

CONSTRUÇÃO DE UMA GELADEIRA SOLAR CARVÃO ATIVADO – METANOL

Aroldo A. Lima – labensol@yahoo.com.br

Germano P. Guedes – germano@uefs.br

Universidade Estadual de Feira de Santana, Departamento de Física

Denis G. F. David – denisgfd@ufba.br

Universidade Federal da Bahia, Instituto de Física

2. Conversão Térmica da Energia Solar

Resumo. *Uma geladeira solar carvão ativado – metanol foi desenvolvida. Seu desempenho foi determinado com a ajuda de um simulador solar de 360 Watts, medindo a pressão interna e as temperaturas do absorvedor, do evaporador e do ambiente durante vários ciclos de 24h. Esses resultados foram comparados com os resultados de um modelo teórico do funcionamento da geladeira. O acordo entre os dois é excelente. Se baseando nesses resultados, a geladeira está sendo redimensionada de maneira a alcançar as características de uma geladeira familiar. Testes desta geladeira com exposição direta ao Sol estão previstos em breve. Esse tipo de geladeira pode suprir às necessidades de famílias morando em regiões semi-áridas, onde a energia elétrica ainda não está chegando, por um custo e uma manutenção reduzidos, comparado a sistemas fotovoltaicos.*

Palavras-chave: *Energia Solar, geladeira, adsorção, carvão ativado, metanol.*

1. Introdução

O estudo da utilização da energia solar aplica-se bem à realidade do Nordeste, onde o clima se traduz por uma boa iluminação direta do sol na maior parte do ano e os problemas sociais são bem característicos. Nesse contexto se inscrevem comunidades rurais afastadas com dificuldades de acesso à eletricidade, o que compromete o seu desenvolvimento econômico. Dessa maneira, a refrigeração solar a adsorção apresenta-se como alternativa interessante por dispensar a compressão de gases e não fazer uso da energia elétrica.

As geladeiras solares a adsorção, em contraste com as geladeiras convencionais, não utilizam compressores movidos à eletricidade, mas sim o princípio de adsorção do fluido refrigerante (adsorvato) por um sólido (adsorvente) funcionando como uma bomba de sucção. Existem várias opções de pares adsorvente/adsorvato que oferecem vantagens e desvantagens como, por exemplo, água + sílicagel (A. O. Dieng e R.Z. Wang, 2001) que requer um aquecimento do adsorvente a temperaturas abaixo de 100°C, mas é limitado pelo fato de que a água congela a temperaturas abaixo de 0°C. O par metanol + carvão ativado pode refrigerar a temperaturas negativas (-5°C) sem o problema do congelamento do metanol, e precisa somente de um aquecimento do adsorvente a temperaturas até de 110°C, o que é particularmente bem adaptado para produção de gelo a partir da energia solar. Outros pares como água + zeolite e sal + amônia já foram estudados.

No Brasil, o grupo de pesquisa do LES/UFPB coordenado pelo Prof. Antônio Pralon Ferreira Leite desenvolveu um protótipo de geladeira solar utilizando o par metanol + carvão ativado (Antônio Pralon Ferreira Leite *et al*, 2007). Foram realizadas medidas num período de outubro a dezembro de 2003 que permitiram uma análise das influências das condições climáticas sobre o desempenho da geladeira, com o evaporador atingindo temperaturas de resfriamento entre -1,8°C e -4,6°C e uma massa de gelo produzida equivalente a 6,0 kg. Esses resultados mostraram a viabilidade dessa pesquisa na região do Nordeste.

O grupo do LIMSI, na França, desenvolveu um modelo para a geladeira solar utilizando o par metanol + carvão ativado, o qual foi comparado com os dados experimentais de um protótipo (A., Boubakri, J.J., Guillemintot, F., Meunier, 2000). O protótipo estudado possui um coletor integrado ao condensador, ligado por um tubo flexível ao evaporador e o modelo apresentou um bom acordo com as medidas experimentais.

O protótipo construído no Laboratório de Energia Solar da UEFS também utiliza o par metanol + carvão ativado e está em fase de testes desde julho de 2005, com medições de temperatura e pressão sendo realizadas em regime contínuo. Essas medidas são adquiridas por um computador e arquivadas para a construção de gráficos e análise.

Um modelo teórico foi elaborado com o objetivo de descrever o balanço energético da geladeira solar nas diversas etapas do seu funcionamento, possibilitando uma comparação entre o modelo e os resultados experimentais.

