#### D.01.01 – Fundamentos de Refrigeração

Refrigeração e Condicionamento de Ar

Prof. C. Naaktgeboren, PhD



https://github.com/CNThermSci/ApplThermSci Compiled on 2021-02-15 20h27m19s UTC





- Sistemas e Processos de Refrigeração
  - Introdução
  - Classificação dos Sistemas
  - Processos de Refrigeração
- Aplicações de Refrigeração
  - Classificação por Capacidade
  - Classificação por Aplicação
- Referências e Tópicos de Leitura







stemas e Processos de Refrigeração Aplicações de Refrigeração Referências e Tópicos de Leitur

Esta apresentação baseia-se primordialmente na referência [1], Capítulo 1 (tópico de leitura).





• Refrigeração é a ação de remoção de calor de um corpo ou espaço fechado com o propósito de reduzir sua temperatura;





- Refrigeração é a ação de remoção de calor de um corpo ou espaço fechado com o propósito de reduzir sua temperatura;
- Sistemas de refrigeração fazem isso criando uma superfície fria para troca de calor com o sistema a ser resfriado;





- Refrigeração é a ação de remoção de calor de um corpo ou espaço fechado com o propósito de reduzir sua temperatura;
- Sistemas de refrigeração fazem isso criando uma superfície fria para troca de calor com o sistema a ser resfriado;
- Devido à segunda lei da termodinâmica, a superfície fria deve ser de menor temperatura em relação àquela objetivada para o sistema a ser resfriado.





 Em regime permanente, o sistema de refrigeração não acumula energia térmica (interna); assim, o calor retirado do espaço refrigerado é tranferido para um meio externo;





- Em regime permanente, o sistema de refrigeração não acumula energia térmica (interna); assim, o calor retirado do espaço refrigerado é tranferido para um meio externo;
- Sistemas de refrigeração fazem isso criando uma superfície quente para troca de calor com o meio externo;





- Em regime permanente, o sistema de refrigeração não acumula energia térmica (interna); assim, o calor retirado do espaço refrigerado é tranferido para um meio externo;
- Sistemas de refrigeração fazem isso criando uma superfície quente para troca de calor com o meio externo:
- Devido à segunda lei da termodinâmica, a superfície quente deve ser de major temperatura em relação ao meio externo.





- Em regime permanente, o sistema de refrigeração não acumula energia térmica (interna); assim, o calor retirado do espaço refrigerado é tranferido para um meio externo;
- Sistemas de refrigeração fazem isso criando uma superfície quente para troca de calor com o meio externo;
- Devido à segunda lei da termodinâmica, a superfície quente deve ser de maior temperatura em relação ao meio externo.
- Também pela segunda lei, a operação do sistema de refrigeração não ocorre espontaneamente, havendo a necessidade de fornecimento de trabalho.





- O esquemático ilustra um refrigerador genérico;
- Sistemas e interações energéticas são identificados;
- As cores empregadas são indicativas de temperatura.





Dentre os tipos de sistema de refrigeração, destaca-se:

Sistemas de compressão de vapor;





- Sistemas de compressão de vapor;
- Sistemas à ar ou à gás;





- Sistemas de compressão de vapor;
- Sistemas à ar ou à gás;
- Sistemas de absorção;





- Sistemas de compressão de vapor;
- Sistemas à ar ou à gás;
- Sistemas de absorção;
- Sistemas termo-elétricos;





- Sistemas de compressão de vapor;
- Sistemas à ar ou à gás;
- Sistemas de absorção;
- Sistemas termo-elétricos;
- Resfriadores evaporativos.





