6. Condensadores e Torres de Resfriamento

CONDENSADORES

- Trocador de calor que retira o calor do refrigerante provocando a sua condensação;
- Retira calor do refrigerante absorvido no evaporador mais o calor equivalente à compressão.

Refrigerante líquido

6.1. CONDENSAÇÃO A AR

- São os mais utilizados em pequenas e médias instalações.
- **Sistema halogenados:**
  - São construídos de tubos de cobre ou alumínio com aletas de chapa de aço;
  - As aletas podem ser também de Cu ou Al ⇒ maior $
- **A montagem pode ser em uma base comum com:**
  - Compressor;
  - Separador de óleo;
  - Motor de acionamento;
  - Garrafa de líquido.

UNIDADES CONDENSADORAS

6.1. CONDENSAÇÃO A AR

- O ventilador pode ser acoplado ao motor do compressor (aberto);
- Outra forma seria condensador remoto: (longe do compressor)



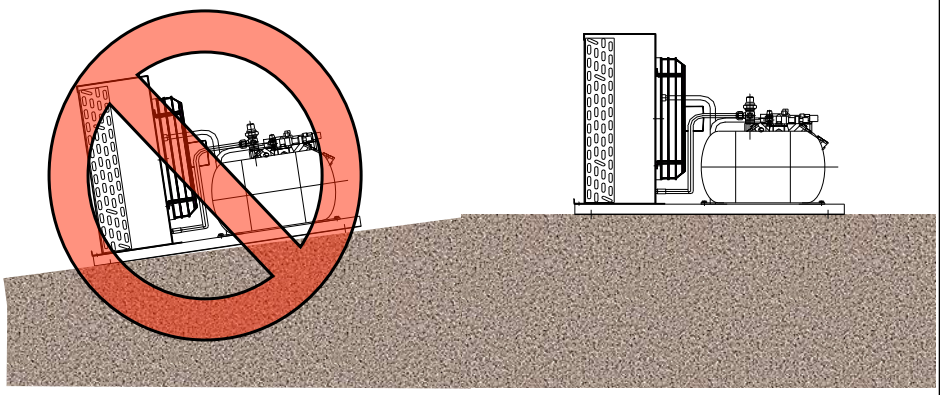
6.1. CONDENSAÇÃO A AR

- Quanto maior a temperatura do ar (em dias mais quentes) a pressão de descarga aumenta ⇒ para melhorar a eficiência convêm pulverizar com H_2O.

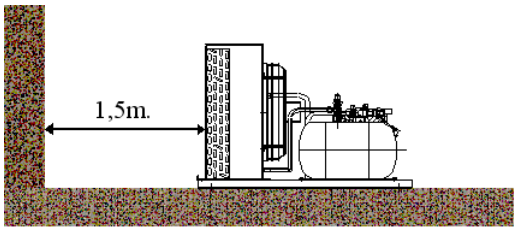
6.1. CONDENSAÇÃO A AR

- **Instalações:**
  - Locais ventilados;
  - Sem incidência de raios solares;
  - Quando instalado dentro de uma sala é importante:
    - renovar o ar para evitar aumento da temperatura;
    - instalar longe da parede (mínimo 1,5 m).