2. Mecanismo de adsorção - dessorção do metanol no carvão ativado.

A adsorção (Álvaro Guedes Soares, 2001) é um fenômeno no qual as moléculas de uma substância sofrem colisões e ficam presas na superfície de um sólido devido a forças de atração entre os átomos da substância e do sólido. Pode ser física ou química, sendo que na adsorção física não ocorrem ligações entre os átomos da substância e do sólido e a energia de ligação é da ordem de 20 kJ. No caso da adsorção química, as ligações ocorrem e a energia é da ordem de 200 kJ (Mohammed Abdelbassat Slasli, 2002), o que justifica optar pela adsorção física na construção de uma geladeira solar.

O modelo de Dubinin e Radushkevich (Gaëtan Gouderc, 2002) é muito desejável no estudo da geladeira solar, pois é representado por uma relação que é função da pressão e da temperatura. É dado pela seguinte expressão:

$$\theta = 10^{-D \cdot \left[T \cdot \log \left(\frac{P_s}{P} \right) \right]^2} \quad (1)$$

onde θ (sem unidade ou SU) é a razão entre o volume de sítios ocupados e o volume micro-poroso total, D (K^{-2}) representa a afinidade do álcool com o carvão ativado, P_s (mb) é a pressão de saturação do carvão, P (mb) é a pressão que existe na interface sólido/vapor e T (K) é a temperatura do carvão ativado.

Utilizando-se a relação de Clapeyron (Guillemintot J.J. *et al*, 1980), a Eq.(1) fica reduzida a:

$$\theta = 10^{-K \cdot \left[\frac{\Delta T}{T_0} \right]^2} \quad (2)$$

onde ΔT é a diferença entre as temperaturas interna e externa e T_0 é uma constante que representa a capacidade de adsorção do metanol pelo carvão ativado. Tipicamente, T_0 é vizinho de 110°C (A. O. Dieng e R.Z. Wang, 2001).

Com esse modelo, é possível determinar a evolução da adsorção/dessorção no carvão ativado durante os ciclos de funcionamento da geladeira.

3. Descrição da geladeira solar e do aparato experimental.

A geladeira solar a adsorção consiste basicamente de um reservatório com carvão ativado e outro com metanol, interligados e evacuados. Em condições de baixa pressão, o metanol evapora e absorve calor do recipiente que o contém, produzindo-se o frio. O carvão ativado adsorve os

vapores do metanol, precisando ser aquecido para desorver o metanol e reiniciar o ciclo da geladeira.

O protótipo experimental construído possui dois tubos de cobre (38,2mm diâmetro externo por 490mm de comprimento) com um volume de 0,55 l cada, que realizam o papel do coletor solar. Os dois tubos estão preenchidos até 75% de sua capacidade total com 1 kg de carvão ativado. Há um condensador que consiste em um tubo de cobre de 15mm de diâmetro por 600mm de comprimento atravessado por 34 aletas de latão de 0,5 mm X 50 mm X 50 mm. O evaporador é constituído por um tubo de cobre com as mesmas dimensões dos tubos de carvão e está encerrado em uma caixa de isopor de 140 mm de largura por 110 mm de altura e 570 mm de comprimento, com uma parede de 20 mm. O protótipo também dispõe de duas válvulas esféricas de 1/2", uma por onde se injeta o metanol e a outra por onde se faz o vácuo.

A montagem encontra-se instalada em uma bancada equipada com uma bomba de vácuo CENCO PRESSOVAC com pressão limite de 10^{-2} mbar, que permite realizar as manobras de vácuo da geladeira antes do seu funcionamento. Um simulador solar, construído com uma chapa refletora de inox e seis lâmpadas incandescentes, realiza o papel do sol, fornecendo a luz necessária ao aquecimento dos tubos de carvão para ativar os ciclos de funcionamento da geladeira. A Fig. 1 mostra o protótipo juntamente com o simulador solar.