• É o tipo atualmente mais comumente utilizado na atualidade;

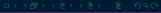




- É o tipo atualmente mais comumente utilizado na atualidade;
- O fluido de trabalho de tais sistemas é chamado de refrigerante;







- É o tipo atualmente mais comumente utilizado na atualidade;
- O fluido de trabalho de tais sistemas é chamado de refrigerante;
- Em tais ciclos os refrigerantes mudam de fase entre líquido e vapor;







- É o tipo atualmente mais comumente utilizado na atualidade;
- O fluido de trabalho de tais sistemas é chamado de refrigerante;
- Em tais ciclos os refrigerantes mudam de fase entre líquido e vapor;
- Os principais componentes são: evaporador, compressor, condensador e dispositivo de expansão;

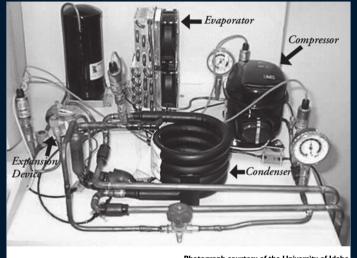




- É o tipo atualmente mais comumente utilizado na atualidade;
- O fluido de trabalho de tais sistemas é chamado de refrigerante;
- Em tais ciclos os refrigerantes mudam de fase entre líquido e vapor;
- Os principais componentes são: evaporador, compressor, condensador e dispositivo de expansão;
- Um pequeno sistema (ciclo) é ilustrado a seguir:





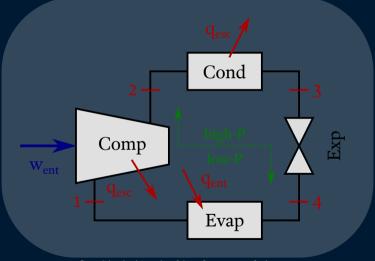






Sistema simples de refrigeração por compressão de vapor. Fonte: referência [1]









• O fluido de trabalho de tais sistemas é um gás, geralmente o ar;





- O fluido de trabalho de tais sistemas é um gás, geralmente o ar;
- Nos sistemas a gás, o fluido de trabalho não muda de fase, sendo sempre um gás;





- O fluido de trabalho de tais sistemas é um gás, geralmente o ar;
- Nos sistemas a gás, o fluido de trabalho não muda de fase, sendo sempre um gás;
- Processos incluem o de (i) compressão de ar, no qual a sua temperatura aumenta;





- O fluido de trabalho de tais sistemas é um gás, geralmente o ar;
- Nos sistemas a gás, o fluido de trabalho não muda de fase, sendo sempre um gás;
- Processos incluem o de (i) compressão de ar, no qual a sua temperatura aumenta;
- (ii) troca de calor (sensível) para a atmosfera, no qual a sua temperatura diminui;





- O fluido de trabalho de tais sistemas é um gás, geralmente o ar;
- Nos sistemas a gás, o fluido de trabalho não muda de fase, sendo sempre um gás;
- Processos incluem o de (i) compressão de ar, no qual a sua temperatura aumenta;
- (ii) troca de calor (sensível) para a atmosfera, no qual a sua temperatura diminui;
- (iii) expansão em um dispositivo que recupera trabalho, que provoca a redução da temperatura do ar;





- O fluido de trabalho de tais sistemas é um gás, geralmente o ar;
- Nos sistemas a gás, o fluido de trabalho não muda de fase, sendo sempre um gás;
- Processos incluem o de (i) compressão de ar, no qual a sua temperatura aumenta;
- (ii) troca de calor (sensível) para a atmosfera, no qual a sua temperatura diminui;
- (iii) expansão em um dispositivo que recupera trabalho, que provoca a redução da temperatura do ar;
- (iv) mistura do ar expandido com aquele do espaço refrigerado, ou seja: injeção de ar frio diretamente no espaço refrigerado.

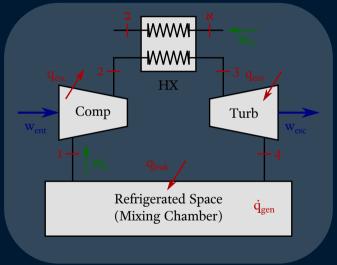




- O fluido de trabalho de tais sistemas é um gás, geralmente o ar;
- Nos sistemas a gás, o fluido de trabalho não muda de fase, sendo sempre um gás;
- Processos incluem o de (i) compressão de ar, no qual a sua temperatura aumenta;
- (ii) troca de calor (sensível) para a atmosfera, no qual a sua temperatura diminui;
- (iii) expansão em um dispositivo que recupera trabalho, que provoca a redução da temperatura do ar;
- (iv) mistura do ar expandido com aquele do espaço refrigerado, ou seja: injeção de ar frio diretamente no espaço refrigerado.
- Sistemas e variantes são ilustrados a seguir:

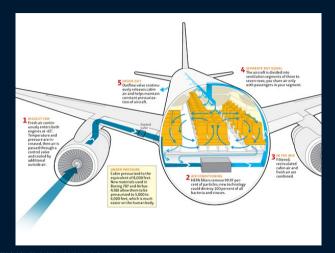








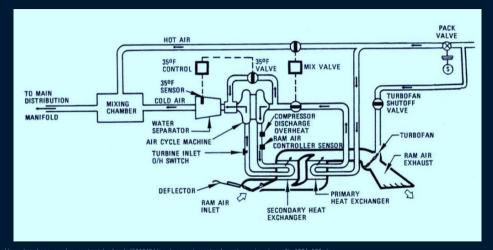






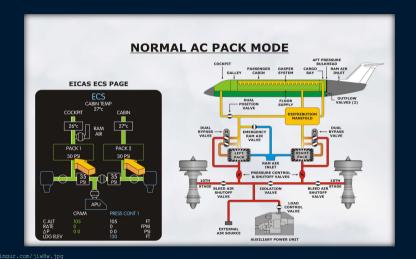






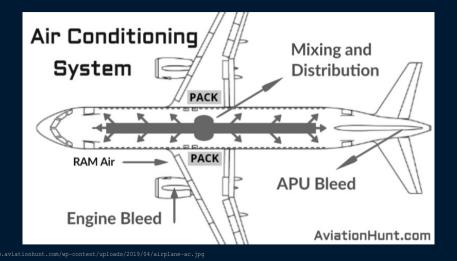
















## Sistemas de Absorção

• Sistemas de absorção são semelhantes a sistemas a vapor;

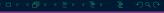




- Sistemas de absorção são semelhantes a sistemas a vapor;
- Porém, sistemas de absorção trocam compressão de gás por bombeamento de líquido;







- Sistemas de absorção são semelhantes a sistemas a vapor;
- Porém, sistemas de absorção trocam compressão de gás por bombeamento de líquido;
- Isto evidentemente economiza trabalho;







- Sistemas de absorção são semelhantes a sistemas a vapor;
- Porém, sistemas de absorção trocam compressão de gás por bombeamento de líquido;
- Isto evidentemente economiza trabalho;
- Porém exige fornecimentos e retiradas de calor extras;





- Sistemas de absorção são semelhantes a sistemas a vapor;
- Porém, sistemas de absorção trocam compressão de gás por bombeamento de líquido;
- Isto evidentemente economiza trabalho;
- Porém exige fornecimentos e retiradas de calor extras;
- Tais sistemas utilizam fluidos refrigerante e absorvente;





- Sistemas de absorção são semelhantes a sistemas a vapor;
- Porém, sistemas de absorção trocam compressão de gás por bombeamento de líquido;
- Isto evidentemente economiza trabalho;
- Porém exige fornecimentos e retiradas de calor extras;
- Tais sistemas utilizam fluidos refrigerante e absorvente;
- Variantes mais comuns: (i) NH<sub>3</sub> em H<sub>2</sub>O e (ii) H<sub>2</sub>O em LiBr;



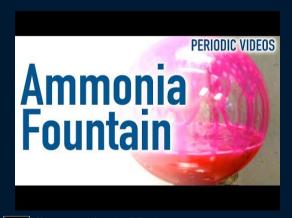


- Sistemas de absorção são semelhantes a sistemas a vapor;
- Porém, sistemas de absorção trocam compressão de gás por bombeamento de líquido;
- Isto evidentemente economiza trabalho;
- Porém exige fornecimentos e retiradas de calor extras;
- Tais sistemas utilizam fluidos refrigerante e absorvente;
- Variantes mais comuns: (i) NH<sub>3</sub> em H<sub>2</sub>O e (ii) H<sub>2</sub>O em LiBr;
- Solubilidade do vapor de NH<sub>3</sub> em H<sub>2</sub>O é função da temperatura.





