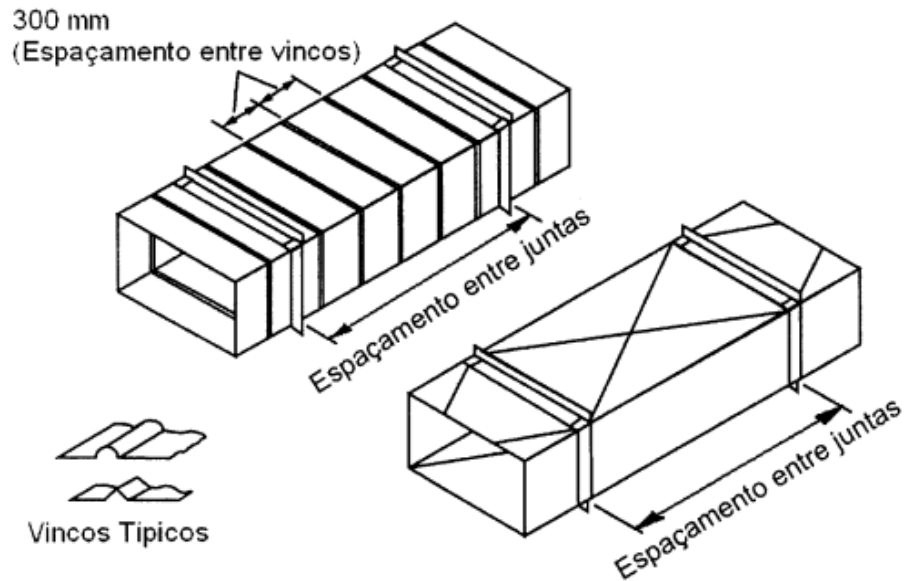
Válida para região da Grande Florianópolis – Latitude 27 graus Sul para verão

JANELAS	Fator <sup>1</sup> Sem proteção	Área <sup>1</sup>	Q (°) Kcal/h	Fator <sup>2</sup> Cortina interna	Fator <sup>3</sup> Proteção externa
Janela ao sol Leste ou Oeste	520			353	109
Janela ao sol ao SE ou SO	354			245	86
Janela ao sol NE ou NO	415			284	94
Janelas ao sol Norte	223			160	67
Janelas à sombra (ou ao sul)	42			Dados válidos para Florianópolis considerando-se temperatura externa de verão 32 C, UR = 60%  * 1=sem proteção *2=com proteção interna *3=com proteção externa	
Parede mais insolada pesada (30 cm)	34				
Parede mais insolada leve (15 cm)	43				
Demais paredes pesadas (30 cm)	11				
Demais paredes leves (15 cm)	18				
Terraço sem isolamento	83				
Terraço com isolamento	25				
Telhado não arejado sem isolamento	49				
Telhado não arejado com isolamento	9				
Telhado arejado sem isolamento	20				
Telhado arejado com isolamento	5				
Forro entre andares não condicionados	9				
Piso entre andares não condicionados	12				
Iluminação incandescente + equipamentos	0,86				
Iluminação fluorescente	1,032				
ATIVIDADE	Fator Sensível	Número de Pessoas	Q (°) Sensível kcal/h	Fator Latente	Q(°) Latente kcal/h
Trabalho Leve	62			127	
Pessoas sentadas	54			46	
Trabalho de escritório	54			59	
VENTILAÇÃO	Fator C sensível	Vazão m³/h	Q (°) Sensível kcal/h	Fator C.Latente	Q(°) Latente kcal/h
Ar externo de renovação	2			6,2	
			<b>Q sensível kcal/h</b>	<b>Q latente kcal/h</b>	
<b>CARGA TÉRMICA TOTAL</b>			<b>Q(sensível+latente) kcal/h</b>		

**Para obter em Btu/h, basta multiplicar kcal/h por 4.**

**ABNT NBR 16401-1:2008**

Dimensões de dutos superiores a 500 mm com área planificada superior a 1,00 m<sup>2</sup> devem receber vincos estruturais nas chapas metálicas ou dobras em "x", exceto aqueles que receberem isolamento térmico ou acústico. Não é necessário vincar todos os lados, a menos que cada dimensão seja superior a 483 mm.



