

UMA REVISÃO SOBRE DESEMPENHO DE DESSALINIZADORES SOLAR ATIVO

Vanessa Rosales Bezerra ¹
Kênia Kelly Freitas Sarmiento ²
Karyna Steffane da Silva ³
Keila machado de Medeiros ⁴
Carlos Antônio Pereira de Lima ⁵

INTRODUÇÃO

A água doce é responsável por apenas 3% das fontes de água do planeta, na forma de gelo, água subterrânea, lagos e rios, enquanto os 97% restantes, são água do mar salgada (GILAU e SMALL, 2018). A água é essencial para todas as formas de vida na terra, é um dos recursos mais abundantes a própria natureza fornece a maior parte da água doce necessária, através do ciclo hidrológico.

Nos países subdesenvolvidos e em desenvolvimento, muitas áreas remotas e costeiras não têm recursos suficientes de energia elétrica para produzir água potável, portanto, o uso de qualquer técnica convencional de dessalinização, ou seja, flash de vários estágios, osmose inversa e compressão de vapor seria inviável sem eletricidade (AHSAN et al., 2014). A dessalinização solar é um conceito atraente, pois permite que a água potável seja produzida a partir de água do mar e água salobra usando energia solar. Além disso, regiões com escassez de água e estresse hídrico são tipicamente regiões áridas, portanto, com alta radiação solar. Neste sentido, o desafio é produzir água potável através da dessalinização solar, com custo acessível.

Conforme o Atlas Brasileiro de Energia Solar (ABREU et al., 2017), o Brasil está entre os países com os maiores índices de irradiação solar global do mundo, com médias anuais relativamente altas em todo seu território e com boa uniformidade durante o ano. Sendo assim, o tema proposto nesta pesquisa, parte da consideração, de toda a problemática em torno da escassez de água no semiárido brasileiro, a maioria da população rural, consome água de poço, açude ou cisternas, sem tratamento de água adequado.

¹ Doutoranda do Curso de **Engenharia Ambiental** da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, rosalesuepb@gmail.com;

² Doutoranda do Curso de **Engenharia Ambiental** da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, kenia.sarmiento@aluno.uepb.edu.br;

³ Mestranda do Curso de **Engenharia Sanitária e Ambiental** da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, milena.ferreira@aluno.uepb.edu.br;

⁴ Doutora pelo Curso de **Engenharia de Materiais** da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, keilamachado@ufrb.edu.br;

⁵ Professor orientador: Doutor, Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, caplima@servidor.uepb.edu.br.

Processos de dessalinização em grande escala, necessitam de padrões construtivos, operacionais e de manutenção mais complexos e, como tal, não é apropriado para instalação em áreas rurais de países em desenvolvimento, com recursos econômicos e técnicos limitados (FIORENZA, SHARMA e BRACCIO, 2003). Em contrapartida, o dessalinizador solar tem como característica principal baixo custo operacional e construtivo.

As unidades de dessalinização movidas a energia solar podem reduzir as emissões de carbono e fornecer água dessalinizada de maneira sustentável, com impactos mínimos no meio ambiente, e são adequadas para áreas remotas e rurais, visto que, é mais difícil, fornecer abastecimento de água doce (SHARON e REDDY, 2015).

A China tem maior domínio tecnológico sobre processos de purificação de água que envolvam energia solar, com 45% das patentes depositadas. No entanto, percebe-se que, uma das razões para o Brasil ter pouca aplicação em dessalinizadores solar de tecnologia nacional, seja o fato de não haver envolvimento de empresas nos depósitos de patente (JESUS et al., 2015). A energia solar é intermitente na natureza e sua intensidade depende da hora, do dia e das condições climáticas locais (XIAO et al., 2013). Uma das soluções para utilizar a energia solar de forma contínua, é incorporar sistemas de armazenamento de energia (GUDE et al., 2012). Pretende-se nesta pesquisa, revisar os modelos de dessalinização solar ativo presentes na literatura.

