

ESTUDO ENERGÉTICO DO DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO POR ABSORÇÃO COM USO DE ENERGIA SOLAR

Rafael Loureiro Rosalino (Rafael.rosalino@hotmail.com)

Aluno de graduação do curso de Engenharia Mecânica.

Géssica da Costa Bispo (gessicabispo163@gmail.com)

Aluno de graduação do curso de Engenharia Mecânica.

João Paulo Calixto da Silva

Professor orientador

RESUMO

O processo de refrigeração por absorção ocorre por meio da utilização de uma fonte de calor que pode ser proveniente de painéis solares. O sistema composto por gerador, absorvedor, condensador, evaporador, válvula de expansão e bomba, absorve vapor de baixa pressão em um líquido absorvente adequado.

Diante das questões emergenciais relacionadas à seca, que aflige a população brasileira, foi proposto o estudo da viabilidade de um sistema de refrigeração por absorção produzir água condensada do ar. Utilizando análises de bibliografias, livros e artigos foi possível calcular por meio de conceitos como os termodinâmicos e balanço de massa e energia, grandezas importantes para o ciclo. Podendo assim avaliar a viabilidade da produção de água e também o gasto energético do equipamento.

PALAVRAS-CHAVE: Absorção, sistema, refrigeração, água.

1 – INTRODUÇÃO

No final de 2015, o Nordeste sofreu a maior seca dos últimos 50 anos. A partir de dados oriundos de imagem via satélite, a organização do Ministério da Ciência e Tecnologia mapeou as áreas "mais secas" no Brasil e descobriu que os estados que sofrem mais são: Minas Gerais, Espírito Santo (Sudeste) e todos os estados do Nordeste.

A instabilidade climática de regiões como Nordeste e Sudeste geram prejuízos que podem ser irreversíveis. Conforme o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais, a região Nordeste do País possui mais de 50% dos registros de seca, em segundo lugar encontra-se o Sudeste, com 26,91%.

O desmatamento da região amazônica e o aumento do impacto das atividades humanas em sua bacia são alguns dos motivos que levaram à diminuição das chuvas na região Sudeste.

Existem várias soluções para tal problemática, como perfuração de mais poços ou melhorar a reciclagem de água. Contudo, tais soluções não são viáveis em longo prazo, uma vez que os poços não são inesgotáveis. A reparação e melhorar o isolamento dos dutos das linhas de água podem ser uma solução, porém há certo custo associado a tal alternativa. Além disso, provavelmente tal solução não irá aumentar de forma significativa a quantidade de água (máximo de 6%, segundo dados de uma empresa de construção).

O uso de energias renováveis é uma possibilidade que em longo prazo demonstra ser mais promissor.

Esse projeto tem por objetivo analisar a viabilidade de um sistema de refrigeração por absorção que produza água condensada do ar. Sistemas de refrigeração por absorção têm por princípio refrigerar o ambiente utilizando para isso uma fonte de calor, essa fonte de calor pode ser obtida por meio de painéis solares, além disso, será estudada a produção de água condensada do ar produzida por esse sistema.

2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA OU REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 - SISTEMA

Pode-se chamar de sistema uma parte da matéria ou de um equipamento definido para ser estudado. Um sistema é dito fechado se massa não atravessa os seus limites, embora a energia possa. É dito sistema aberto se a massa e/ou a energia atravessam os limites do sistema.

2.2 - CICLO DE COMPRESSÃO E DE ABSORÇÃO

O ciclo de compressão de vapor é um ciclo que opera a trabalho pois há um compressor que eleva pressão do refrigerante e este requer trabalho. Contudo, o ciclo de absorção é operado a calor pois a ocorre o fornecimento de calor que libera o vapor do líquido de alta pressão. Existe a necessidade de trabalho para o acionamento da bomba no ciclo de absorção, mas a quantidade de trabalho requerida é mínima diante àquela que seria necessária para o ciclo de compressão de vapor.