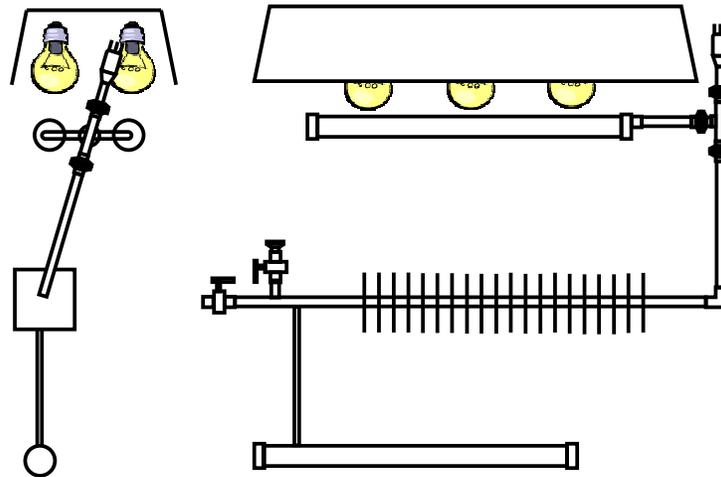


Figura 1- Montagem do protótipo experimental e do simulador solar.

Para medir as variações de temperatura no evaporador e no coletor são utilizados dois sensores eletrônicos LM35DZ da National Semiconductors, que fornecem um sinal de $10 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$ que varia linearmente com a temperatura. Foi desenvolvida uma eletrônica de amplificação do sinal do LM35, baseada no uso do amplificador operacional TL071CP na configuração diferencial. O circuito montado conta com dois canais de entrada e saída independentes para medir as temperaturas dos cilindros de metanol e de carvão individualmente.

A variação da pressão na geladeira é medida por um sensor piezoresistivo MPX2200D da Motorola que fornece um sinal de $18 \text{ mV} / 100 \text{ Kpa}$ que varia linearmente com a pressão.

O sensores de pressão e temperatura estão ligados a uma placa de aquisição de 4 canais e 12 bits que faz a interface com um microcomputador, onde são arquivados os dados utilizados na construção de gráficos.

4. Modelamento da geladeira solar

O balanço energético da geladeira solar deve ser realizado levando-se em consideração os seus ciclos de funcionamento, que são divididos basicamente em duas etapas: ciclo diurno e o ciclo noturno.

As seguintes hipóteses devem ser feitas:

- Durante o dia:
 - O aquecimento solar do coletor provoca a desorção do metanol fixado no carvão ativado.
 - O vapor de metanol volta à fase líquida no condensador.
 - O metanol líquido se acumula no evaporador.
 - O vapor de metanol equilibra-se a uma pressão que corresponde a uma temperatura intermediária entre a do condensador e a do coletor.
- Durante a noite:
 - A evaporação do metanol ocorre no evaporador devido à sucção dos vapores pelo carvão ativado, cujos poros encontram-se vazios.
 - O condensador, atravessado pelo vapor, não interfere.
 - O vapor de metanol equilibra-se a uma pressão que corresponde à temperatura do evaporador

Dessa maneira, têm-se os balanços energéticos no coletor solar, no condensador e no evaporador:

- Coletor solar;

$$W_{Sol} = -L_{des} \cdot \frac{dm_a}{dt} + C_1 \cdot \frac{dT_{Col}}{dt} + \theta_1 \cdot (T_{Col} - T_{amb}) + \phi_1 \quad (3)$$

onde W_{Sol} é a potência de radiação solar que chega no coletor (em W), L_{des} é o calor de desorção do metanol (em J/kg), $\frac{dm_a}{dt}$ é a variação de massa de metanol no carvão ativado (em kg/s), C_1 é capacidade térmica dos coletores (em J/K) com toda a sua massa metálica, de carvão ativado e de metanol presente, $\frac{dT_{Col}}{dt}$ é a sua variação de temperatura no tempo (em K/s), θ_1 é o coeficiente global de perda por convecção e radiação (em W/K), T_{col} é a temperatura do coletor (em K), T_{amb} é a temperatura ambiente (em K), e ϕ_1 é a perda por condução do coletor pela ligação entre o coletor e o condensador (em W).

- Condensador;

$$-L_{vap} \cdot \frac{dm_a}{dt} = C_2 \cdot \frac{dT_{Cond}}{dt} + \theta_2 (T_{Cond} - T_{amb}) + \phi_1 + \phi_2 \quad (4)$$

onde L_{vap} é o calor latente de vaporização do metanol (em J/kg), C_2 é a capacidade térmica do condensador (em J/K), $\frac{dT_{Cond}}{dt}$ é a sua variação de temperatura no tempo (em K/s), θ_2 é o coeficiente de perda por convecção (em W/K), T_{cond} é a temperatura do condensador (em K), e ϕ_2 é a perda por condução pelo tubo que liga o condensador ao evaporador (em W).