METODOLOGIA

A metodologia empregada foi a revisão bibliográfica a partir da busca a artigos e publicações técnicas que relatam sobre dessalinização solar, como também, o desempenho térmico e produtividade de água dos destiladores solar. No que refere-se ao levantamento de dados sobre dessalinização solar foram utilizadas as bases Google Scholar e SciELO, utilizando os descritores: dessalinizador solar ativo, tecnologia de dessalinização solar e revisão dessalinização solar.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Muitos trabalhos foram conduzidos sobre dessalinizadores solares ativos, várias configurações de pré-aquecimento externo e equipamentos elétricos integram à bandeja coletora para torná-la eficiente. O dessalinizador ativo apresenta, algum auxílio externo, como coletores solares, coletores de placas planas, coletores de tubos evacuados e acoplados a unidade de dessalinização.

Abdel-Rehim e Lasheen (2007), conduziram um estudo de um dessalinizador solar de simples inclinação, acoplado a um concentrador parabólico e a um trocador de calor. O sistema consiste em um dessalinizador convencional cuja temperatura da água da bandeja é elevada por

uma combinação de canal parabólico, com tubo focal transportando óleo, bomba de circulação de óleo e um trocador de calor juntamente com válvulas de controle. Seus resultados mostraram que a produtividade da água doce foi aumentada em 18% em comparação com um dessalinizador passivo.

Gupta et al. (2016), investigaram o uso de um aspersor instalado sobre a cobertura de vidro, e as partes internas pintadas de branco do dessalinizador solar de simples inclinação, com o intuito de diminuir a temperatura na superfície do mesmo, e assim aumentar a diferença de temperatura entre o vidro e a água salobra na bandeja. Obtiveram taxa mais rápida de evaporação e condensação, o que propiciou aumento de 21% de água dessalinizada, quando comparado a um dessalinizador solar sem as melhorias citadas.

Bouzaid et al. (2019), apresentaram um estudo de um destilador solar, que consiste em uma melhoria na placa absorvedora escalonada com superfícies inclinadas e defletores proposto anteriormente por El-Sebaili et al. (2009). A placa absorvedora é dividida em várias pequenas bandejas e possui superfícies inclinadas que oferecem profundidade mínima da água, aquecimento rápido da água e melhor orientação em relação ao sol. Os resultados mostraram que o novo design aumentou a temperatura da água salgada em mais de 9°C na placa absorvedora

Os autores Agouz et al. (2017) propuseram um novo método, no qual ocorre a circulação de água salgada ao redor da bandeja do dessalinizador solar híbrido para extrair o calor residual. A água pré-aquecida, é transportada até a entrada do dessalinizador, por meio de uma bomba alimentada por um painel fotovoltaico solar. O estudo do modelo de dessalinizador solar mostrou que quase 50% da energia, antes desperdiçada na forma de calor para o ambiente, foi recuperada com a circulação contínua de água no entorno da bandeja .

Zhang, Zheng e Wu (2003) investigaram experimentalmente o desempenho do sistema de dessalinização por evaporação de um tubo horizontal integrado ao coletor solar, este, fornece água quente ao tubo do evaporador horizontal sobre o qual a água salina é pulverizada. Um dessalinizador solar de dupla inclinação acoplado a um coletor solar de placa plana foi proposta por BADRAN et al. (2005), composto por uma bandeja coletora combinada com um tanque de alimentação de água salgada e aquecida, um telhado de vidro com dupla inclinação e um coletor solar plano.

Taamneh e Taamneh (2012), projetaram e construíram um dessalinizador solar com cobertura de vidro em forma de pirâmide, eles investigaram experimentalmente o efeito da convecção forçada no desempenho do dessalinizador. Os resultados experimentais ilustraram que o uso de ventiladores alimentados com painéis solares fotovoltaicos é econômico e viável

para aumentar a taxa de evaporação e, portanto, a produtividade de água. Houve um incremento de 25% na produtividade diária da água doce em comparação com o dessalinizador por convecção livre.