2.3 - BALANÇO DE ENERGIA

O balanço de energia consiste na aplicação da 1 Lei da Termodinâmica, que por sua vez estabelece o princípio da conservação da energia aplicada aos sistemas. A energia não pode ser criada, nem destruída, apenas transformada.

$$\frac{df}{dt} = Q - w + \sum m_s \left(h_s + \frac{V_s^2}{2} + g\Delta e_s \right) - \sum m_e \left(h_e + \frac{V_e^2}{2} + g\Delta e_s \right)$$

2.4 - BALANÇO DE MASSA

Baseia-se na lei de conservação de massa, havendo fluxos de massa de entrada e saída em um processo. Se o processo é contínuo e opera em regime permanente, onde não há alterações das variáveis com o tempo, não ocorre o acúmulo de massa. Assim a equação resultante é:

$$massa_{entra} = massa_{sai}$$

3 – METODOLOGIA DO TRABALHO OU DESENVOLVIMENTO

Utilizando o embasamento teórico do sistema de refrigeração por absorção, o equipamento foi dividido em três sistemas para melhor compreensão e estudo.

3.1- SISTEMA 1 (CICLO DE REFRIGERAÇÃO)

O ciclo de refrigeração analisado pode utilizar dois tipos de fluidos, o primeiro com água (fluido de trabalho) e LiBr (solvente) e o outro com NH₃ (fluido de trabalho) e água (solvente). Uma bomba de absorção que funciona com água (fluido de trabalho) e LiBr (solvente) é mais apropriada, pois o ciclo não atinge temperaturas negativas neste caso. O interesse da utilização de amônia (NH₃) é que evite a cristalização quando as temperaturas são negativas.

Esse sistema é composto por gerador, absorvedor, condensador e evaporador, havendo dois fluidos, o de trabalho (água) e a solução (LiBr). Na entrada do gerador eles são misturados.

No gerador, os fluidos são aquecidos e a água é separada do resto por evaporação. (Operação que requer energia do exterior: calor). Um fluido LiBr com baixa concentração de água sai de um lado, enquanto o vapor de água pura sai do outro lado. A água (vapor) é condensada no condensador, torna-se líquida e, em seguida, expande-se após a válvula. Tal processo libera energia. No evaporador, a água líquida é evaporada e, por conseguinte, absorve energia do ambiente, logo, o “efeito de resfriamento”. Ele entra no absorvedor, onde ele é misturado com o resto da solução (LiBr com baixa concentração de água). A solução que sai do absorvedor consiste em LiBr com uma elevada concentração de água. Finalmente, a solução de alta concentração passa pelo trocador de calor que troca calor com a solução de baixa concentração proveniente do gerador. Todo o fluido é bombeado pela bomba. A bomba é o único equipamento que requer eletricidade, a qual é fornecida por painéis solares. Em cada processo há uma quantidade de energia que é analisada pela equação de balanço de massa e energia.

3.2 - SISTEMA 2 (PAINÉIS SOLARES)

Este sistema necessita de uma grande quantidade de calor para o gerador, a qual é fornecida pelos painéis solares. Um tanque de água é usado a fim de conservar o calor.

A relação entre os volumes de água no tanque e a superfície dos painéis solares é entre 13 e 18 litros por m² (volume/área). E, 18 litros de água por um metro quadrado de painel solar é a quantidade máxima de água que se pode aquecer se se considera que o tanque pode atingir uma temperatura de 75 °C.

Se a área dos painéis solares for elevada para obter-se apenas 13 litros de água por metro quadrado, chega-se a um limite em que não se torna consistente a adição de painéis solares. O tanque já está suficientemente aquecido e a adição de painéis solares causará custos adicionais sem ser útil. O tanque deve ser isolado (de modo a reduzir as perdas) e deve extrair o máximo possível de calor do sistema. Composto pelo painel solar e o tanque, a eficiência energética desse subsistema é calculada da seguinte forma: Energia solar * Eficiência solar * Eficiência tanque = energia disponível

Ao que diz respeito ao cálculo da eficiência de um painel solar em determinado período, ela pode ser calculada da seguinte forma: Eficiência do painel solar * energia absorvida pelo painel solar (1 ano) = eficiência do painel solar em 1 ano.