- Evaporador;

$$L_{vap} \cdot \frac{dm_a}{dt} = C_3 \cdot \frac{dT_{Evap}}{dt} + \theta_3 \cdot (T_{amb} - T_{Evap}) + \phi_2 \quad (5)$$

onde C_3 é a capacidade térmica do evaporador (em J/K), $\frac{dT_{Evap}}{dt}$ é a sua variação de temperatura no tempo (em K/s), θ_3 é o coeficiente de perda por condução pelas paredes da caixa de isopor (em W/K), e T_{evap} é a temperatura do evaporador (em K). ϕ_2 também aparece na Eq. 7 devido a ligação entre o evaporador e o condensador.

Essas três equações não são suficientes para determinar a evolução das quatro variáveis m_a , T_{col} , T_{cond} e T_{evap} . É preciso fazer a última hipótese acerca a variação da massa de metanol presa nos carvão ativado:

$$\frac{dm_a}{dt} = (m_{eq} - m_a) \cdot \gamma \quad (6)$$

onde m_{eq} (kg) é a massa de equilíbrio obtida a partir da Eq. (2), e γ (s^{-1}) representa a velocidade de desorção do carvão ativado.

Para determinar a temperatura do vapor de metanol durante o dia, expressa-se a igualdade entre o fluxo de metanol condensando no evaporador e o fluxo de metanol dessorvendo no carvão:

$$\frac{dm_a}{dt} = p_{gas} \cdot \left(1 - \frac{T_{cond}}{T_{gas}}\right) \cdot \alpha \cdot S_{cond} \quad (7)$$

onde P_{gas} é a pressão do vapor de metanol (Pa), T_{gas} sua temperatura (K), α a eficiência da condensação (s/m) e S_{cond} a área de condensação (m^2). Como P_{gas} e T_{gas} são ligados por uma relação não linear (lei de pressão de vapor saturado), essa última relação não é linear e é resolvida por um método de aproximações sucessivas.

As Eq.(3), Eq.(4), Eq.(5), Eq.(6) e Eq. (7) são utilizadas em um programa em linguagem BASIC para a realização de simulações e comparação com os dados experimentais.

5. Resultados

5.1 Variação da amplitude de resfriamento com o tempo

A Fig. 2 mostra a variação da temperatura do evaporador e do coletor em função do tempo para 4 ciclos sucessivos.

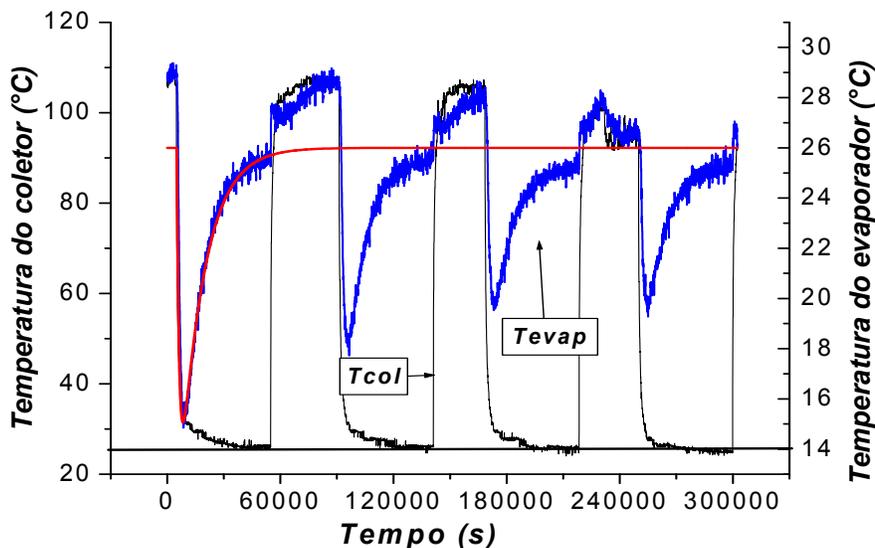


Figura 2- Variação da temperatura do evaporador e do condensador referente a 4 ciclos, com sobreposição de uma curva teórica para o frio (em vermelho).

Depois de ter feito um vácuo razoável na geladeira, foi introduzido um volume de metanol de 200ml às 18h00. A primeira fase corresponde então ao resfriamento no evaporador com uma queda de temperatura de 28°C para 14°C ($\Delta T = -14^\circ\text{C}$). No fim desse período (7h00 da manhã), o simulador solar é ligado e a temperatura do coletor alcança 110°C. Nos ciclos seguintes, os resfriamentos obtidos vão diminuindo.

