

AVALIAÇÃO PRELIMINAR DA VIABILIDADE DO USO DE SISTEMA SOLAR POR UM SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO POR ABSORÇÃO, EM ÁREAS RURAIS

Karla Miranda BARCELLOS¹, Roberto F.F. LYRA², Taciana Toledo de Almeida ALBUQUERQUE³, Allani Christine M. ALVES⁴

Introdução

A bacia leiteira do Estado de Alagoas é considerada a maior de leite in natura das regiões Norte/Nordeste do Brasil. O rebanho leiteiro do Estado de Alagoas é estimado em 100.000 cabeças e tem uma produção de 300.000 litros de leite /dia (FERREIRA JUNIOR, 1999).

Por outro lado, os mais baixos índices de eletrificação encontram-se nas regiões Norte e Nordeste do País. Na região Nordeste concentra 47% da população rural nacional e 43% das propriedades rurais não são eletrificadas (CERQUEIRA, 2000).

É nesse panorama que se vislumbra a necessidade de uma fonte de energia local que permita aos produtores de leite atenderem os requisitos de higiene e salubridade nas etapas de processamento do leite in natura, queijos coalhos e manteiga.

Para implementar um sistema de refrigeração solar é preciso em primeiro lugar investigar as condições locais: padrões de radiação solar, temperatura, umidade, vento, etc. Em seguida, instalar o sistema de aquecimento de água via coletor solar e avaliar o desempenho do mesmo.

Neste trabalho são discutidos os resultados preliminares referentes a investigação da viabilidade do uso de sistema solar para fornecimento de energia útil num sistema de refrigeração por absorção. Esse estudo tem por finalidade viabilizar as indústrias de laticínios de pequeno e médio porte do sertão alagoano, que necessitam da refrigeração no processo de beneficiamento do leite.

Material e métodos

Foi montado um Sistema de Aquecimento de Água com Coletor Solar (SAACS), no Campus da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), próximo ao Laboratório do Centro de Tecnologia "CTEC" (09° 39'S, 35° 44'W, 72m). Sua face absorvedora foi voltada para o Norte fazendo um ângulo de 25° com o plano horizontal. Sua área é de 1,71m², com cobertura de vidro liso, placa absorvedora de alumínio de 0,5mm de espessura (pintada de preto fosco) e tubulação de cobre com diâmetro externo de 9,52mm e espessura de

0,2mm. (fig.1). Possui também dois reservatórios de água: quente (200L), fria (250L).

Os dados foram coletados de novembro de 2001 a junho de 2002. Os sensores meteorológicos foram instalados na própria base do coletor, a saber: temperatura (Ta) e umidade relativa (UR) do ar (HMP35C, Campbell Scientific, Inc. USA); Radiação Global (Rg) (Piranômetro de termopilha de filme fino, tipo estrela - UNESP, Botucatu, Brasil); velocidade do vento (\vec{u}) (RM-Yong 03101-5, Campbell Scientific, Inc. USA).

A temperatura da água foi medida em 4 pontos através de termopares de cobre-constantan. Os pontos de medida foram: (T_E) entrada do coletor; (T_S) saída do coletor; (T_{sr}) saída do reservatório quente para o coletor; (T_{sc}) saída de água para consumo.

As medidas foram feitas a cada 10 segundos e as médias registradas a cada 10 minutos em um sistema de aquisição automática "DATALLOGGER" (CR-10 Campbell Scientific, USA) alimentado por um painel fotovoltaico.



Figura 1. Vista Frontal do SAACS.

A eficiência é o parâmetro básico que caracteriza o coletor, que é a relação entre a energia térmica útil retirada do coletor e a energia solar incidente.

A fórmula utilizada para calcular a eficiência foi a do Método das Perdas citada por ZILLES et al., (1990) e GREEN (2000):

$$\eta = \frac{A_p}{A_{ext}} \left\{ F_R (\tau_c \alpha_p) - \frac{F_R U_L (T_e - T_{ar})}{R_g} \right\}$$

¹ Dr. Prof. Adj. Departamento de Engenharia Química, CTEC, Universidade Federal de Alagoas, 57072-970 Maceió, AL. E-Mail: kmb@ctec.ufal.br

² Dr. Prof. Adj. Departamento de Meteorologia, CCEN, Universidade Federal de Alagoas, 57072-970 Maceió, AL. E-Mail: rffl@ccen.ufal.br

³ Aluna do curso de graduação em Meteorologia – UFAL, Bolsista – PIBIC

⁴ Aluna do curso de graduação em Engenharia Química / UFAL, bolsista IC, FAPEAL

η - eficiência do coletor.

F_R - fator de remoção de calor. (0,672 adimensional)

$\tau_c \alpha_p$ - produto transmitância-absortância (0,9 X 0,9)

U_L - coef. global de perda de calor ($6,989 \text{ W.m}^{-2}.\text{C}^{-1}$)

A_P - área da placa ($1,57 \text{ m}^2$)

A_{ext} - área da placa externa ($1,71 \text{ m}^2$)

R_g - Radiação global (W.m^{-2})

T_e - temperatura de entrada do fluido no coletor ($^{\circ}\text{C}$)

T_{AR} - temperatura do ar. ($^{\circ}\text{C}$)

Substituindo os valores constantes, na equação acima:

$$\eta = 50,18 - 432,63 \frac{(T_e - T_{AR})}{R_g}$$

Resultados e discussão

Na figura 2 são mostrados os resultados obtidos na primeira etapa da pesquisa. Houveram algumas interrupções, principalmente no mês de maio em função de um problema no sistema de aquisição. No total foram analisados os dados de 219 dias. A eficiência média varia de 19,7% a 56,8% com média de 40,3%. Ela apresenta uma tendência sazonal tendo o seu máximo no mês de fevereiro (verão) e mínimo em maio (inverno e o máximo de precipitação na região).

