

## TECNOLOGIAS DE DESSALINIZAÇÃO SOLAR AUXILIADAS POR ENERGIA EÓLICA

Vanessa Rosales Bezerra <sup>1</sup>  
Kenia Kelly Freitas Sarmiento <sup>2</sup>  
Milena Darc Santos Ferreira <sup>3</sup>  
Keila machado de Medeiros <sup>4</sup>  
Carlos Antônio Pereira de Lima <sup>5</sup>

### 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 águas salgadas dos mares (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.

A água está no centro do progresso sustentável, fornece segurança alimentar e energética à saúde humana e ambiental, a água afeta os meios de subsistência de toda a humanidade. Em Comunidades rurais, com demanda limitada de água doce menor que (100 m<sup>3</sup>/dia), a literatura relata atividades intensivas de Pesquisa e Desenvolvimento, focadas no fornecimento de água potável para pequenas comunidades rurais, nos países em desenvolvimento (POUYFAUCON e RODRIGUES, 2019).

São necessárias quase 10.000 toneladas de óleo por ano para produzir 1000 m<sup>3</sup>/dia de água dessalinizada a partir de tecnologias convencionais (KALOGIROU, 2005). As usinas de dessalinização convencionais operadas por combustível fóssil contribuíram para as emissões de gases de efeito estufa (GEE), neste contexto, os pesquisadores procuram uma maneira alternativa de alimentar as unidades de dessalinização por energia renovável (SUBRAMANI, BADRUZZAMAN e OPPENHEIMER, 2011).

Segundo Souza et al. (2011) qualquer aplicação para uso da energia solar, deve começar pelo estudo das variações da radiação solar ao longo do ano, em termos regionais e para

---

<sup>1</sup> Doutoranda do Curso de **Engenharia Ambiental** da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, [rosalesuepb@gmail.com](mailto:rosalesuepb@gmail.com);

<sup>2</sup> Doutoranda do Curso de **Engenharia Ambiental** da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, [kenia.sarmiento@aluno.uepb.edu.br](mailto:kenia.sarmiento@aluno.uepb.edu.br);

<sup>3</sup> Graduanda do Curso de **Engenharia Sanitária e Ambiental** da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, [milena.ferreira@aluno.uepb.edu.br](mailto:milena.ferreira@aluno.uepb.edu.br);

<sup>4</sup> Doutora pelo Curso de **Engenharia de Materiais** da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, [keilamachado@ufrb.edu.br](mailto:keilamachado@ufrb.edu.br);

<sup>5</sup> Professor orientador: Doutor, Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, [caplima@servidor.uepb.edu.br](mailto:caplima@servidor.uepb.edu.br).

diferentes condições de exposição. As séries temporais e espaciais, das componentes da radiação incidente à superfície, permitem conhecer a disponibilidade energética diurna, mensal e anual, entretanto, exigem medidas simultâneas de rotina em diferentes condições astronômicas, geográficas e climáticas.

A dessalinização solar assemelha-se ao ciclo hidrológico natural da água, que inclui duas etapas, a evaporação e a condensação. 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).

O dessalinizador solar produz água potável, sem consumo de eletricidade, sem produtos químicos e sem uso de elementos filtrantes. Segundo Marinho et al. (2015), em regiões, que a intensidade de radiação solar disponível é média e alta, como o semiárido brasileiro (radiação solar global entre 500 e 900W.m<sup>-2</sup>, durante 6 a 7 horas em dias sem nuvens), As energias renováveis comumente consideradas para a dessalinização são a energia solar, eólica e geotérmica. A energia solar ocupa quase 57% do mercado de dessalinização com base em energia renovável (ELTAWIL, ZHENGMING, e YUAN, 2010).