5.2 Quantidade de metanol reciclado

A massa de metanol reciclado pode ser determinada pelo balanço térmico do evaporador numa simplificação da Eq. (5), feita da seguinte maneira:

$$L_{\text{vap}} \cdot \frac{dm_a}{dt} = \frac{K \cdot S}{e} \cdot (T_{\text{Evap}} - T_{\text{amb}}) \quad (8)$$

onde $K = 0,04 \text{ W} / \text{m} \cdot \text{K}^{-1}$ é a condutividade térmica do isopor, $S = 0,32 \text{ m}^2$ é a área da caixa e $e = 0,02 \text{ m}$ é a espessura do isopor.

Utilizando a variação de temperatura do evaporador no primeiro ciclo da Fig. 2, obtém-se o seguinte ajuste:

$$T_{\text{evap}} = T_{\text{amb}} + \Delta T \cdot (e^{-\gamma_1 t} - e^{-\gamma_2 t}) \quad (9)$$

e integrando a Eq. (8) e chega-se a:

$$m_a = \frac{K \cdot \Delta T \cdot S}{e \cdot L_{\text{vap}}} \left[\frac{e^{-\gamma_2 t}}{\gamma_2} - \frac{e^{-\gamma_1 t}}{\gamma_1} \right]_0^t \quad (10)$$

onde $\gamma_1 = 0,00008 \text{ s}^{-1}$ e $\gamma_2 = 0,00075 \text{ s}^{-1}$ são constantes que serão explicitadas mais adiante, e ΔT é a variação da temperatura medida no evaporador (K).

Para um tempo suficientemente longo $\left(t \gg \frac{1}{\gamma_2}, \frac{1}{\gamma_1} \right)$, tem-se a seguinte aproximação:

$$m_a \approx 6,16 \cdot \Delta T \quad (11)$$

onde os valores de K , S , e e $L_{\text{vap}} = 1,16 \text{ KJ} / \text{g}$ são considerados.

A Eq. (11) permitiu a construção de um gráfico que mostra a variação da massa de metanol condensada a cada ciclo, conforme explicitado na Fig. 3.

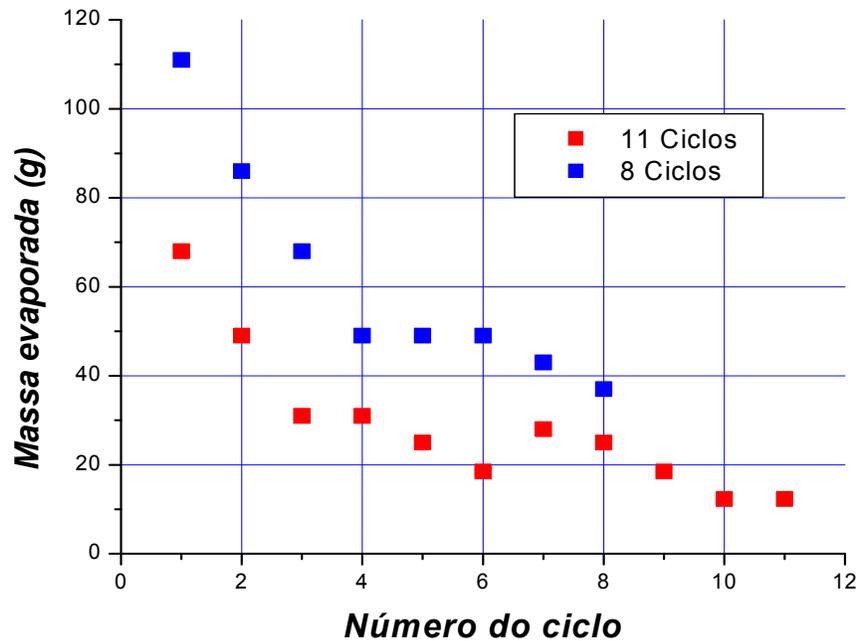


Figura 3- Massa de metanol evaporado (fase de resfriamento) em um teste de 8 ciclos e outro de 11 ciclos.

Observa-se um decaimento na massa de metanol reciclado ao longo dos sucessivos ciclos de funcionamento da geladeira solar.