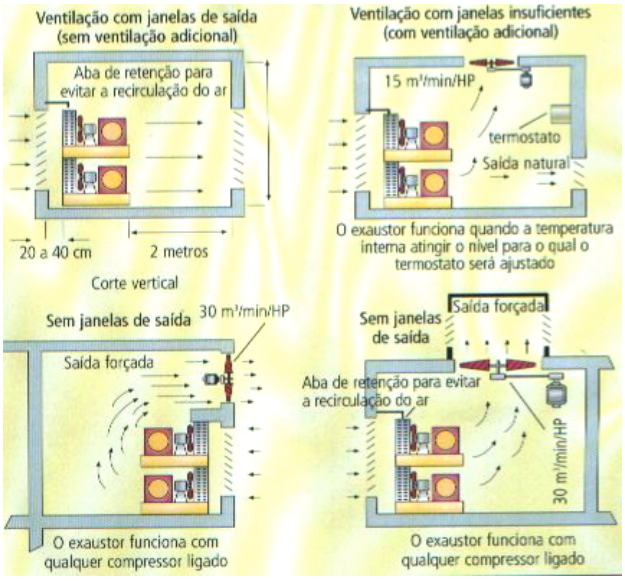
6.1. CONDENSAÇÃO A AR



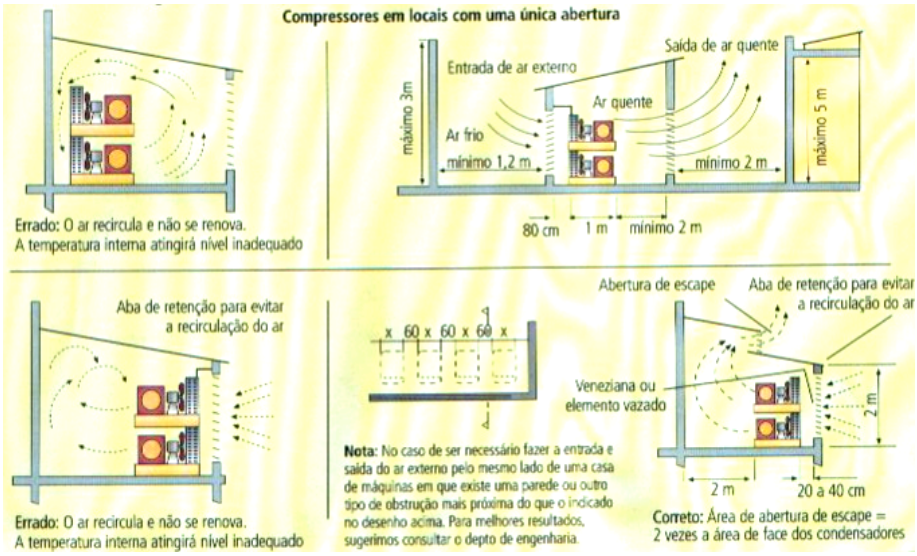
6.1. CONDENSAÇÃO A AR



Instalação das Unidades Condensadoras Resfriadas a Ar na Salas de máquinas



Instalação das Unidades Condensadoras Resfriadas a Ar na Salas de máquinas



6.2. CONDENSADORES A ÁGUA

- Utilizado para qualquer instalação frigorífica (qualquer tamanho);
- Construídos de feixe de tubos em uma carcaça cilíndrica (trocador casca e tubo);
- Água passa dentro dos tubos e o vapor superaquecido condensa na superfície externa destes tubos;
- Água deve ser tratada para evitar incrustações.

Instalação pode ser feita ao ar livre ou sala de máquinas.

6.2. CONDENSADORES A ÁGUA

- Utilizado para qualquer instalação frigorífica (qualquer tamanho);
- Construídos de feixe de tubos em uma carcaça cilíndrica (trocador casca e tubo);
- Água passa dentro dos tubos e o vapor superaquecido condensa na superfície externa destes tubos;
- Água deve ser tratada para evitar incrustações.

Instalação pode ser feita ao ar livre ou sala de máquinas.

6.2. CONDENSADORES A ÁGUA

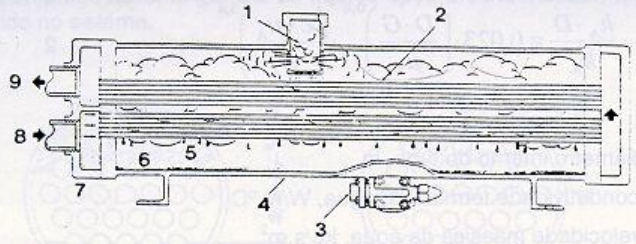


Figura 3 – Esquema de um condensador tipo casca e tubo onde (1) é a entrada do gás, (2) feixe de tubos, (3) saída do condensado, (4) carcaça, (5) gotas do refrigerante, (6) líquido, (7) tampa, (8) entrada de água e (9) saída de água.

6.2. CONDENSADORES A ÁGUA

- O condensado não deve ficar no interior da carcaça pois reduz a área disponível para troca de q;
- Para evitar acúmulo recomenda-se uma garrafa de líquido após o condensador.