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. A dessalinização das águas com o uso do dessalinizador solar produz rejeitos (sais), os quais são acumulados no interior do dessalinizador solar e podem influenciar a produção de água potável, visto que, o acúmulo de sais interfere na tensão superficial da água, diminuindo o potencial osmótico/hídrico (AL-NIMR e ALKAM, 1998) e reduz a taxa de evaporação (COSTA e PINHO, 2006). Logo, torna-se imprescindível analisar a correlação entre o acúmulo de sais e a possível redução do potencial de evaporação da água.

Para analisar a eficiência de um dessalinizador solar é preciso monitorar a radiação solar, temperatura, dados pluviométricos, e estimar o rendimento da evaporação/condensação, ou seja, o quanto a água tratada pode ser produzido a cada dia (TIWARY e SAHOTA, 2017).

Sendo assim, independentemente da tecnologia utilizada, todos os processos tecnológicos de dessalinização, devem seguir a legislação pertinente, tal como estabelecido estabelecidos na Portaria Federal do Ministério da Saúde nº 2914 de 2011, que dispõe sobre

padrão de potabilidade de água (BRASIL, 2011). Pretende-se neste artigo fazer um estudo entre os métodos de dessalinização solar que utilizam turbinas eólicas no seu sistema.

## **METODOLOGIA**

Este estudo constitui uma revisão bibliográfica de caráter analítico a respeito do processo de dessalinização solar, voltada a observar as características técnicas e experimentais de cada modelo proposto. Este trabalho também apresenta uma análise comparativa de vários protótipos de dessalinizadores acoplados ao uso de turbinas eólica no intuito de aumentar a produtividade de água potável. Foram expostas as vantagens e desvantagens da tecnologia utilizada, como também os limitantes encontrados na pesquisa.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os dessalinizadores solares são classificados principalmente em duas categorias: efeitos simples e efeitos múltiplos. Cada um desses dessalinizadores são ainda classificados de acordo com a fonte de calor usada para evaporar a água. Se o calor for diretamente do sol, temos os dessalinizadores passivos.

O dessalinizador solar simples, consiste em uma bandeja pintada de cor preta, com água salobra ou salina até uma certa profundidade, e coberta por um vidro inclinado para facilitar a transmissão de radiação solar e condensação (SHARON e REDDY, 2015).

Nakatake e Tanaka (2005) propuseram um dessalinizador em escala muito pequena, composto por moinho de vento, e um número de partições cilíndricas emergidas em mechas, em solução salina. Já Ninic, Klarin e Tolj (2012) avaliaram um dessalinizador híbrido, o sistema composto por dessalinizador solar de estágio único com vaporização, usando expansão adiabática no campo gravitacional, dentro de uma coluna de suporte, da usina eólica off shore, operando juntos.

Ainda Ninic, Klarin e Tolj (2012) relataram que, a produção de água dessalinizada, na coluna de suporte da turbina é um processo autossustentável, posto que, o processo requer uma energia adicional, relativamente pequena para inicialização e manutenção das bomba de vácuo, ou seja, a energia das turbinas é o suficiente para operação de todo o sistema de dessalinização.

Existem também, diferentes abordagens que podem ser adotadas, ao projetar sistemas de dessalinização por osmose reversa a partir de energia eólica. Segundo Gökçek e Gökçek (2016) que avaliaram a relação custo-benefício de um sistema de osmose reversa, em pequena escala

com a utilização de turbinas eólicas, para a produção de água potável na Ilha Gökçeada, na Turquia. Indicaram, que a produção de água potável com energia, advinda do vento, é economicamente viável para o local, e o uso de energia eólica na dessalinização, pode reduzir bastante as emissões de CO<sub>2</sub> e o custo de energia elétrica.

A energia eólica tem grande potencial em aplicações de dessalinização, especialmente se as turbinas eólicas estiverem próxima das unidades de dessalinização (NINIC, KLARIN e TOLJ, 2012). O fator limitante da aplicação de energia eólica na dessalinização solar é principalmente a baixa ou nenhuma velocidade do vento dependendo da região. Assim, a energia solar deve ser acoplada a outra fonte de energia renovável, como por exemplo, a energia eólica.