Para implementação mais sofisticada de um dessalinizador solar, também pode-se desenvolver modelos que possuam placas que captem energia solar para alimentar o seu funcionamento (BEZERRA et al., 2019). De acordo com Zarzoum, Zhani e Bacha (2017), que realizaram uma investigação experimental e teórica de um novo conceito de dessalinizador solar com um condensador acoplado ao aquecedor solar de água, para coletar o ar úmido e aquecido, e assim melhorar o rendimento de água dessalinizada. A finalidade da pesquisa foi melhorar a transferência de calor e massa e, posteriormente, melhorar a produção de água.

Segundo Reddy et al. (2012), realizaram estudos teóricos e experimentais com um sistema de dessalinização térmica em múltiplos estágios, consiste em bandejas inclinadas representando a unidade evaporador-condensador, mantida a pressão reduzida usando bomba de vácuo, e como pré-aquecimento, foi utilizado coletor solar, no intuito de aumentar a eficiência do dessalinizador.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados experimentais discutidos, as seguintes conclusões podem ser inferidas, várias configurações de pré-aquecimento externo e equipamentos elétricos integram à bandeja coletora do dessalinizador solar para torná-la eficiente. Observa-se que a produção de água aumenta notavelmente com a integração de uma fonte de armazenamento de energia. O dessalinizador ativo apresenta, algum auxílio externo, como coletores solares, coletores de placas planas, coletores de tubos evacuados e acoplados a unidade de dessalinização.

Verificou-se que as análises fundamentais do processo de transferência de calor e massa são importantes para fornecer uma compreensão abrangente dos princípios de projeto do dessalinizador. O fornecimento de água quente residual na bandeja do dessalinizador solar aumenta a temperatura da água da bandeja e leva a aumentar a taxa de evaporação, a bandeja do destilador empilhada, ou seja, o modelo de multe estágios produz mais destilado do que o produzido pela destilador solar comum.

Muitos trabalhos foram conduzidos sobre tal assunto, no entanto, como sugestão futura, é essencial que mais estudos sejam realizados para melhorar as tecnologias de dessalinização solar, especialmente nos campos de acoplamento com armazenamento de energia e várias fontes de calor residual.

Palavras-chave: Água salobra , Energia renovável , Armazenamento de energia, Coletor solar

REFERÊNCIAS

- AHSAN, A.; A. IMTEAZ; M.; THOMAS, U. A.; AZMI, M.; RAHMAN, A.; DAUD, N. N. Parameters affecting the performance of a low cost solar still. *Applied energy*, v. 114, p. 924930, 2014.
- ABREU, S., TIEPOLO, G., PEREIRA, S., & SOUZA, J. Atlas brasileiro de energia solar. São José dos Campos: INPE, 2017
- ABDEL-REHIM, Z. S.; LASHEEN, A. Experimental and theoretical study of a solar desalination system located in Cairo, Egypt. *Desalination*, v. 217, n. 1-3, p. 52-64, 2008
- AGOZ, E., KABEEL, A. E., SUBRAMANI, J., MANOKAR, A. M., ARUNKUMAR, T., SATHYAMURTHY, R., & BABU, D. M. . Theoretical Analysis of Continuous Heat Extraction from Absorber of Solar Still for Improving the Productivity. *Periodica Polytechnica Mechanical Engineering*, v. 62, n. 3, p. 187-195, 2018
- AHMED, H. M.; ALFAYLAKAWI, K. A.. Productivity Enhancement of Conventional Solar Stills Using Water Sprinklers and Cooling Fan. *Journal of Advanced Science and Engineering Research*, v. 2, n. 3, p. 168-177, 2012.
- BOUZAID, M., ANSARI, O., TAHA-JANAN, M., MOUHSIN, N., & OUBREK, M.. Numerical Analysis of Thermal Performances for a Novel Cascade Solar Desalination Still Design. *Energy Procedia*, v. 157, p. 1071-1082, 2019
- BADRAN, A. A., AL-HALLAQ, I. A., SALMAN, I. A. E., & ODAT, M. Z A.. A solar still augmented with a flat-plate collector. *Desalination*, v. 172, p. 227-234, 20 fev 2005.
- BEZERRA, V. R., DE LIMA, C. A. P., LEITE, V. D., MONTEIRO, L. R. R., MEDEIROS, K.M (2019) Implementação de sistemas autônomos de geração de energia para a região do semiárido paraibano. *Mix Sustentável*, 5(4), 89-95.(a)
- BIRD, R. B., STEWART, W. E., LIGHTFOOT, E. N., & KLINGENBERG, D. J. (2015). *Introductory transport phenomena (Vol. 1)*. New York: Wiley.
- DAMASCENO, C. T., JORDÃO, G. R., & PÉREZ, C. N. (2017). Simulação de uma Unidade Piloto de Destilação de Água para uso em Laboratórios Químicos Empregando Energia Solar. *Revista Processos Químicos*, 11(22), 11-24.
- DELYANNIS, E ; BELESSIOTIS, V. Uma visão histórica das energias renováveis. In: *Proc. Conferência Mediterrânea sobre Fontes de Energia Renováveis para Produção de Água*, Santorini, Grécia . 1996. p. 10-12.
- EL-SEBAILI, A. A., AL-GHAMDI, A. A., AL-HAZMI, F. S., & FAIDAH, A. S. Thermal performance of a single basin solar still with PCM as a storage medium. *Applied Energy*, v. 86, n. 7-8, p. 1187-1195, 2009.