6.2. CONDENSADORES A ÁGUA

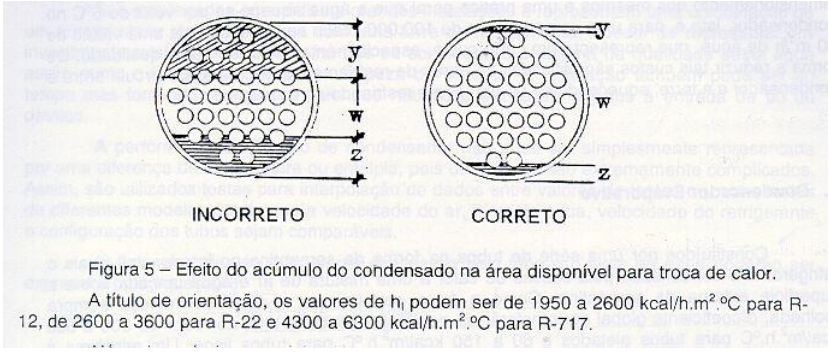


Figura 5 – Efeito do acúmulo do condensado na área disponível para troca de calor.

A título de orientação, os valores de h_i podem ser de 1950 a 2600 kcal/h.m^2.ºC para R-12, de 2600 a 3600 para R-22 e 4300 a 6300 kcal/h.m^2.ºC para R-717.

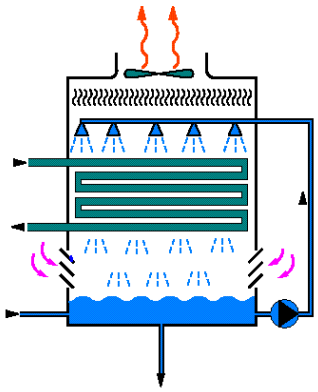
6.2. CONDENSADORES A ÁGUA

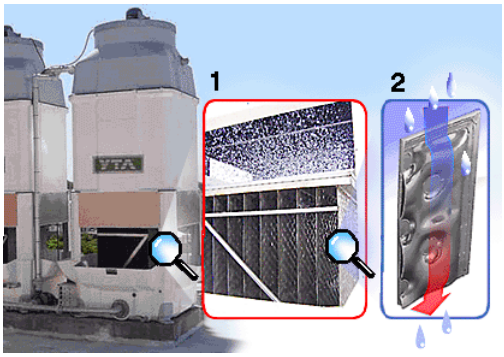
- Neste condensador utiliza-se grande quantidade de água. É uma prática no dimensionamento, considerar que a água se aqueça 5ºC no condensador;

6.3. CONDENSADORES EVAPORATIVOS

- Tubos em forma de serpentina onde o refrigerante é condensado pela aspersão de água e ar sobre a superfície externa;
  - A água deixa a superfície sempre molhada ⇒ o coeficiente global de transferência de q é alto:
    - U = 300 a 600 Kcal/m^2 h ºC tubos aletados;
    - U = 60 a 150 Kcal/m^2 h ºC tubos lisos

6.3. CONDENSADORES EVAPORATIVOS





6.3. CONDENSADORES EVAPORATIVOS

- Água circula pela ação de uma bomba, do tanque coletor aos bicos aspersores;
- Ar é aspirado por ventiladores;
- São usados em médias e grandes instalações.

6.4. TEMPERATURA DE CONDENSAÇÃO

- Influencia o consumo de energia do sistema frigorífico, sendo afetada por:
  - Tipo de condensador;
  - Agente de condensação (água e ar);
  - Clima da região onde é instalado.
- Quando utiliza-se água como agente de condensação aplica-se:
  - Torre de resfriamento;
  - Condensadores evaporativos.

6.4. TEMPERATURA DE CONDENSAÇÃO

- **Observação:**

  A T da água no caso de condensadores evaporativos e torres de resfriamento seria a T de bulbo úmido do ar, teoricamente a menor que a água poderia atingir. Praticamente isto não é possível assim a T da água será pelo menos 4ºC acima da temperatura de bulbo úmido.

6.4. TEMPERATURA DE CONDENSAÇÃO

- **Em refrigeração industrial:**
  - Estuda-se a T de condensação caso a caso;
  - O Investimento é restrição de:
    - Ar e superfície do condensador ⇒ se menor o coeficiente de transferência de q ⇒ há necessidade de maior superfície de troca ⇒ ↑ $
    - Operar o sistema com T de condensação mais alta ⇒ ↑ $ operacional
    - Água tem ↑ coeficiente de transferência de q, entretanto precisa ser tratada ⇒ ↑ $

6.5. SELEÇÃO

- Baseia-se em dados oferecidos pelos fabricantes.