## Sistemas de Absorção – Solubilidade de NH<sub>3</sub> em H<sub>2</sub>O



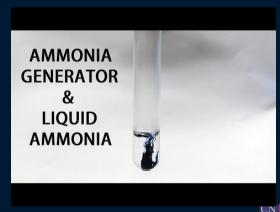






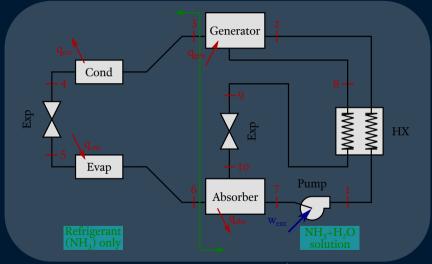
#### Sistemas de Absorção – Solubilidade de NH<sub>3</sub> em H<sub>2</sub>O















Esquemático de sistema de refrigeração por absorção Água-Amônia

#### Sistemas Termo-Elétricos

- Definições;
- Item 2;
- Item 3.





## Resfriadores Evaporativos

Coluna com 55% de largura:

• Item 1;

Coluna com 45% de largura.







## Resfriadores Evaporativos

Coluna com 55% de largura:

- Item 1:
- Item 2;

Coluna com 45% de largura.







## Resfriadores Evaporativos

#### Coluna com 55% de largura:

- Item 1:
- Item 2;
- Item 3.

#### Coluna com 45% de largura.





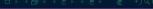


## Ciclo de Refrigeração por Compressão de Vapor

- Definições;
- Item 2;
- Item 3.







#### Ciclo Bomba de Calor

- Definições;
- Item 2;
- Item 3.





## O Ramo de Refrigeração

Doméstico, menos de 20 kW;





## O Ramo de Refrigeração

- Doméstico, menos de 20 kW;
- Comercial, mais de 20 kW;





## O Ramo de Refrigeração

- Doméstico, menos de 20 kW;
- Comercial, mais de 20 kW;
- Industrial, de pequeno a muito grande.





• Condicionamento de ar residencial;





- Condicionamento de ar residencial;
- Condicionamento de ar veicular;







- Condicionamento de ar residencial;
- Condicionamento de ar veicular:
- Condicionamento de ar de médios e grandes edificações;





- Condicionamento de ar residencial;
- Condicionamento de ar veicular;
- Condicionamento de ar de médios e grandes edificações;
- Transporte de cargas;





- Condicionamento de ar residencial;
- Condicionamento de ar veicular;
- Condicionamento de ar de médios e grandes edificações;
- Transporte de cargas;
- Refrigeração residencial;





- Condicionamento de ar residencial;
- Condicionamento de ar veicular;
- Condicionamento de ar de médios e grandes edificações;
- Transporte de cargas;
- Refrigeração residencial;
- Refrigeração de máquinas de venda;

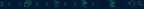




- Condicionamento de ar residencial;
- Condicionamento de ar veicular;
- Condicionamento de ar de médios e grandes edificações;
- Transporte de cargas;
- Refrigeração residencial;
- Refrigeração de máquinas de venda;
- Ar-condicionado industrial;







- Condicionamento de ar residencial;
- Condicionamento de ar veicular;
- Condicionamento de ar de médios e grandes edificações;
- Transporte de cargas;
- Refrigeração residencial;
- Refrigeração de máquinas de venda;
- Ar-condicionado industrial;
- Refrigeração industrial;





#### Ar-condicionado Industrial

• Item 1;





#### Ar-condicionado Industrial

- Item 1;
- Item 2;







#### Ar-condicionado Industrial

- Item 1;
- Item 2;
- Item 3.





# Refrigeração Industrial

• Item 1;





# Refrigeração Industrial

- Item 1;
- Item 2;







# Refrigeração Industrial

- Item 1;
- Item 2;
- Item 3.





#### Referências – I

#### [1] D. L. Fenton.

Fundamentals of refrigeration: A course book for self-directed or group learning. ASHRAE, second edition edition, 2016.





