

# AVALIAÇÃO TEÓRICA DA POTENCIALIDADE ENERGÉTICA DE EVAPORAÇÃO/CONDENSAÇÃO DE ÁGUA DE PISCINAS OU LAGOS USANDO ENERGIA SOLAR

M.C.B. Rodrigues (1), A. Silveira (2)

Faculdade de Engenharia Mecânica, FEMEC, Universidade Federal de Uberlândia, Av. João Naves de Ávila, 2160, Bloco 1M, Uberlândia MG, cep: 38.400-089.

Laboratório de Transferência de Calor e Massa

**Palavras chaves:** evaporação, irradiação solar, espessura líquida, velocidade de escoamento.

1. Discente; 2. Orientador

## RESUMO

A energia solar é a fonte mais antiga de energia existente e trata-se de uma fonte não poluente e praticamente inesgotável. Estima-se em alguns bilhões de anos o esgotamento da energia solar [Hubbert,1971]. Vários estudos vem sendo realizados nas últimas décadas para obter uma melhor utilização desta energia, principalmente para substituição de fontes de energia não renováveis como o petróleo, gás natural, carvão e energia nuclear. De acordo com Luiz (1985), entre todos os países do terceiro mundo, o Brasil é o país que possui a maior potencialidade para aproveitamento de energia solar. A quantidade de energia solar que atinge a Terra em 10 dias é equivalente a todas as reservas de combustíveis conhecidas (Melvin Calvin – *Prêmio Nobel de Química*).

O fator negativo que vem prejudicando um maior investimento nesta área é devido a energia solar apresentar-se sob a forma disseminada e não concentrada, e sua captação e aproveitamento, ao menos para potências elevadas, requerem instalações complexas e caras. A energia no local da instalação é disponível de forma descontínua, sujeita a alternâncias periódicas (dia-noite, verão-inverno) e casuais (céu-nebuloso), pelo que é indispensável prover dispositivos de acumulação, com superiores complicações e elevação dos custos da instalação.

O problema de falta de água potável em algumas regiões do mundo para consumo doméstico e irrigação tem sido, nos últimos anos, objeto de análise por diferentes pesquisadores (Congresso Internacional sobre produção de água potável a partir de água do mar, Djerba, Tunisie, Setembro, 1999). Entre as tecnologias propostas figuram as seguintes:

- Destilação de água do mar usando múltiplos estágios (método chamado MSF);
- Destilação a múltiplos efeitos (MED) usando métodos de osmose inversa (RO), através de membranas semi permeáveis.

No presente trabalho apresenta-se um estudo teórico preliminar para se ter estimativas da viabilidade desta idéia. Foi formulado um modelo teórico e resultados foram obtidos através desta formulação e de sua solução via método numérico.

O problema é governado por duas fontes de energia do meio, a irradiação solar e a corrente de ar como mostrado na Figura 1.

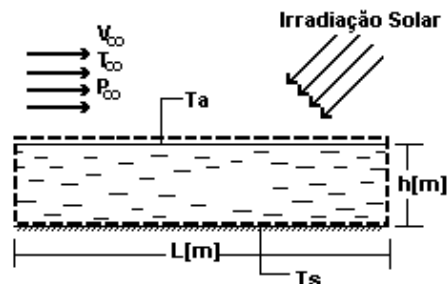


Figura 1 – Fontes de calor perturbadoras do meio.

Trabalhando com um volume de controle e com base na conservação da energia obtêm-se fluxos de calor como é mostrado na fig.(2).

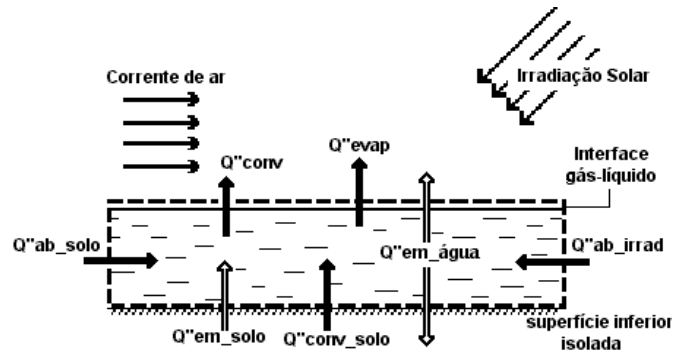


Figura 2 – Fluxos de calor envolvidos no processo.

