

ANÁLISE TÉRMICA DO DESSALINIZADOR TIPO PIRÂMIDE: DETERMINAÇÃO DOS COEFICIENTES DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR

Yohanna Jamilla Vilar de Brito¹
Maria Karolina Borba Cardoso²
Geralda Gilvania Cavalcante de Lima³
Keila Machado de Medeiros⁴
Carlos Antônio Pereira de Lima⁵

INTRODUÇÃO

A água é o elemento chave para sustentar a vida na terra. É também necessário para irrigação, agricultura, saneamento, geração de energia, produção industrial, etc. No século XXI, o problema mundial mais grave para a humanidade é a escassez de água potável disponível para a geração atual e futura. Um dos efeitos mais adversos da superpopulação é o esgotamento dos recursos naturais. Na Terra, 96,5% da água do planeta é encontrada em oceanos que não podem ser consumidos e utilizados diretamente. Além disso, muitas áreas remotas não são acessíveis para a água do oceano. Portanto, é necessário encontrar soluções para tornar a água salobra / contaminada potável (JAIN, 2011)

A falta de acesso à água doce tem um efeito adverso na vida das pessoas comuns. Existem muitas doenças transmitidas pela água que estão sendo disseminadas apenas por causa da falta de água doce. As pessoas de regiões mais pobres são as principais vítimas deste problema crucial (RIJSBERMAN, 2006). Também em algumas localidades como desertos, regiões áridas, etc., há muito menos chuvas que causam um efeito adverso na vida humana.

O processo de dessalinização tornou-se um método importante para fornecer água doce para a maioria das regiões do mundo, sendo principalmente levado em consideração nas regiões costeiras, já que este processo pode ser facilmente alcançado devido à abundância de água. A característica mais importante deste processo é que é seguro para todos, não tem efeito adverso no ecossistema (LATTEMANN, HÖPNER, 2011).

O princípio do ciclo hidrológico é seguido no processo de dessalinização solar feito pelo homem usando outras fontes de aquecimento e resfriamento. Uma grande quantidade de energia é necessária para separar a água doce da água salgada. Assim, a água doce é obtida pela dessalinização de água salgada (QIBLAWEY, BANAT, 2008).

Na dessalinização solar a radiação entra no dessalinizador solar através de uma tampa superior altamente transparente, onde parte dela é refletida de volta e algumas são absorvidas

¹ Mestranda do Curso de Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, yohannajvb@gmail.com;

² Mestrando do Curso de Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB,, mariakarolinac@hotmail.com;

³ Doutora em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal da Paraíba – UFPB - PB, gilvania@uepb.edu.br;

⁴ Doutora em Engenharia de Materiais pela Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, keilamedeiros@ufrb.edu.br;

⁵ Professor orientador: Doutor, Universidade Estadual da Paraíba –UEPB -PB, caplima@uepb.edu.br. (83) 3322.3222

pela cobertura superior com base no material da tampa e a radiação remanescente é transmitida e atinge a superfície da água salobra na bandeja. A água salobra recebe o calor da bandeja e a radiação solar, o que causa a evaporação. O vapor de água evaporado sobe e condensa na superfície interna da cobertura de vidro devido à diferença entre a temperatura da água e a temperatura da cobertura de vidro. Assim, a cobertura de vidro recebe calor do vapor de água evaporado que se condensa nele, do ar fechado e da água aquecida, além da radiação solar direta absorvida. A energia que é transferida para a cobertura é conduzida através dela e é perdida para o ambiente por convecção e radiação.

Para o desenvolvimento e modificação da energia do dessalinizador solar, várias pesquisas estão indo sobre o projeto básico para aumentar sua produtividade e torná-la mais rentável (AL-HAYEKA, BADRAN, 2004). O principal objetivo é aumentar a produtividade da carga solar à medida que aumenta a taxa de transferência de calor (VELMURUGAN et al., 2008). Portanto, a modelagem matemática pode ser a melhor alternativa para encontrar melhores designs e parâmetros operacionais para os dessalinizadores solares. Modelos matemáticos ou modelos térmicos podem ser desenvolvidos com base nos balanços energéticos para vários componentes do dessalinizador.

