

CÁLCULO DE CARGA TÉRMICA PARA QUANTIFICAR ÁGUA EXPELIDA DE APARELHOS DE AR CONDICIONADO

Priscila Rodrigues, Faculdade Pitágoras, priscila-rodrigues@live.com

Fernando Costa Malheiros, Universidade Federal de Uberlândia, fernandomalheiros@gmail.com

Resumo: Considerando que atualmente as pessoas buscam cada vez mais conforto térmico, a inserção de aparelhos de ar condicionado em residências vem aumentando. O funcionamento desses aparelhos gera um gotejamento de água derivado do processo de condensação. Através de cálculos de dimensionamento de carga térmica, é possível conhecer as características ideais que um ar condicionado precisa possuir para atender as necessidades de um ambiente. Este trabalho tem como objetivo dimensionar a quantidade de água expelida por hora de funcionamento de um aparelho de ar condicionado, considerado ideal para o ambiente proposto, e sugerir formas de reaproveitamento da água.. É importante a sociedade adotar hábitos sustentáveis, visto que além de poupar recursos naturais geram economia para quem os pratica.

Palavras-chave: carga térmica, ar condicionado, condensação

1. INTRODUÇÃO

A climatização de ambientes é essencial para melhorar a produtividade das pessoas nas tarefas cotidianas. O conhecimento do clima, aliado ao conhecimento dos mecanismos básicos de transferência de calor e massa, permite uma consciente intervenção incorporando equipamentos que promovam uma melhoria na qualidade do ar interno.

A climatização de ambientes possui três principais aplicações, para a vida moderna: 1) Satisfação do homem, por se sentir termicamente confortável. 2) Melhoramento na performance. As pessoas apresentam melhor rendimento quando desenvolvem suas atividades, tanto manuais como intelectuais, quando estão termicamente confortáveis. 3) A conservação de energia: ao conhecer as condições e os parâmetros relativos ao conforto térmico dos ocupantes do ambiente, evitam-se desperdícios com calefação e refrigeração, muitas vezes desnecessários, sendo possível a escolha de equipamentos mais adequados e de menor consumo energético para uma determinada finalidade.

Para conseguir climatizar um ambiente para se ter conforto térmico, é necessário que se conheça a carga térmica do ambiente, ou seja, os valores máximos do ganho de calor durante o dia para se determinar o maior valor. É impossível obter o pico real de carga de um recinto devido aos fatores ambientais e da estrutura a ser condicionada. Tal como uma diferença de temperatura interna e externa para o cálculo do ganho de calor, coeficientes e a inércia térmica da estrutura. Sendo assim, os valores de carga térmica costumam ser estimados pelos projetistas, através de cálculos.

A norma ABNT NBR 16401 apresenta as recomendações para as condições de conforto, para várias localidades do Brasil e de acordo com a finalidade dos ambientes condicionados. O procedimento de cálculo da carga térmica deve considerar alguns aspectos físicos do recinto a ser condicionado. O cálculo fornecerá a potência do aparelho de ar condicionado.

O funcionamento dos aparelhos de ar condicionado ocasiona o processo de condensação, que acontece quando se resfria o ar interno, e retira sua umidade. As gotas de água que são eliminadas dos aparelhos condicionadores de ar, visualmente não aparentam nada além de um gotejamento nas janelas, calçadas e marquises. Porém, o ar condicionado pode somar uma quantidade de água significativa durante seu funcionamento por algumas horas, possibilitando que tal quantidade seja reutilizada em práticas sustentáveis. A perspectiva de utilizar essa água proveniente do sistema de condicionamento do ar é uma alternativa que se mostra aparentemente viável, pois busca conciliar o aproveitamento de água com a prática sustentável, diante desse atual cenário de escassez hídrica. Essas práticas de reaproveitamento são geralmente simples e de baixo custo, além de colaborar com o desenvolvimento ecológico e ainda oferecer economia para os usuários que as praticam.

2. PROCESSO DE CONDENSAÇÃO NO AR CONDICIONADO

Segundo Mendonça (2005) o ar é constituído por uma mistura de gases e por vapor de água. O limite de saturação do ar é entendido como sendo a quantidade máxima de vapor de água que este pode conter. Quando o ar chega ao seu limite de vapor de água, ocorre o processo de condensação. Esse processo pode ser definido como um fenômeno que ocorre quando o ar resfriando se comprime tanto que não é mais capaz de reter a umidade. Frota & Schiffer (2001) troca térmica úmida decorrente da mudança do estado gasoso do vapor d'água contido no ar para o estado líquido.