Com base no cálculo da massa de metanol evaporado, deduz-se a energia de frio gerada. A energia absorvida no aquecimento dos coletores é igual a potência (constante) do simulador multiplicada pelo tempo de aquecimento Δt (s), o que leva ao rendimento η (sem unidade de medida):

$$\eta = \frac{m_a \cdot L}{W_{sol} \cdot \Delta t} \quad (12)$$

O rendimento alcançou no máximo 1,5%. Esse rendimento, com certeza ainda fraco, será melhorado de maneira significativa, aplicando-se as modificações expostas na conclusão.

5.3 Variação da pressão durante os ciclos

A Fig. 4 mostra a pressão do vapor de metanol medida em função da temperatura do evaporador, e a pressão de vapor saturado correspondente. O acordo entre as duas pressões durante a fase de resfriamento é excelente, confirmando a hipótese feita no modelo.

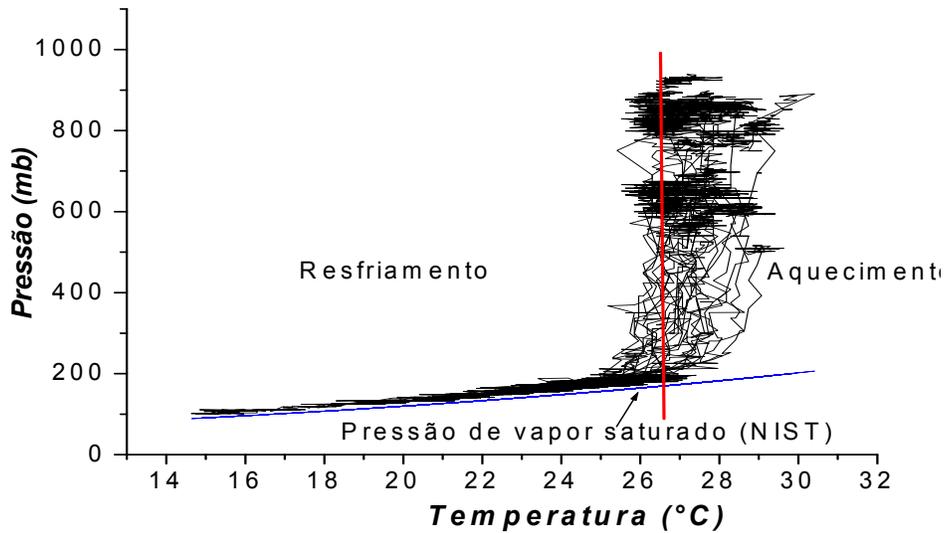


Figura 4- Variação da pressão interna da geladeira em função da temperatura para vários ciclos sucessivos de funcionamento.

Durante a fase diurna de desorção, observa-se um aumento sensível da pressão. Ela varia entre 200 e 1000 mb, o que corresponde uma temperatura de equilíbrio de 27°C a 65°C. São temperaturas intermediárias entre a temperatura do condensador (perto da temperatura ambiente) e do coletor (aproximadamente 110°C). Isso confirma a hipótese feita no modelo.

5.3 Comparação modelo X experimento

O modelo desenvolvido permite verificar que as hipóteses de funcionamento da geladeira são corretas. Na Fig. 5, é possível observar que os inversos dos tempos característicos de resfriamento, γ_1 e γ_2 , correspondem aos parâmetros do modelo seguintes:

$$\gamma_1 = \gamma, \text{ velocidade de desorção do metanol} \tag{13}$$

$$\gamma_2 = \frac{L_{vap}}{\theta_3}, \text{ velocidade de evaporação do metanol} \tag{14}$$