O processo de transferência de calor em um sistema de dessalinização solar pode ser classificado em processos internos e externos de transferência de calor com base no fluxo de energia dentro e fora do espaço fechado. A transferência interna de calor é responsável pelo transporte de água pura na forma de vapor deixando para trás as impurezas da bacia, enquanto a transferência externa de calor através da capa de condensação é responsável pela condensação do vapor puro como destilado (TIWARI, TIWARI, 2004).

A troca de calor entre a superfície da água e a superfície interna da cobertura de vidro da câmara solar é conhecida como transferência interna de calor. Existem três modos, a saber, processos de convecção, radiação e evaporação, pelos quais o processo interno de transferência de calor dentro do sistema de dessalinização solar é regido. O processo de transferência de calor de convecção é complicado na natureza pelo fato de que envolve movimento de fluidos, bem como condução de calor, a transferência de calor de convecção ocorre entre a água da bandeja e a superfície interna da cobertura de vidro através do ar úmido devido à diferença de temperatura entre elas. A transferência de calor de radiação ocorre através de um mecanismo que envolve a emissão de energia interna do objeto, sendo a mais rápida e não sofre atenuação no vácuo, ocorre no interior do dessalinizador solar entre a massa de água e a superfície interna da cobertura de vidro. A evaporação ocorre na interface de vapor líquido quando a pressão de vapor é menor que a pressão de saturação do líquido a uma dada temperatura, ocorre na interface do dessalinizador solar entre a interface água e a interface água-vapor (TIWARI, TIWARI, 2004).

Nesta pesquisa, pretende-se verificar os valores de destilado teórico e os coeficientes de transferência de calor (convecção, radiação e evaporação) experimentais para o dessalinizador solar tipo pirâmide, com base nas temperaturas medidas ao longo do dia de experimento.

METODOLOGIA

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Pesquisa em Ciências Ambientais (LAPECA), do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual da Paraíba.

Para a realização dos testes, utilizou-se o dessalinizador do tipo pirâmide, que é constituído por um tanque raso quadrado com dimensões de 0,5 m de comprimento por 0,5 m de largura, com a bandeja pintada de preto fosco e uma cobertura de vidro transparente de 3mm de espessura, que permite a entrada da radiação solar.

O sistema de dessalinização é operado em batelada, onde é colocado 2,5L de água, para formar uma lâmina de água de 1cm. Os dados de temperaturas foram verificados ao passar de cada hora na cobertura de vidro, na água dentro da bandeja, no ambiente, entre a cobertura de vidro e a bandeja, no fundo isolado por poliestireno. Estas temperaturas foram medidas utilizando Termopares do tipo PT-100 de ligas metálicas. A medição da radiação foi realizada através do radiômetro SL 200 17957 da marca KIMO, este ficou fazendo leituras ininterruptas durante todo o período de funcionamento do dessalinizador. Os experimentos foram operados, por um período de uma semana entre 9h e 15h.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o fim dos experimentos foi constatado a eficiência do dessalinizador devido à associação da elevada incidência de radiação solar na região nordeste, com a escolha de material adequado para a montagem do equipamento. Dentro dele, ocorreu fenômenos de transferência de calor que possibilitaram que o processo para obtenção de água doce decorresse adequadamente. Para identificar esses fenômenos a fim de realizar o cálculo teórico do volume de destilado, é preciso realizar a determinação dos coeficientes da transferência de calor.

Para determinar os coeficientes de transferência de calor, alguns fatores foram considerados como a temperatura do vidro, da água da bandeja e na saída do destilado, onde a partir deles é possível calcular os valores de condução, convecção e radiação.

Tendo os dados dessas temperaturas, esses elementos foram transferidos para um software que apresenta em seguida os valores dos coeficientes, das taxas de transferência de calor e o valor teórico da quantidade de destilado, dependendo se o dia em questão do experimento foi de alta ou baixa incidência de radiação solar no local onde o dessalinizador foi montado.

Em dois dias, os experimentos foram realizados onde cada um deles apresentou níveis de radiação solar diferente, o que conseqüentemente fornece temperaturas diferentes para o teste. Nesse caso, foi observado um dia com maior e outro com menor valor incidência de radiação solar.