Em um estudo experimental, uma pequena turbina eólica é projetada e conectada com o principal dessalinizador solar, a turbina opera o eixo rotativo, com impulsores. O impulsor é usado para quebrar a camada limite da superfície da água da badeja, aumentando assim, a vaporização e a condensação da água (ELTAWIL; ZHENGMING e YUAN, 2010).

O uso de turbina eólica acoplado ao sistema de dessalinização solar, aumentou a produtividade de água, como também, a turbina eólica, provocou uma pequena vibração no sistema, desta forma, a água condensada no vidro descia em direção ao coletor de água destilada mais rapidamente. O sistema possui boa eficiência, quando a velocidade do vento permaneceu na faixa de até 2,0 m/s, pois, não influenciou na irradiação solar e a temperatura ambiente (ELTAWIL, ZHENGMING e YUAN, 2010).

O modelo de microturbina proposto por (ISLAM et al., 2008) foi residencial, de pequeno porte para ventos de baixa altura, houve geração de energia elétrica suficiente para 50% do consumo diário. Com isso, a seleção do tipo de turbina eólica é imprescindível, visando aproveitar ao máximo os ventos de baixa altura, ainda mesmo quando estiverem mais fracos a geração de energia está garantida.

Um modelo de turbina eólica horizontal bastante utilizado comercialmente na geração de energia em pequena escala, é conhecido como Darrieus e Savonius, sendo um modelo combinado de dois modelos de turbina horizontal (SHARMA, BISWAS, e GUPTA, 2013). A energia eólica também é usada para fornecer eletricidade ou energia mecânica para usinas de dessalinização. Atualmente, os sistemas de dessalinização alimentados por fontes de energias renováveis, estão tornando-se bastante promissor, particularmente em regiões isoladas e secas, onde o uso de energia convencional é caro (MOUSA, DIABAT e FATH, 2013).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentre as tecnologias citadas, cada uma destaca-se em um meio diferente, apresentando vantagens e desvantagens únicas. Portanto, a utilização de uma ou outra deve ser analisada caso a caso. As características positivas do sistema híbrido solar/eólico proposto a partir da literatura, é que os recursos eólicos e solares se complementam. Durante a noite e nos períodos de inverno, o dessalinizador depende da energia eólica. Em comum, todas elas apresentam a necessidade principal da radiação solar. Esta tecnologia de dessalinização é caracterizada como a melhor solução na maioria dos casos, para zonas remotas, costeiras e principalmente zona rural.

Este método é referência atualmente, e é considerado aquele que utiliza a tecnologia com maior potencial de desenvolvimento e aplicação para áreas de comunidades baixa renda. Esse tipo de equipamento de dessalinização é bastante promissor no Brasil, e confirmou-se através dos resultados dessa pesquisa como o método vantajoso, considerando as condições climáticas que o país possui.

O sistema de dessalinização solar produzirá sempre a água potável. Salienta-se que a dessalinização das águas é uma solução para o abastecimento de comunidades, cuja relevância deverá se acentuar nos próximos anos, face à carência crescente de água potável no mundo. Os dessalinizadores solares podem ser considerados mais uma técnica para promover a gestão das águas disponíveis e suprir as necessidades hídricas das famílias que convivem com a escassez de água potável.