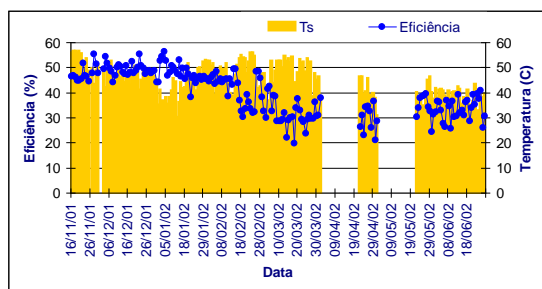


Figura 2. Eficiência média diária do coletor solar (•) e temperatura média da água na saída do coletor (Ts), de 16/11/01 a 27/06/02.

O parâmetro mais importante é sem dúvida a temperatura da água na saída do coletor (Ts) pois é ela que servira de fonte para o funcionamento do sistema de refrigeração. Normalmente as temperaturas de funcionamento deste tipo de equipamento são superiores a 60C, no entanto, estudos com sistema de refrigeração solar mostraram a possibilidade de utilizar coletores solares planos disponíveis no mercado, desde que se acrescente ao ciclo de refrigeração por absorção um segundo gerador de calor (CHARIA et al, 1991), ou ainda, que faça circular parte do vapor de saída do gerador em um compressor, aumentando sua pressão e temperatura, retornando esse fluido ao gerador para fornecer energia útil á mistura de $\text{NH}_3 - \text{H}_2\text{O}$, (GUANGMING et al, 1999).

Os valores de Ts (média do nascer ao por do sol) são relativamente modestos, eles variam entre 27C e 56,8C com média de 44,8C.

Considerando que o sistema possuía apenas uma placa eles são animadores. Apesar da do valor da eficiência apresentar uma queda superior a 50% entre o verão e o inverno, a queda da Ts no mesmo período é de apenas 20%. Isto ocorre em função da pouca variabilidade nas condições atmosféricas da região. Durante o período em estudo o vento teve uma média diurna de $1,2 \text{ m.s}^{-1}$ (máximo de 2 m.s^{-1} é mínimo de $0,3 \text{ m.s}^{-1}$). A umidade relativa variou entre 46% e 98% com média de 77% e desvio padrão de apenas 10%. A temperatura do ar teve média de 28,6C com máxima de 32,4C e mínima de 22,6C, ou seja um amplitude térmica da ordem de 10C.

Finalmente, o único ponto negativo é a grande variabilidade da radiação global. A sua média foi de $13,1 \text{ MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$, mas o mínimo foi muito baixo ($2,16 \text{ MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$) enquanto que o máximo foi de $25,6 \text{ MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$, ou seja o desvio padrão ($6,46 \text{ MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$) representa 46% do valor médio.

Conclusão

Os resultados obtidos mostraram que a utilização da energia solar como fonte alternativa de energia zona rural da região é bastante promissora em função das condições climáticas locais: pequena amplitude térmica anual, ventos calmos e umidade relativa alta e de pouca variabilidade intersazonal. A radiação global se reduz praticamente a metade nos meses de inverno que coincidem com a estação chuvosa. Apesar disso a temperatura da água na saída do sistema apresentou uma variabilidade de apenas 10% com relação a média.

Referências bibliográficas

CERQUEIRA, D.M., Energia, Desenvolvimento Sustentável e Suprimento Energético de Comunidades Isoladas A Partir de Energia Solar. Maceió-AL, UFAL, CTEC, dissertação de mestrado, 2000

CHARIA, M.; PILLATTE A., BOUIDIDA, M., Machine Frigorifique à Absortion (eau-ammoniac) Fonctionnant Avec Des Capteurs Plans Sur Le Site de Rabat, *Rev Int. Froid*, vol 14, setembro, pp 297-303, 1991.

GREEN – Grupo de Estudos em Energia, PUC Minas. Energia Solar Térmica. Módulo 2, 104p. Educação sem Distância.

FERREIRA JÚNIOR, R. R., Perfil Tecnológico Da Indústria De Laticínios do Estado De Alagoas. Relatório Técnico, publicação FIEA, SESI SENI e IEL, 1999.

GUANGMING, C., EIJI H., A New Absortion Refrigeration Cycle Using Solar Energy, *Solar Energy*, vol.66, nº6 pp 479-482, 1999.

ZILLES, R; CORBELLA, O. D. Comparação Experimental de Testes de Coletores Solares Planos com Simulador e com Radiação Solar. V Congresso Brasileiro de Energia. *Anais..* v. 1, p. 161-170, 1990.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Fundação de Amparo a Pesquisa de Alagoas (FAPEAL) pelo suporte financeiro ao projeto e TRANSEN INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA –SP, pela doação do equipamento (aquecedor solar)