FIORINZA, G.; SHARMA, V. K.; BRACCIO, G. Techno-economic evaluation of a solar powered water desalination plant. *Energy conversion and management*, v. 44, n. 14, p. 2217-2240, 2003

GUPTA, B., SHARMA, R., SHANKAR, P., & BARENDAR, P.. Performance enhancement of modified solar still using water sprinkler: An experimental approach. *Perspectives in Science*, v. 8, p. 191-194, 2016.

GILAU, A.M.; SMALL, M. J. Designing cost-effective seawater reverse osmosis system under optimal energy options. *Renewable energy*, v. 33, n. 4, p. 617-630, 2018.

GUDE, V. G., NIRMALAKHANDAN, N., DENG, S., & MAGANTI, A. Low temperature desalination using solar collectors augmented by thermal energy storage. *Applied Energy*, v. 91, n. 1, p. 466-474, 2012.

JESUS, G. O., FREITAS, J. J. S., SILVA, R. J., FORTE, L. G., MATTEDI, S. S., & DA PAZ F., R. Destilação de água por energia solar. *Cadernos de Prospecção*, v. 8, n. 3, p. 460, 2015.

INCROPERA, F. P. e DEWITT, D. P. Fundamentos da transferência de calor e massa. 5ª edição. Rio de Janeiro. Livros Técnicos e Científicos, 2003

REDDY, K. S., KUMAR, K. R., O'DONOVAN, T. S., & MALLICK, T. K. Performance analysis of an evacuated multi-stage solar water desalination system. *Desalination*, v. 288, p. 80-92, 2012

SHARON, H.; REDDY, K. S. A review of solar energy driven desalination technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 41, p. 1080-1118, 2015.

SOARES, Clarissa . Tratamento de água unifamiliar através da destilação solar natural utilizando água salgada, salobra e doce contaminada. 2004. tese (Doutorado em energias renováveis) – Universidade Federal de Santa Catarina. p. 261. 2004

SETOODEH, N; RAHIMI, R; AMERI, A. Modeling and determination of heat transfer coefficient in a basin solar still using CFD. *Desalination*, v. 268, n. 1-3, p. 103-110, 2011.

TAAMNEH, Y.; TAAMNEH, M. M.. Performance of pyramid-shaped solar still: Experimental study. *Desalination*, v. 291, p. 65-68, abr, 2012

XIAO, G., WANG, X., NI, M., WANG, F., ZHU, W., LUO, Z., & CEN, K.. A review on solar stills for brine desalination. *Applied Energy*, v. 103, p. 642-652, 2013.

ZARZOUM, K.; ZHANI, K.; BACHA, H. B.. Experimental Validation of Optimized Solar Still Using Solar Energy. *Journal of Fundamentals of Renewable Energy and Applications*, v. 7, p. 242, 2017.

ZHANG, L; ZHENG, H; WU, Y. Experimental study on a horizontal tube falling film evaporation and closed circulation solar desalination system. *Renewable Energy*, v. 28, n. 8, p. 1187-1199, 2003.