NOTA Vincos estruturais ou dobras em "x" não afetam as classes de reforço (Tabela B.2 e B.2).

O posicionamento dos vincos poderá ser aleatório nas conexões.

Tabela C.1 — Taxas típicas de calor liberado por pessoas

Nível de atividade	Local	Calor total (W)		Calor Sensível (W)	Calor latente (W)	% Radiante do calor sensível	
		Homem adulto	Ajustado M/F <sup>a</sup>			Baixa velocidade do ar	Alta velocidade do ar
Sentado no teatro	Teatro matinê	115	95	65	30		
Sentado no teatro, noite	Teatro noite	115	105	70	35	60	27
Sentado, trabalho leve	Escritórios, hotéis, apartamentos	130	115	70	45		
Atividade moderada em trabalhos de escritório	Escritórios, hotéis, apartamentos	140	130	75	55		
Parado em pé, trabalho moderado; caminhando	Loja de varejo ou de departamentos	160	130	75	55	58	38
Caminhando, parado em pé	Farmácia, agência bancária	160	145	75	70		
Trabalho sedentário	Restaurante <sup>b</sup>	145	160	80	80		
Trabalho leve em bancada	Fábrica	235	220	80	140		
Dançando moderadamente	Salão de baile	265	250	90	160	49	35
Caminhando 4,8 km/h; trabalho leve em máquina operatriz	Fábrica	295	295	110	185		
Jogando boliche <sup>c</sup>	Boliche	440	425	170	255		
Trabalho pesado	Fábrica	440	425	170	255	54	19
Trabalho pesado em máquina operatriz; carregando carga	Fábrica	470	470	185	285		
Praticando esportes	Ginásio, academia	585	525	210	315		

NOTA 1 Valores baseados em temperatura de bulbo seco ambiente de 24 °C. Para uma temperatura de bulbo seco ambiente de 27 °C, o calor total permanece o mesmo, porém o calor sensível deve ser reduzido em aproximadamente 20 %, e o calor latente aumentado correspondentemente. Para uma temperatura de bulbo seco ambiente de 21 °C, também o calor total permanece o mesmo, porém o calor sensível deve ser aumentado em aproximadamente 20 %, e o calor latente reduzido correspondentemente.

NOTA 2 Valores arredondados em 5 W.

<sup>a</sup> O valor do calor ajustado é baseado numa porcentagem normal de homens, mulheres e crianças para cada uma das aplicações listadas, postulando-se que o calor liberado por uma mulher adulta é aproximadamente 85 % daquele liberado por um homem adulto, e o calor liberado por uma criança é aproximadamente 75 % daquele liberado por um homem adulto.

<sup>b</sup> O ganho de calor ajustado inclui 18 W para um prato de comida individual (9 W de calor sensível e 9 W latente).

<sup>c</sup> Considerando uma pessoa por cancha realmente jogando boliche, e todas as demais sentadas (117 W), paradas em pé ou caminhando lentamente (231 W).

Tabela C.2 — Taxas típicas de dissipação de calor pela iluminação

Local	Tipos de iluminação	Nível de iluminação	Potência dissipada
		Lux	W/m <sup>2</sup>
Escritórios e bancos	Fluorescente	500	16
Lojas	Fluorescente	750	17
	Fluorescente compacta		23
	Vapor metálico		28
Residências	Fluorescente compacta	150	9
	Incandescente		30
Supermercados	Fluorescente	1 000	21
	Vapor metálico		30
Armazéns climatizados	Fluorescentes	100	2
	Vapor Metálico		3
Cinemas e teatros	Fluorescente compacta	50	6
	Vapor metálico		4
Museus	Fluorescente	200	5
	Fluorescente compacta		11
Bibliotecas	Fluorescente	500	16
	Fluorescente compacta		28
Restaurantes	Fluorescente compacta	150	13
	Incandescente		41
Auditórios:			
a) Tribuna	Fluorescente	750	30
	Fluorescente compacta		32
b) Platéia	Fluorescente	150	10
c) Sala de espera	Vapor metálico	200	18
	Fluorescente compacta		8
Hotéis:			
a) Corredores	Fluorescente compacta	100	8
b) Sala de leitura	Fluorescente	500	15
	Fluorescente compacta		22
c) Quartos	Fluorescente compacta	150	9
	Incandescente		30
d) Sala de convenções - Platéia	Fluorescente	150	8
- Tablado	Fluorescente	750	30
	Fluorescente compacta		30
e) Portaria e recepção	Fluorescente	200	8
	Fluorescente compacta		9