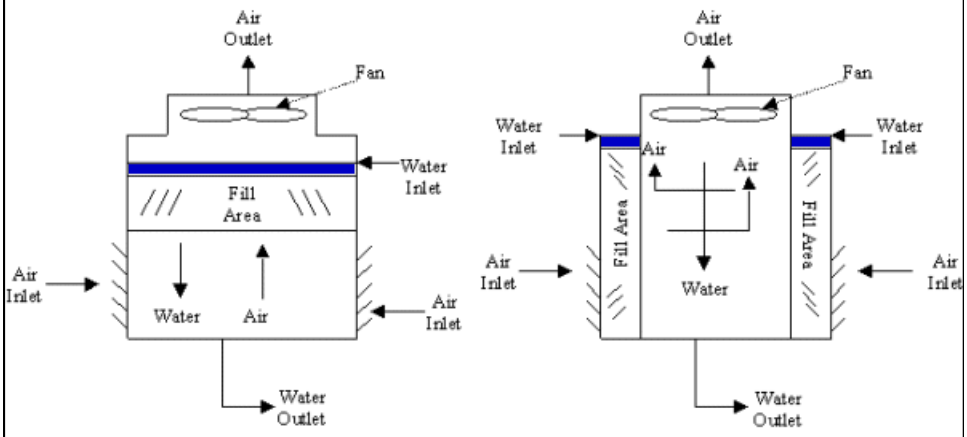
6.6. Torres de Resfriamento

- Água para resfriamento de condensadores não deve ser descartada (inviável economicamente);
- Torres de resfriamento: aproveita o efeito de transferência de calor e massa entre ar e água;
- Água é circulada em contracorrente ou em fluxo cruzado com o ar.
- A evaporação de parte de água para o ar provoca o resfriamento do restante da água.
- **Teoricamente:** para cada Kg de H_2O evaporada são necessários 560 kcal $\Rightarrow$ efeito de resfriamento.

6.7. Torres de Resfriamento com Ventilação Forçada

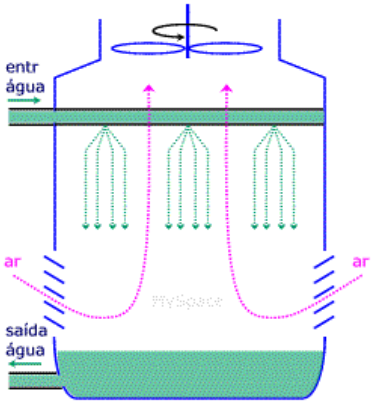
- **Construção:** dois tipos de torres que se diferem pelas formas de circulação de ar
  - água é aspergida no alto da torre e ventiladores forçam a passagem do fluxo de ar através do recheio da torre aumentando o contato água-ar podendo ser:
    - **Contra corrente:** ar e água em fluxos opostos;
    - **Corrente cruzada:** ar e água em fluxos cruzados

6.7. Torres de Resfriamento com Ventilação Forçada



6.7. Torres de Resfriamento com Ventilação Forçada





6.8. Seleção

- Equipamentos vêm prontos de fábrica e a seleção é feita em função:
  - dos fluxos de ar e água;
  - da temperatura de bulbo úmido do ambiente;
  - da temperatura da água em função do processo (temperatura de condensação)

6.8. Seleção

- Quanto mais seco estiver o ar, maior será a diferença entre a temperatura de bulbo seco e bulbo úmido, maior é a facilidade para água evaporar por isso a temperatura de bulbo úmido é importante na escolha da torre:
  - Ar a 30ºC
    - 50% Tb = 22ºC
    - 80% Tb = 27ºC

6.8. Seleção

- Normalmente adota-se uma fase entre as temperatura de bulbo úmido máxima e média da região onde será instalado a torre para determinar a temperatura de bulbo a ser adotado, esta fase irá depender do equipamento.

6.9. Torres de Resfriamento com Ventilação Natural



6.9. Torres de Resfriamento com Ventilação Natural