O funcionamento de aparelhos de ar condicionado produz a liberação de água proveniente desse fenômeno da condensação. Quando esse processo acontece no condicionamento de ambientes internos, o vapor resfriado que o aparelho insufla no ambiente, retira a umidade do ar, e à expeli em estado líquido para o ambiente externo.

3. CONDIÇÕES DE PROJETO

Área do recinto: Quarto residencial de 12,35 m²
 Paredes externas: tijolo furado de meia vez (14 cm);
 Parede interna: tijolo furado de meia vez (14 cm);
 Paredes brancas;
 Teto: concreto (15 cm);
 Janelas: 1,30×1,30 cm com vidro comum simples, e uso de cortinas;
 Iluminação: uma luminária com duas lâmpadas fluorescentes de 15 W.
 Ocupação: Estimativa de 2 pessoas

3.1. Condições climáticas e temperaturas

Temperatura Média em Uberlândia (T_{amb}): 33 °C
 Pressão Atmosférica: 90,78 kPa
 Temperatura Interna Condicionada (T_{intc}): 24 °C / Umidade Relativa (UR): 50%

4. CÁLCULOS CARGA TÉRMICA

Carga térmica representa a quantidade de calor sensível e latente, que o ambiente recebe. Sendo calor sensível, alterado de acordo com a variação de temperatura; e o latente, de acordo com a variação da umidade absoluta, sendo responsável por alterar o estado sem alterar a temperatura.

- Diferencial de Temperatura:

$$\Delta t = \frac{(T_{amb} - T_{intc})}{9,4,5} = \frac{(33 - 24)}{9,4,5,5} = 5,26^{\circ}C \quad (1)$$

- Temperatura Não Condicionada (T_{nc}):

$$T_{nc} = T_{int} + \Delta t = 24 + 5,26 = 29,26^{\circ}C \quad (2)$$

- Calor de Condução (Q_c): Calor sensível, que é absorvido pelo ambiente, através de superfícies como vidros, paredes, portas, pisos, coberturas etc. Pode ser calculado através da equação de transmissão de calor por condução unidirecional:

$$Q_c = U.A.(T_{amb} - T_{int}) \quad (3)$$

Onde: U: coeficiente de transmissão térmica do elemento, calculado como o inverso da resistência térmica (W/m² K);

A: área do ambiente (m²)

Paredes externas:

$$Q_c = U.A.(T_{amb} - T_{int}) = 2,59.(7,73.3 - 2 - 1,3.1,3).(33 - 24) = 461,78 kcal/h \quad (4)$$

Paredes internas:

$$Q_c = U.A.(T_{nc} - T_{int}) = 2,59.(6,12.3).(29,26 - 24) = 250 kcal/h \quad (5)$$

Teto:

$$Q_c = U.A.(T_{nc} - T_{int}) = 2,83.(12,35).(29,26 - 24) = 183,84 kcal/h \quad (6)$$

Janelas:

$$Q_c = U.A.(T_{amb} - T_{int}) = 5,18.(3,38).(33 - 24) = 157,57 kcal/h \quad (7)$$

$$Q_c = 1053,19 \text{ kcal/h}$$

- Calor de Insolação (Q_{ins}): Calor sensível. Para os cálculos de calor de insolação, considerar a orientação de cada parede.

Parede com orientação E (Leste) ou O (Oeste):

$$Q_{ins} = U.A.\Delta T = 2,59.(3,46.3 - 2.1,3.1,3).5,5 = 99,71 \text{ kcal/h} \quad (8)$$

Paredes com orientação para S:

$$Q_{ins} = 2,59.(4,27.3) = 33,17 \text{ kcal/h} \quad (9)$$

Janelas:

$$Q_{ins} = \text{fator solar}.\text{coeficiente de atenuação}.\text{área} = 448.0,25.(2.1,3.1,3) = 378,56 \text{ kcal/h} \quad (10)$$

$$Q_{ins} = 511,44 \text{ kcal/h}$$

Onde:

Fator solar: Coeficiente de transmissão do calor solar através de vidros

Coeficiente de atenuação: Artíficos que amenização a absorção do calor (toldos, persianas, cortinas etc.)