**Tabela C.3 — Taxas típicas de dissipação de calor de equipamentos de escritório – Computadores**

Computadores	Uso contínuo W	Modo economizador W
Computadores		
Valor médio	55	20
Valor com fator de segurança	65	25
Valor com fator de segurança alto	75	30
Monitores		
Pequeno (13 pol. a 15 pol.)	55	0
Médio (16 pol. a 18 pol.)	70	0
Grande (19 pol. a 20 pol.)	80	0

**Tabela C.4 — Taxas típicas de dissipação de calor de equipamentos de escritório – Impressoras e copiadoras**

Impressoras e copiadoras	Uso contínuo W	1 página por minuto W	Ligada, em espera W
Impressoras a <i>laser</i>			
De mesa, pequena	130	75	10
De mesa	215	100	35
De escritório, pequena	320	160	70
De escritório, grande	550	275	125
Copiadoras			
De mesa	400	85	20
De escritório	1 100	400	300



Tabela 1 — Vazão eficaz mínima de ar exterior para ventilação

Local	D pessoas/ 100 m <sup>2</sup>	Nível 1		Nível 2		Nível 3	
		F <sub>p</sub> L/s*pess.	F <sub>a</sub> L/s*m <sup>2</sup>	F <sub>p</sub> L/s*pess.	F <sub>a</sub> L/s*m <sup>2</sup>	F <sub>p</sub> L/s*pess.	F <sub>a</sub> L/s*m <sup>2</sup>
<b>Edifícios públicos</b>							
Aeroporto – saguão <sup>c</sup>	15	3,8	0,3	5,3	0,4	5,7	0,5
Aeroporto – sala de embarque <sup>c</sup>	100	3,8	0,3	5,3	0,4	5,7	0,5
Biblioteca	10	2,5	0,6	3,5	0,8	3,8	0,9
Museu, galeria de arte <sup>d</sup>	40	3,8	0,3	5,3	0,4	5,7	0,5
Local de culto	120	2,5	0,3	3,5	0,4	3,8	0,5
Legislativo – plenário	50	2,5	0,3	3,5	0,4	3,8	0,5
Teatro, cinema, auditório – lobby	150	2,5	0,3	3,5	0,4	3,8	0,5
Teatro, cinema, auditório e platéia	150	2,5	0,3	3,5	0,4	3,8	0,5
Teatro, cinema, auditório – palco	70	5	0,3	6,3	0,4	7,5	0,5

Duto de aço Galvanizado		Largura da seção retangular recomendada pela norma	Massa (kg) de cada chapa de 2m <sup>2</sup>
Bitola da chapa	Espessura da chapa (mm)		
26	0,50	até 300	8,0
24	0,64	310 a 750	10,4
22	0,79	750 a 1400	12,8
20	0,95	1410 a 2100	15,2
18	1,27	2110 a 3000	20,0

Tabela - Velocidades recomendadas para dutos de ar

Local	Velocidades recomendadas (m/s)			Velocidades máximas (m/s)		
	Residências	Escolas, teatros e edifícios públicos	Prédios Industriais	Residências	Escolas, teatros e edifícios públicos	Prédios Industriais
Tomadas de ar exterior	2,50	2,50	2,50	4,00	4,50	6,00
Serpentinas	2,25	2,50	3,00	2,25 a 2,50	2,50 a 3,00	3,50 a 7,50
Lavadores de ar	2,50	2,50	2,50 a 9,00	3,50	3,50	3,50 a 9,00
Descarga do ventilador	5,00 a 8,00	6,50 a 10,00	8,00 a 12,00	8,50	11,00	14,00
Dutos principais	3,50 a 4,50	5,00 a 6,50	6,00 a 9,00	6,00	8,00	10,00
Ramais horizontais	3,00 no máximo	3,00 a 4,50	4,00 a 5,00	5,00	6,50	9,00
Ramais verticais	2,50 no máximo	3,00 a 3,50	4,00 no máximo	4,00	6,00	8,00