Para o dia de maior incidência de radiação solar, nos quais foram obtidos as temperaturas no dessalinizador, os valores do coeficiente de convecção (h_c) foram de 11,58 W/m^2C para o início e 4,95 W/m^2C para o fim do experimento, tendo esses valores variados de acordo com as temperaturas aferidas. Já para o coeficiente de radiação (h_r), os resultados encontrados foram de 8,24 W/m^2C a 8,63 W/m^2C entre o início e fim dos testes, chegando até 9,85 W/m^2C . Por fim, no coeficiente de evaporação (h_{ev}) os resultados encontrados foram de 60,08 W/m^2C e 31,69 W/m^2C , tendo seu máximo de 103,81 W/m^2C . Nesse dia, o valor teórico total de destilado encontrado por meio dos cálculos foi de 6,48 L/m^2 .

Já no dia de menor incidência, os valores para os coeficientes variaram em relação ao dia com maiores níveis de radiação. Nos resultados referentes ao coeficiente de convecção (h_c), foram obtidos os valores de 3,35 W/m^2C para o início e 19,09 W/m^2C para o final, onde tais resultados variaram de acordo com a temperatura ao longo do experimento. Para o

coeficiente de radiação (hr), os valores obtidos foram de 7,90 W/m²°C e 9,08 W/m²°C para início e fim de experimento respectivamente, onde ainda foi verificado um valor máximo de 9,13 W/m²°C. E para o coeficiente de evaporação, os resultados foram de 13,96 W/m²°C, chegando a 159,85 W/m²°C no fim do experimento. Para tal dia, foi calculado o valor teórico total de destilado que foi de 9,20 L/m².

Com esses resultados, observou-se que no dia de menor incidência, o valor teórico do total de destilado foi maior do que no dia de maior incidência, isso se dá devido a variação de temperatura que ocorreu dentro do dessalinizador em relação a água para o vidro. Essa variação da temperatura foi maior no dia de menor incidência de radiação, o que provoca um aumento no volume do destilado teórico.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que o dessalinizador do tipo pirâmide apresenta bons resultados em relação aos coeficientes de transferência de calor que acontecem nele e dependem principalmente da temperatura, pois em consequência os valores teóricos do total de destilado mostram-se satisfatórios para o fim para qual foi elaborado, que é a dessalinização de água salobra.

É válido salientar que esses valores teóricos são estimativas dessa quantidade do destilado que pretende-se obter, logo os resultados alcançados na prática podem não ser iguais a essa teoria devido ao fato de que na execução do experimento outros parâmetros além das temperaturas aferidas no dessalinizador iram influenciar nos resultados, como a radiação solar, velocidade do vento, temperatura ambiente, umidade, entre outros.

Mas, apesar de apresentarem resultados diferentes entre a teoria e a prática, o dessalinizador se mostra eficaz e ainda pode ser melhorado, fornecendo acessórios que podem aumentar sua produção. No mais, o equipamento tem se mostrado uma alternativa promissora para regiões que sofrem com a escassez hídrica e são ricas incidência de radiação solar, trazendo uma possibilidade para a população viver de maneira mais adequada.

Palavras-chave: Dessalinização Solar; Transferência de calor; Convecção de calor; Radiação; Evaporação.

REFERÊNCIAS

JAIN, S. K. Population rise and growing water scarcity in India—revised estimates and required initiatives. **Current Sci** v. 101. p. 271–276, 2011.

RIJSBERMAN, F. R. Water scarcity: fact or fiction?. In: **Agricultural water management**. v. 80. n. 1–3, p. 5–22, 2006.

LATTEMANN, S., HÖPNER, T. Environmental impact and impact assessment of seawater desalination. **Desalination**. v. 220. p. 1–15, 2008.

QIBLAWEY, H.M., BANAT, F. Solar thermal desalination technologies. **Desalination** v. 220. p. 633–644, 2008.

AL-HAYEKA, I., BADRAN, O.O. The effect of using different designs of solar stills on water distillation. **Desalination**. v. 169. p. 121–127, 2004.

VELMURUGAN, V., GOPALAKRISHNAN, M., RAGHU, R., SRITHAR, K. Single basin solar still with fin for enhancing productivity. **Energy Convers Manage**. v. 49. p.2602–2608, 2008.

TIWARI, G.N., TIWARI, A.K. **Solar distillation practice for water desalination systems**. New Delhi: Anamaya Publishers; 2008.