3.3 - SISTEMA 3 (PRODUÇÃO DE ÁGUA E REFRIGERAÇÃO)

O evaporador tem energia necessária para a evaporação de água a partir do ar que flui por convecção forçada. Mais especificamente, o subsistema III é formado por um trocador de calor, entre o ar que entra e o ar que sai, evaporador, câmara que necessita ser arrefecida, um ventilador/soprador que utiliza energia de painéis solares.

O ar do exterior entra no trocador de calor e é resfriado pelo ar que sai da câmara. Este ar pré-resfriado é então resfriado e condensado pelo evaporador. O ar, seco e resfriado, entram na câmara. Após um dado período de tempo, este mesmo ar sai da câmara e é usado para resfriar o ar que entra.

Nesse processo também há troca de energia, logo é utilizado à equação de balanço de massa e energia.

4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES OU ANÁLISE DOS DADOS

Através de análise de bibliografias, artigos e livros de didáticos, foram obtidas informações ideais de funcionamento de sistema de refrigeração e foram aplicadas análises teóricas do funcionamento do sistema autônomo de extração de água do ar por absorção, tendo como fonte de energia um sistema fotovoltaico. Através das equações de balanço de massa e energia obtidas com o auxílio das tabelas de termodinâmica, foi possível calcular algumas grandezas importantes para o ciclo. Energia no gerador $Q_g=3196$ kJ/kg, energia no evaporador $Q_e = 2477,7$ kJ/kg, energia no condensador $Q_c = 12449,82$ kJ/kg. Com base em todas as grandezas calculadas os resultados finais do trabalho indicam que há um potencial de recuperação de 1,11 g/s de água de um ambiente, que equivale a aproximadamente 5,934 kg de água por hora

5 – CONCLUSÃO OU CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando que o equipamento estudado produza teoricamente 5,394L de água, em 24 horas serão produzidos 142,416L de água. Pode-se concluir que o equipamento é viável para produção de água. Sendo uma pesquisa teórica, onde muitas considerações foram aplicadas, e sem outro modelo para buscar referência, uma análise mais detalhada do estudo faz-se necessária.

6 – CONCLUSÃO OU CONSIDERAÇÕES FINAIS

Agradecemos à FSJB e a FAPES pelo apoio financeiro na forma de bolsa de IC.

7 – REFERÊNCIAS

1. N. K. GHADDAR; M. SHIHAB; F. BDEIR. Modeling and simulation of solar absorption system performance in Beirut. 1997. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148196000390#!>>. Acesso em: 20 jul. 2017.
2. KAYNAKLI, O.; KİLİÇ, Muhsin. Estudo teórico sobre o efeito das condições operacionais sobre o desempenho do sistema de refrigeração por absorção. 2007. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/222750460_Theoretical_study_on_the_effect_of_operating_conditions_on_performance_of_absorption_refrigeration_system>. Acesso em: 20 jul. 2017.
3. FLECHE, Bruno. LE SOLAIRE THERMIQUE : approche générale. Disponível em: <<http://eduscol.education.fr/sti/sites/eduscol.education.fr/sti/files/ressources/techniques/782/782-bf-thermique.pdf>>. Acesso em: 20 jul. 2017.
4. ATLAS BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS 1991 A 2012. Atlas Brasileiro. Disponível em: <<http://www.ceped.ufsc.br/atlas-brasileiro-de-desastres-naturais-1991-a-2012/>> Acesso em 12 de maio de 2017. (INTRODUÇÃO)
5. MODELAGEM E CONSTRUÇÃO DE PROTÓTIPO DE REFRIGERADOR POR ABSORÇÃO DE VAPOR DE BAIXA POTÊNCIA OPERANDO COM O PAR ÁGUABROMETO DE LÍTIO E UTILIZANDO FONTES TÉRMICAS DE BAIXA TEMPERATURA. Sistema de refrigeração por absorção. P.35. Disponível em: <http://www.ufsj.edu.br/portal2repositorio/File/mestradoenergia/Dissertacoes/2009/Luiz_Gustavo_Guimaraes.pdf> (FUNDAMENTAÇÃO TEORICA)
6. SHAPPIRO, Howard N. et al. PRINCIPIOS DE TERMODINAMICA PARA ENGENHARIA. 7. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2013. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAhJWIAI/shapiro-principios-termodinamica-7-ed-completo>>. Acesso em: 20 jul. 2017.