**SAVE** Self Contained com Condensador Resfriado a Água  
**SRVE** Self Contained com Condensador Resfriado a Ar  
**SIVE** Self Contained com Condensador Remoto Resfriado a Ar

60 Hz											
Modelos		050		075		100		125		150	
		MBh	Kcal	MBh	Kcal	MBh	Kcal	MBh	Kcal	MBh	Kcal
<b>SRVE/SIVE</b>	Cap. Total <sup>(2)</sup> <sup>(4)</sup>	59	14880	84	21130	118	29610	144	36190	175	44020
	Cap. Sensível <sup>(2)</sup> <sup>(4)</sup>	43	10820	61	15490	84	21150	105	26420	131	33130
<b>SAVE</b>	Cap. Total <sup>(1)</sup>	61	15260	88	22120	121	30420	149	37520	181	45700
	Cap. Sensível <sup>(1)</sup>	44	11090	63	15770	85	21490	107	26880	135	33970
<b>Temperatura Externa Elevada</b>											
<b>SRVE/SIVE</b>	Cap. Total <sup>(3)</sup> <sup>(4)</sup>	55	13890	78	19530	109	27520	133	33550	161	40500
	Cap. Sensível <sup>(3)</sup> <sup>(4)</sup>	41	10420	59	14850	81	20300	101	25350	126	31760
<b>Vazão Nominal</b>											
<b>SRVE / SIVE / SAVE</b>		Cfm	Cmh	Cfm	Cmh	Cfm	Cmh	Cfm	Cmh	Cfm	Cmh
		1950	3315	2924	4970	3900	6630	4847	8285	5850	9945

- Venezianas Exteriores AWG e WG

Área cm <sup>2</sup>	Vazão máxima m <sup>3</sup> /h							Dimensões B x H (mm)
	2 m/s	2,5 m/s	3 m/s	3,5 m/s	4 m/s	4,5 m/s	5 m/s	
963	693	867	1040	1213	1387	1560	1733	385 x 330
1463	1053	1317	1580	1843	2107	2370	2633	585 x 330
1598	1150	1438	1726	2013	2301	2589	2876	385 x 495
1963	1413	1767	2120	2473	2827	3180	3533	785 x 330
2233	1608	2010	412	2813	3215	3617	4019	385 x 660
2428	1748	2185	2622	3059	3496	3933	4370	585 x 495
2463	1773	2217	2660	3103	3547	3990	4433	985 x 330
2868	2065	2581	3097	3614	4130	4646	5162	385 x 825
2963	2133	2667	3200	3733	4267	4800	5333	1185 x 330
3258	2346	2932	3519	4105	4691	5278	5864	785 x 495
3393	2443	3054	3664	4275	4886	5497	6107	585 x 660
3463	2493	3117	3740	4363	4987	5610	6233	1385 x 330
3504	2523	3154	3784	4415	5046	5676	6307	385 x 990
3963	2853	3567	4280	4993	5706	6420	7133	1585 x 330
4088	2943	3679	4415	5150	5887	6622	7358	985 x 495

IFSC- CÂMPUS SÃO JOSÉ – CURSO TÉCNICO DE REFRIGERAÇÃO E CLIMATIZAÇÃO

PROJETO DE INSTALAÇÃO DE CLIMATIZAÇÃO

SEMANA

---

IFSC- CÂMPUS SÃO JOSÉ – CURSO TÉCNICO DE REFRIGERAÇÃO E CLIMATIZAÇÃO

PROJETO DE INSTALAÇÃO DE CLIMATIZAÇÃO

SEMANA

---

IFSC- CÂMPUS SÃO JOSÉ – CURSO TÉCNICO DE REFRIGERAÇÃO E CLIMATIZAÇÃO

PROJETO DE INSTALAÇÃO DE CLIMATIZAÇÃO

SEMANA

---