A partir da figura acima fazendo-se um balanço de energia obtêm-se a seguinte equação:

$$Q''_{conv\_solo} + Q''_{ab\_solo} + Q''_{ab\_irrad} - Q''_{evap} - Q''_{conv} - Q''_{em\_água} = 0, \quad (1)$$

onde:

$Q''_{conv\_solo}$  = Calor cedido do solo para o líquido através da convecção térmica;

$Q''_{ab\_solo}$  = Calor absorvido pela água proveniente da emissão de radiação do solo;

$Q''_{ab\_irrad}$  = Calor absorvido pela água proveniente da irradiação solar e irradiação solar refletida pelo solo que é absorvida pela água;

$Q''_{evap}$  = Energia associada à mudança de fase é o calor latente de vaporização do líquido;

$Q''_{conv}$  = Calor cedido pelo líquido para o ar através de convecção térmica;

$Q''_{em\_água}$  = Calor emitido pela água por radiação térmica;

$Q''_{em\_solo}$  = Calor emitido pelo solo por radiação térmica, porém nos cálculos é considerada apenas a parte que é absorvido pela água.

Foram obtidos, através do equacionamento do problema e utilizando de uma linguagem de programação (FORTRAN), a taxa de evaporação para uma superfície de água. Foram analisados parâmetros como: influência da irradiação solar, temperatura ambiente, velocidade de escoamento do ar sobre a superfície da água, umidade relativa do ar e espessura da camada de fluido sobre a taxa de evaporação.

As variáveis estudadas apresentam, em princípio, um papel fundamental na evaporação da camada de fluido, sendo que a irradiação solar e a velocidade de escoamento do ar são os dois fatores que mais interferem. Pequenas modificações destas variáveis implicam razoáveis modificações na evaporação. Pode-se notar que as variáveis influem de forma diferentes na taxa de evaporação e na diferença de temperatura entre as superfícies ( $\Delta t$ ). No caso da irradiação solar, enquanto que a taxa de evaporação aumenta linearmente com o aumento da irradiação, a diferença de temperatura tende a se estabilizar para valores superiores a  $600 \text{ W/m}^2$ . Para a camada de fluido, as duas curvas plotadas agem de maneiras semelhantes, aumentando quase que linearmente com o acréscimo da camada de fluido. Para a umidade relativa, tem-se um decréscimo linear de  $\Delta t$  com o aumento da umidade, enquanto que para a taxa de evaporação este decréscimo tende a uma comportamento não linear. Com o aumento da velocidade de escoamento pode-se notar interferência devido a uma possível mudança no regime do escoamento, de laminar para turbulento, na taxa de evaporação. Por outro lado, não se observa a mesma influência na diferença de

temperatura. Já para a temperatura ambiente, com o seu aumento há um acréscimo da taxa de irradiação, enquanto a diferença de temperatura diminui.

Neste trabalho, usou-se dados de entradas estimados para visualizar uma melhor influência das variáveis sobre a taxa de evaporação e sobre a diferença de temperatura. Porém para casos mais rigorosos, como para determinadas regiões ou mesmo cidades específicas, é possível obter valores precisos desta irradiação através de equipamentos que operam por satélites (UFSC – Labsolar).

### **Referências**

- Hubbert, M.K – The Energy Resources of the Earth. Scientific American, v.224, p.60, 1971.
- Luiz, Adir Moise. Como Aproveitar a Energia do Sol. Ed. Edgard Blücher Ltda. 1985
- Cometta. E – Energia Solar – Utilização e empregos práticos. Tradução e adaptação : Norberto de Paula Lima.
- Hammond A.L., et alii – O Futuro Energético do Mundo – Zahar Editores. RJ- 1975
- Van Wylen G. J., Sonntag Richard E. – Fundamentos da Termodinâmica Clássica- tradutores: Eitaro Yamane [e outros] 2.ed. São Paulo, Edgard Blücher, 1976.
- Stoecker W.F., Jones J.W; Refrigeração e Ar Condicionado, tradução: José M.Saiz Jobardo- São Paulo: McGraw-Hill do Brasil 1985.
- Sisson L. E, Pitts, R. – Fenômenos de Transporte, traduzido: Adir M. Luiz. R.J Ed Guanabara Dois 1979.
- Incropera F.P, Dewitt. D. P, Fundamentos de Transferência de Calor e Massa, traduzido: Horacio Macedo. 3ªed. R.J. Ed. Guanabara Keogan 1992.
- John A. Duffie, Willian A. Beckman, Solar Energy Thermal Processes.
- “ASHRAE handbook and Product Directory, Applications Volume”, chap. 58, American Society of heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, Ga, 1978
- Globe, S., and D. Dropkin, Trans. ASME, ser. C, 81:24 (1959)
- Ozisik M. Necati, Transferência de Calor – Rio de Janeiro, Guanabara Koogan c/1990
- Schwarzer K., “Mesure et caractérisation thermodynamique d’un nouveau système de dessalement de l’eau de mer et de l’eau sauate.” – Institute Solaire de l’Université des Sciences Appliquées de Aachen, Faculté de Julich (Allemagne) – Rapport Technique
- Labsolar, Atlas de Irradiação Solar no Brasil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC

Apoio: CNPq/UFU