

ESTUDO DA SEGUNDA LEI DA TERMODINAMICA EM UM SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO DE BANCADA.

Tamyres Santos Guerra, Faculdade Pitágoras- Uberlândia, guerratamyres@hotmail.com.

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

Alisson Augusto Azevedo Figueiredo, Universidade Federal de Uberlândia, alissonfigueiredo@hotmail.com.br.

Resumo: Este artigo tem como objetivo mostrar as contribuições feitas pela investigação do comportamento do refrigerador e a compreensão da segunda lei da termodinâmica. Foi utilizado um refrigerador de bancada ED-5820 supondo usar o R12 como fluido de trabalho. A metodologia consiste nas medições de pressão e temperatura em cada componente de refrigeração para construir um diagrama temperatura entropia. O valor do Coeficiente de Performance, COP, é calculado e permite compreender a segunda lei da termodinâmica e o seu funcionamento em uma máquina térmica.

Palavras-chave: Refrigerador, Segunda lei da termodinamica, COP

1. INTRODUÇÃO

É notória a importância dos refrigeradores tanto como uma boa forma de armazenamento e transporte de alimentos perecíveis quanto para o conforto. Para tanto, foi necessário um desenvolvimento da física e engenharia para tornar essa invenção possível. O reconhecimento do refrigerador como máquina térmica, possibilitou a constatação dos princípios termodinâmicos de forma simples.

Este artigo apresentará um experimento usando o Demonstrador de Refrigeração ED- 5820, medindo a variação de temperatura e pressão para a obtenção das propriedades termodinâmicas, que permitem a compreensão de seu funcionamento e os princípios da segunda lei da termodinâmica.

A relevância desse estudo se faz presente, na representação do ciclo no diagrama temperatura x entropia, na avaliação do COP, e na observação experimental do ciclo de refrigeração como fornecedor do embasamento para segunda lei da termodinâmica.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A análise do coeficiente de performance de um sistema de refrigeração é feita utilizando as leis da termodinâmica. A primeira lei da termodinâmica, lei da conservação de energia é enunciada com a ideia de processos reversíveis. Na prática os processos nem sempre são reversíveis. Tendo em vista a irreversibilidade da maioria dos processos e a espontaneidade da migração do calor, a segunda lei é apresentada abaixo.

2.1. A máquina térmica

A máquina térmica é fundamentada na segunda lei da termodinâmica, por tratar do calor, suas passagens e transformações em outras formas de energia. Vários foram os autores que já escreveram sobre ela, porém nesse artigo, a segunda lei da termodinâmica será passado por dois enunciados Clausius e Kelvin Planck, que por serem diferentes se complementam para exemplificar esta lei.

Clausius relata em seu enunciado, que o fluxo do calor flui da temperatura mais alta para a mais baixa. Dessa forma, para que o fluxo ocorra de maneira inversa é preciso que o trabalho seja realizado por um agente externo sobre o sistema. Esse agente externo é o motor no sistema de refrigeração: (Só Física, 2008) descreve que o calor não pode fluir, de forma espontânea, de um corpo de temperatura menor, para um outro corpo de temperatura mais alta. Como mostra a Fig. (1).

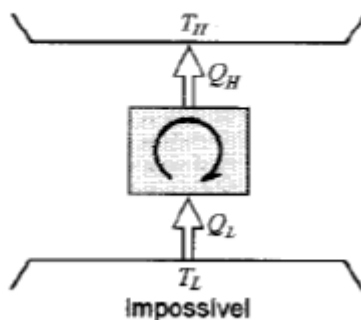


Figura 1: Enunciado de Clausius de Adaptada do livro Fundamentos da Termodinâmica- autor Van Wyllen (1997).

Kelvin relata em seu enunciado, que mesmo em pequena quantidade sempre em um sistema uma quantidade de calor não será transformado em trabalho efetivo. Dessa forma, é impossível que um invento térmico tenha rendimento de 100%: (Só Física, 2008) descreve que é impossível a construção de uma máquina que, operando em um ciclo termodinâmico, converta toda a quantidade de calor recebido em trabalho. A representação desse enunciado é mostrado na Fig. (2).

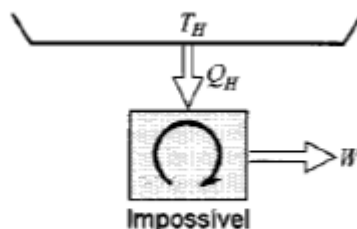


Figura 2: Enunciado de Kelvin adaptado do livro Fundamentos da Termodinâmica – autor Van Wyllen (1997).