Área: área da janela (m^2)

- Calor de Pessoas (Q_{pes}): Todo o ser humano emite calores sensível e latente que variam segundo o indivíduo esteja em repouso ou atividade.

$$\begin{aligned} Q_{pes L} &= \text{número de pessoas}.\text{calor latente liberado por pessoas} \\ Q_{pes L} &= 2.34 = 68 \text{ kcal/h} \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} Q_{pes L} &= \text{número de pessoas}.\text{calor sensível liberado por pessoas} \\ Q_{pes L} &= 2.66 = 132 \text{ kcal/h} \end{aligned} \quad (12)$$

$$Q_{pes L} = 200 \text{ kcal/h}$$

- Calor de Iluminação (Q_{ilu}): potência de iluminação instalada $\times 1,1$ (florescente)

$$Q_{ilu} = 1.2.15.1,1 = 33 \text{ kcal/h} \quad (13)$$

- Calor de Infiltração (Q_{inf}): Calor que infiltra no ambiente através de frestas de portas e janelas. Calor sensível e latente

$$Q_{infs} = V_{inf} . \rho_{ar} . C_p . (T_f - T_i) \quad (14)$$

$$Q_{infs} = V_{inf} . \rho_{ar} . C_p . (W_f - W_i) . h_{lv} \quad (15)$$

Onde:

V_{inf} : infiltração do ar exterior

ρ_{ar} : massa específica

C_p : capacidade térmica

h_{lv} : entalpia

Cálculos para calor de infiltração através de janelas:

$V_{inf} = 3 \text{ m}^3/\text{h} \times \text{m}$

$$V_{inf} = V_{inf} . A . 3 . (2.1,3.1,3) = 10,14 \text{ kcal/h} \quad (16)$$

$$Q_{inf s} = V_{inf} \cdot \rho_{ar} \cdot C_p \cdot (T_f - T_i) = 10,14 \cdot 1,03 \cdot 0,24 \cdot (33 - 24) = 22,55 \text{ kcal/h} \quad (17)$$

$$Q_{inf L} = V_{inf} \cdot \rho_{ar} \cdot C_p \cdot (W_f - W_i) \cdot h_{lv} = 10,14 \cdot 1,03 \cdot (0,0125 - 0,0104) \cdot 583 = 12,80 \text{ kcal/h} \quad (18)$$

Cálculos para calor de infiltração através de portas:

$$V_{inf} = 6,5 \text{ m}^3 / \text{h.m} \quad (19)$$

$$V_{inf} = 6,5 \cdot (2,10 \cdot 0,70) = 9,55 \text{ kcal/h} \quad (20)$$

$$Q_{inf s} = 9,55 \cdot 1,02 \cdot 0,24 \cdot (29,26 - 24) = 12,30 \text{ kcal/h} \quad (21)$$

$$Q_{inf L} = 9,55 \cdot 1,02 \cdot (0,0121 - 0,0104) \cdot 583 = 9,65 \text{ kcal/h} \quad (22)$$

$$Q_{inf s} = 34,85 \text{ kcal/h}$$

$$Q_{inf L} = 22,45 \text{ kcal/h}$$

$$Q_{inf} = 57,3 \text{ kcal/h}$$

- Carga Térmica Total:

Somatório carga térmica total sensível:

$$CT_s = Q_c + Q_{ins} + Q_{pes s} + Q_{ilu} + Q_{inf s} = 1053,19 + 511,44 + 132 + 33 + 34,85 = 1764,5 \text{ kcal/h} \quad (23)$$

Somatório carga térmica total latente:

$$CT_L = Q_{pes L} + Q_{inf L} = 68 + 12,80 = 80,8 \text{ kcal/h} \quad (24)$$

- Carga térmica total (CT) :

$$CT = CT_s + CT_L = 1845,3 \text{ kcal/h ou } 7,322 \text{ BTU} \quad (25)$$

- Fator de calor sensível:

$$FCS = \frac{CT_s}{CT} = 0,95 \quad (26)$$

4.1. Determinação das condições psicrométricas e retirada de umidade

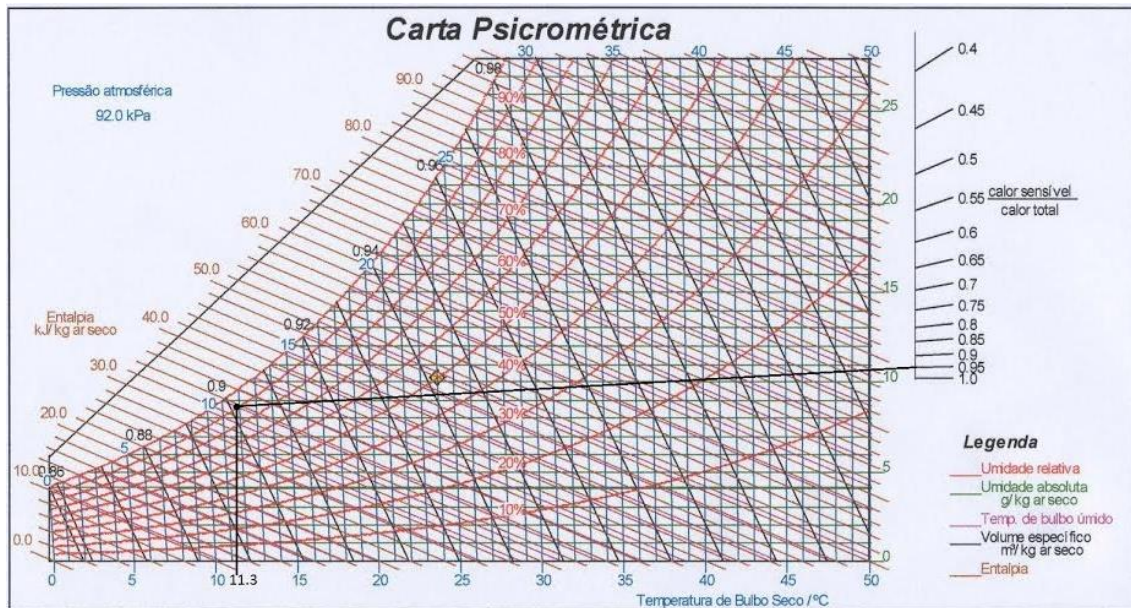


Figura 1: Carta Psicrométrica

$$V_{ins} = CTS \div Cp \cdot \rho_{ar} \cdot (T_{int} - T_{ins}) = 1764,5 \div 1,09 \cdot 0,24 \cdot (24 - 11,3) = 532,10 \text{ m}^3/\text{h} \quad (27)$$

$$M_{ins} = V_{ins} \cdot \rho_{ins} = 532,10 \cdot 1,09 = 578,9 \text{ kg/h} \quad (28)$$

$$CTL = V_{ins} \cdot \rho \cdot h_{lv} \cdot (W_f - W_i) = 532,10 \cdot 1,09 \cdot 583 \cdot (0,0104 - 0,0085) = 641,24 \text{ kcal/h} \quad (29)$$

$$\text{- Retirada de Umidade: } 578,9 \times (0,0125 - 0,00963) = \boxed{1,66 \text{ L/h}}$$

5. CONCLUSÃO

No caso proposto, o aparelho de ar condicionado que irá atender as condições do ambiente, necessita de uma potência de 7322 BTU, e expeli em seu funcionamento 1,66 litros de água por hora de funcionamento. De outra maneira o sistema estudado expeli 0,2mL/BTU por hora de funcionamento. Essa informação se torna útil na estimativa do volume de água expelido pelo ar condicionado em outros sistemas.

Atualmente nota-se a extensa utilização de aparelhos de ar condicionado em todo tipo de edificação, tanto residencial como comercial. Se os usuários utilizarem a água expelida pelos aparelhos em tarefas como limpeza e jardinagem, reduziriam os gastos com a conta de água, além de praticarem a sustentabilidade.

6. REFERÊNCIAS

- ASHRAE. (2004). Ansi Ashrae. Standard 55-2004, Thermal environmental conditions for human occupancy, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc., Atlanta.
- Carta Psicrometrica [<http://acheiamateria.blogspot.com.br/2013/05/carta-psicrometrica.html>]
- Creder, Hélio. Instalações de ar condicionado. Rio de Janeiro: LTC, 2004.
- Frota, Anésia B., Schiffer, Sueli R. Manual de conforto térmico arquitetura, urbanismo. São Paulo: Studio Nobel, 2011.
- Mendonça, Luís Vieira. Condensações em Edifícios. Revista Arquitetura & Vida, nº63, pp. 71-74. Setembro 2005.

7. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.