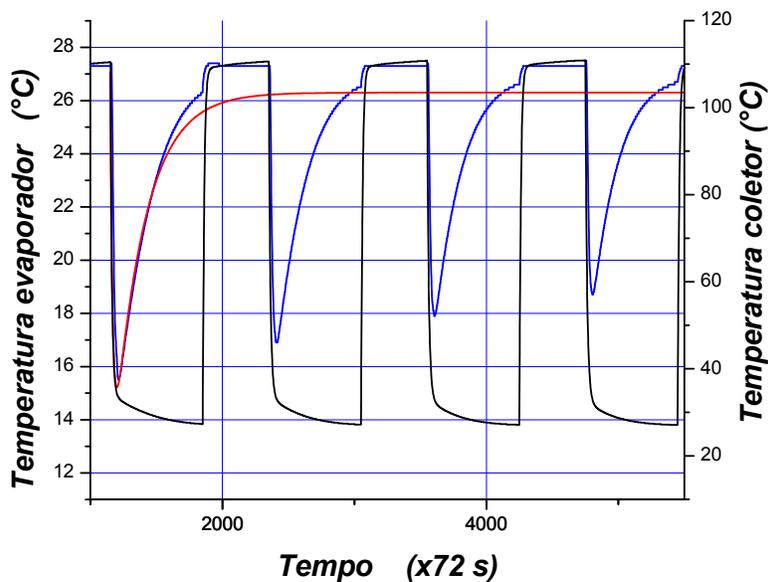


Figura 5- Temperaturas calculadas do evaporador (em azul) e do coletor (em preto) da geladeira durante 4 ciclos. Em vermelho, ajuste experimental da temperatura do evaporador durante a fase de resfriamento: $T_{\text{evap}} = T_{\text{amb}} + \Delta T \cdot (e^{-\gamma_1 t} - e^{-\gamma_2 t})$.

O modelo representa também de maneira satisfatória a diminuição da amplitude de frio, levando em conta uma possível variação da temperatura de regeneração durante os primeiros ciclos. Esta se comportaria segundo a lei:

$$T_0(n) = T_0^\infty - \Delta T \cdot e^{-\frac{n}{N}} \quad (15)$$

onde n representa o número do ciclo, N o número total de ciclos para se obter o valor de equilíbrio T_0^∞ da temperatura de regeneração, ΔT a sua variação nos primeiros ciclos. Achou-se $T_0^\infty = 110^\circ\text{C}$ e $\Delta T = 80^\circ\text{C}$.

Há também um acordo satisfatório entre o modelo e os dados experimentais na variação da pressão do metanol em função da temperatura durante os vários ciclos, conforme as curvas em azul e vermelha na Fig. 4.

A única discordância entre o modelo e o experimento está relacionada com a variação da pressão durante a fase de dessorção: o modelo indica um decaimento lento da pressão enquanto no experimento essa pressão se mantém bastante constante. A origem desta discordância reside provavelmente no fato de que o modelo ainda não leva em conta a transferência de calor das paredes do coletor para as camadas mais internas do carvão.

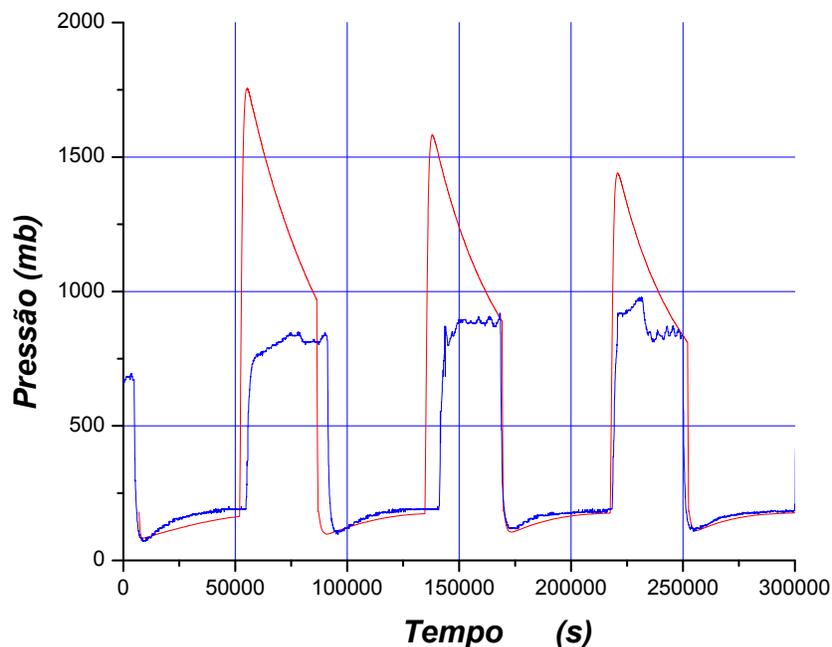


Figura 6- Comparação entre pressão medida (em azul) e pressão calculada (em vermelho).

6. Conclusões

Um protótipo experimental de geladeira solar em dimensões reduzidas foi construído. Utilizando um simulador solar simples e uma instrumentação desenvolvidos no laboratório, esse protótipo tem fornecido dados experimentais que permitiram estudar o princípio da geladeira metanol + carvão

ativado. Um modelo teórico para essa geladeira solar tem fornecido uma interpretação dos resultados experimentais, possibilitando modificações que irão melhorar o rendimento do protótipo.