Esses dois enunciados se interagem e permite concluir a segunda lei como sendo aquela que trata da dificuldade de conversão do calor de um corpo frio para um corpo quente, entropia, e a impossibilidade de se obter um rendimento total em um ciclo termodinâmico.

2.2. O ciclo de Carnot

O engenheiro francês Nicolas Leonard Sadi Carnot (1796-1832) foi responsável por fundamentar a segunda lei da termodinâmica para refrigerador através da exemplificação do ciclo de Carnot. O ciclo de Carnot contém processos reversíveis em uma máquina térmica com o maior rendimento permitido. Ele estabelece quatro processos básicos que são: Uma expansão isotérmica reversível: O sistema ganha uma quantidade de calor da fonte de aquecimento; Uma expansão adiabática reversível: O sistema não troca calor com as fontes térmicas; Uma compressão isotérmica reversível: O sistema dar calor para a fonte de resfriamento; Uma compressão adiabática reversível: O sistema não troca calor com as fontes térmicas.

O ciclo de Carnot mostra o máximo rendimento alcançado por um motor, através das relações usadas, concluiu se que a comparação entre os módulos dos calores trocados pelas fontes é igual à comparação entre as temperaturas absolutas das fontes; A utilização dessas relações prova que não é possível um rendimento de 100% em uma máquina térmica.

2.3. Desigualdade de Clausius

Ao analisar o ciclo de refrigeração reversível e o ciclo de refrigeração irreversível, Clausius constatou que é necessário um trabalho maior para operar um refrigerador irreversível do que um refrigerador reversível. Isso porque, a integral cíclica do calor trocado, dividido pela temperatura permanece nula quando se trata de ciclos reversíveis. Havendo uma desigualdade dessa expressão em ciclos irreversíveis.

Sabido que a igualdade de Clausius é válida para ciclos reversíveis é possível compreender que um sistema que percorre um processo reversível entre um estado ao outro, será dependente apenas do estado inicial e final, haja vista que o caminho não fará diferença. Assim surge o conceito de entropia, sendo esse abstrato, formada através de análises experimentais, com o intuito de relacionar a espontaneidade do processo físico.

Nota-se que uma porção de energia não pode mais ser convertida em trabalho mecânico a uma dada temperatura. Ou seja, existe uma certa irreversibilidade dos processos termodinâmicos. Logo a entropia, representada pela letra S , é o conceito que mensura a desordem das partículas de um sistema físico.

(Wylen, 1997) Descreve que o ponto importante a ser observado aqui é: como a entropia é uma propriedade, a variação de entropia de uma substância, ao ir de um estado a outro, é a mesma para todos os processos, tanto reversíveis como irreversíveis, entre dois estados.

3. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

O entendimento dos princípios da segunda lei é fundamentado no experimento realizado na bancada ED-5820, Fig (3) a qual possui dois manômetros, uma para a alta pressão e outro para medir a baixa pressão. As temperaturas foram medidas usando um termopar tipo T. O experimento foi composto 15 repetições e medidos os parâmetros (Temperatura e pressão) da entrada e saída do compressor, condensador, válvula de expansão e evaporador. Cada repetição consistia em ligar o equipamento setado a -10°C por 3 minutos, mediam-se os parâmetros cinco vezes, desligava o equipamento e esperava 30 minutos para reiniciar o processo.



Figura 3: Bancada experimental ED- 5820 (2016).

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

As propriedades termodinâmicas levantadas a partir do experimento geraram o diagrama Temperatura x Entropia, Fig. (4).

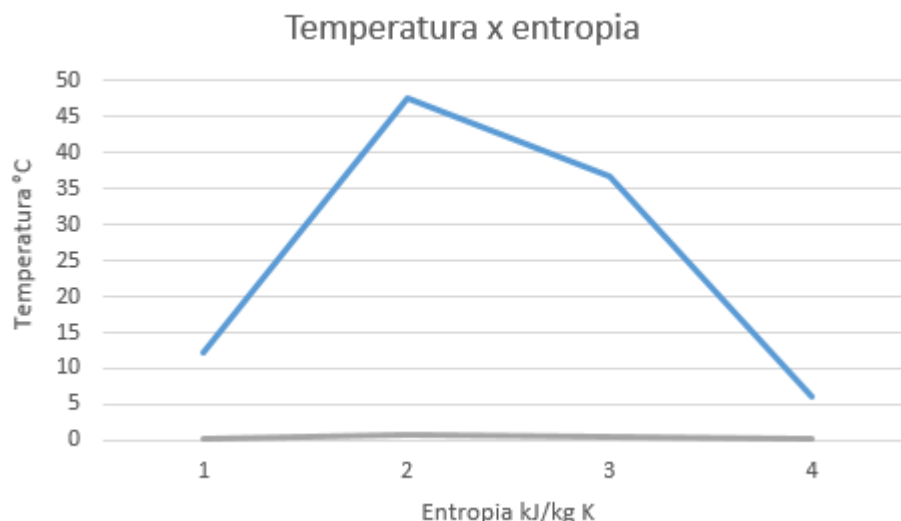


Figura 4: Diagrama de Temperatura x Entropia experimental (2016).