**Palavras-chave:** Água salobra, Energia renovável, Sistemas híbridos

## REFERÊNCIAS

- AL-NIMR, M. A.; ALKAM, M. K. A modified tubeless solar collector partially filled with porous substrate. *Renewable Energy*, v. 13, n. 2, p. 165-173, 1998.
- COSTA, A.R.; PINHO, Maria. N., Performance and cost estimation of nanofiltration for surface water treatment in drinking water production. *Desalination*, v. 196, n. 1-3, p. 55-65, 2006.
- CONAMA, Resolução. 357, de 17 de março de 2005. Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA, v. 357, 2005.
- ELTAWIL, Mohamed A.; ZHENGMING, Zhao; YUAN, Liqiang. A review of renewable energy technologies integrated with desalination systems. *Renewable and sustainable energy reviews*, v. 13, n. 9, p. 2245-2262, 2010
- 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

- GÖKÇEK, M.; GÖKÇEK, O. B.. Technical and economic evaluation of freshwater production from a wind-powered small-scale seawater reverse osmosis system (WP-SWRO). *Desalination*, v. 381, p. 47-57, 2016.
- ISLAM, M.; TING, D.S.-K. ; FARTAJ, A.. Aerodynamic models for Darrieus-type straight-bladed vertical axis wind turbines. *Renewable and sustainable energy reviews*, v. 12, n. 4, p. 1087-1109, 2008.
- KALOGIROU, Soteris A. Seawater desalination using renewable energy sources. *Progress in energy and combustion science*, v. 31, n. 3, p. 242-281, 2005.
- KABEEL, A. E.; EL-AGOUZ, S. A. Review of researches and developments on solar stills. *Desalination*, v. 276, n. 1-3, p. 1-12, 2011.
- MOHDA, A.; KIWAN, S. M.; TALAFHA, S.. Hybrid solar-wind water distillation system. *Desalination*, v. 395, p. 33-40, 2016.
- MOUSA, K.; DIABAT, A.; FATH, Ha. Optimal design of a hybrid solar-wind power to drive a small-size reverse osmosis desalination plant. *Desalination and Water Treatment*, v. 51, n. 16-18, p. 3417-3427, 2013.
- MARINHO, F. J. L.; UCHOA, T. R.; LEITE, S. F.; AGUIAR, R. L.; NASCIMENTO, A. S. Dessalinizador solar associado a coletor de água de chuvas para fornecer água potável. *Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer, Goiânia*, v. 11, n. 20, p. 68-82, 2015.
- NAKATAKE, Y.; TANAKA, H.. A new maritime lifesaving distiller driven by wind. *Desalination*, v. 177, n. 1-3, p. 31-42, 2005.
- NINIĆ, N.; KLARIN, B.; TOLJ, I. Hybrid wind-power-distillation plant. *Thermal Science*, v. 16, n. 1, p. 251-261, 2012.
- PARK, G. L.; SCHÄFER, A. I.; RICHARDS, B. S. Potential of wind-powered renewable energy membrane systems for Ghana. *Desalination*, v. 248, n. 1-3, p. 1-3, p.
- POUYFAUCON, A.; GARCÍA-RODRÍGUEZ, L. Solar thermal-powered desalination: A viable solution for a potential market. *Desalination*, 2018.-176, 2019.
- 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.
- SHARMA, K. K; BISWAS, A.; GUPTA, R. Performance Measurement of a three-bladed combined Darrieus-Savonius rotor. *International Journal of Renewable Energy Research (IJRER)*, v. 3, n. 4, p. 885-891, 2013.
- 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.
- SHARON, H.; REDDY, K. S. A review of solar energy driven desalination technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 41, p. 1080-1118, 2015.
- SOUZA, A. P., ESCOBEDO, J. F., DAL PAI, A., & GOMES, E. N. Estimativas das componentes da radiação solar incidente em superfícies inclinadas baseadas na radiação global horizontal. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 15, n. 3, p. 277-288, 2011.
- SUBRAMANI, A.; BADRUZZAMAN, M.; OPPENHEIMER, J.; & JACANGELO, J. G., Energy minimization strategies and renewable energy utilization for desalination: a review. *Water research*, v. 45, n. 5, p. 1907-1920, 2011.
- TIWARI, G. N.; SAHOTA, L. Review on the energy and economic efficiencies of passive and active solar distillation systems. *Desalination*, v. 401, p. 151-179, 2017.