Foi verificada a hipótese de equilíbrio da pressão de vapor do metanol com a temperatura do evaporador durante o resfriamento. Porém, durante o aquecimento do carvão ativado, a pressão de vapor equilibra-se com a taxa de desorção, introduzindo uma dependência com a velocidade de desorção e de condensação.

A massa de metanol reciclada pôde ser determinada por meio da variação da temperatura do evaporador em cada ciclo. Observa-se uma diminuição sucessiva na massa de metanol evaporado em cada ciclo, que pode ser explicada por um aumento da temperatura de regeneração nos primeiros ciclos, passando de 30°C a 110°C.

O fraco rendimento desse protótipo se deve provavelmente a alguns fatores, tais como:

- Área eficaz oferecida pelo condensador ao vapor de metanol, muito pequena (área interna de $\approx 0,03 \text{ m}^2$ apenas), implicando em uma condensação ineficiente;
- Temperatura máxima atingida pelo carvão ativado abaixo da temperatura dos tubos do coletor ($\approx 110^\circ\text{C}$) devido a uma condução deficiente de calor das paredes internas dos tubos para as camadas mais interiores do carvão. Isso leva a uma necessidade de modelar o problema da transferência de calor que ocorre entre a parede do tubo e as camadas mais interiores do carvão ativado.

Esse baixo rendimento (no máximo 1,5%) pode ser melhorado com o aumento da eficiência do coletor e do condensador.

Está previsto a construção de um protótipo com maiores dimensões colocado numa plataforma de testes em campo aberto para verificar o funcionamento da geladeira solar em condições climáticas reais. Em seguida, será desenvolvido um modelo para uso doméstico, capaz de atender as necessidades de comunidades rurais mais afastadas e com difícil acesso à eletricidade.

REFERÊNCIAS

- Dieng, A. O. and Wang, R. Z., 2001. Literature review on solar adsorption technologies for ice-making and air conditioning purposes and recent developments in solar technology, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 5 (2001) 313–342.
- Leite, A. P. Ferreira, Grilo, Marcelo Bezerra, Andrade, R. R. Duarte, Belo, Francisco Antônio, Meunier, Francis, 2007. Experimental thermodynamic cycles and performance analysis of a solar-powered adsorptive icemaker in hot humid climate, *Renewable Energy* 32 (2007) 697–712.
- Boubakri, A., Guilleminot, J.J., Meunier, F., 2000. Adsorptive solar powered ice maker: Experiments and model, *Solar Energy* Vol. 69, Nº 3, pp. 249 – 263, 2000.
- Gouderc, Gaëtan 2002. Contribution à l'étude de l'adsorption binaire par les carbones non poreux et poreux, Tese de Doutorado, Faculdade des Sciences, Université de Neuchâtel.
- Guilleminot, J. J., Meunier, F., Mischler, B., 1980. Study of intermittent cycles with solid adsorption for solar cooling - *Revue de Physique Appliquée*, 15: (3) 441-452 1980.
- Slasli, Mohammed Abdelbassat, 2002. Modélisation de l'adsorption par les charbons microporeux : Approches théorique et expérimentale, Tese de Doutorado, Faculdade des Sciences, Université de Neuchâtel.
- Soares, Álvaro guedes, 2002. Adsorção de gases em carvão ativado de celulignina, Tese de Doutorado, Instituto de Física “Gleb Wataghin”, Universidade Estadual de Campinas.

CONSTRUCTION OF AN ACTIVE CARBON – METHANOL REFRIGERATOR

Abstract. *An active carbon – methanol refrigerator has been developed. Its performances were determined with the help of a 700 W solar simulator, by measuring its internal pressure and the temperatures in its absorber and its evaporator, and the room temperature as well, during various 24h cycles. These measurements were compared to the results of a theoretical model of its functioning. The agreement between both is excellent. Based on these results, the refrigerator will be re-dimensioned in order to yield the characteristics of a familiar frig. Tests of this refrigerator directly exposed to solar radiation are scheduled soon. This kind of frig could satisfy the needs of families living in semi-arid regions, where electrical energy is not still available, for low cost and reduced maintenance, compared to photovoltaic systems.*

Key words: *Solar Energy, Adsorptive Refrigerator, Active Carbon, Methanol*