Além da diagrama TxS, o cálculo do coeficiente de performance (COP) são necessários para caracterizar a máquina térmica de refrigeração estudada. Fazendo um volume de controle evaporador e no compressor e admitindo o processo em regime permanente, a análise da primeira lei neste volume de controle resulta no cálculo do calor da fonte fria definido pela Eq. (1).

$$Q_f = h_s - h_e \quad (1)$$

Onde Q_f é o calor da fonte fria, h_s e h_e são respectivamente, entalpias de saída e de entrada. Calculando a Eq. (1).

$$\begin{aligned} Q_f &= 51,44 \text{ kJ/kg} - 25,9 \text{ kJ/kg} \\ Q_f &= 25,54 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Além do valor do Calor frio é preciso saber Trabalho do compressor, para a realizar o cálculo do COP. O Trabalho do compressor é definido pela Eq. (2).

$$|w| = h_s - h_e \quad (2)$$

Onde w é trabalho. Calculando a Eq. (2).

$$\begin{aligned} |w| &= 200,6 \text{ kJ/kg} - 51,44 \text{ kJ/kg} \\ |w| &= 149,16 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

O coeficiente de performance, COP, do refrigerador é a razão entre o calor removido da fonte fria, Q_f , e o trabalho consumido pelo mesmo. Logo o COP é estabelecido pela Eq. (3)

$$\text{COP} = Q_f / w \quad (3)$$

Calculando o COP, temos:

$$\text{COP} = 25,54 \text{ kJ/kg} / 149,16 \text{ kJ/kg} = 0,17$$

(Web ar condicionado, 2015) Mostra que uma máquina térmica de refrigeração tem COP entre 2,10 e 3,60. Pode-se observar pela análise dos resultados experimentais apresentados que o COP da bancada está abaixo do esperado. O valor dado pelo cálculo do COP, mostra que refrigerador usado em nosso experimento está introduzindo mais energia que removendo do ambiente. Logo, o seu comportamento está sendo de aquecer o ambiente. Um possível diagnóstico deste comportamento especial pode ser a falta de um ventilador no evaporador como pode-se observar na figura 3. A utilização do trocador de calor no circuito pode ser uma forma de melhoria do rendimento.

Além disso a bancada é didática e não é permitido fazer análises além de medir a temperatura e usar a pressão mostrada. Assim, outros três possíveis causas do COP encontrado são erros de medição por falta de equipamento e acesso adequado ao sistema, não se conhece realmente qual o fluido operante, não se conhece o real fluxo de massa do sistema.

5. CONCLUSÃO

O artigo cumpre seu objetivo que é a compreensão da segunda lei através da realização de um experimento em uma máquina térmica. Apesar das limitações experimentais, a análise do ciclo de refrigeração permitiu o entendimento do calor e das suas transformações em outras formas de energia. Assim como, o estudo do refrigerador, permitiu entender

papel do motor como instrumento chave para permitir a passagem do calor de um corpo frio para um quente. E a dificuldade de se converter todo o calor em trabalho.

6. REFERÊNCIAS

- Cavalcante J.O. “Eficiência de uma unidade de refrigeração por compressão a vapor”. 12 de Setembro de 2005.
<<http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2005/artigos/PB-14-00973616407-1118067783885.pdf> >
- Pucci, L.F.S. “Termodinâmica (2): O refrigerador como uma máquina térmica (1)”. 08 de Fevereiro de 2008.
<<http://educacao.uol.com.br/disciplinas/fisica/termodinamica-2-o-refrigerador-como-maquina-termica1.htm>>
- Só física. “2ª lei da Termodinâmica”. 2008.
< <http://www.sofisica.com.br/conteudos/Termologia/Termodinamica/2leidatermodinamica.php>>
- Web arcondicionado. “Entenda o que é COP e EER, saiba como calcular”. 7 de Julho de 2015.
<<http://www.webarcondicionado.com.br/entenda-o-que-e-cop-e-eer-e-saiba-como-calcular.>>
- Wylen, G. J. V. “ Fundamentos da Termodinamica ”. Ed. Edgard Blücher, São Paulo, Brazil, 1997, 148 p.

7. DIREITOS AUTORAIS

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