

UMA REVISÃO SOBRE AS TECNOLOGIAS DE DESSALINIZAÇÃO TÉRMICA ASSOCIADAS A CONCENTRADORES SOLARES PARABÓLICOS

Lino Wagner Castelo Branco Portela (UFC) - linowcbp@gmail.com

Ana Fabíola Leite Almeida (UFC) - anfaleal@yahoo.com.br

Erilson de Sousa Barbosa (IFCE) - erillson@yahoo.com.br

kleber lima cezar (UFPI) - kleber@ufpi.edu.br

Resumo:

Este artigo apresenta uma revisão sobre as principais tecnologias de dessalinização térmica associadas a energia solar. O concentrador solar parabólico é uma tecnologia de aproveitamento de energia solar que consiste basicamente em aquecer um fluido de trabalho (água, óleos minerais ou sintéticos, ar) que está presente em um sistema, sendo então capaz de fornecer energia térmica. Quanto aos dessalinizadores térmicos, eles aproveitam esse tipo de energia para realizar a separação entre partículas de água e sais existentes, provocando a conversão em água potável a partir de uma água salobra. Nesse sentido, são apresentadas as principais tecnologias de dessalinização térmica e pesquisas relacionadas a dessalinizadores térmicos e concentradores solares.

Palavras-chave: *Concentrador Solar Parabólico, Energia Solar, Dessalinização térmica*

Área temática: *Conversão Térmica com Concentradores*

Subárea temática: *Coletores concentradores e sistemas para conversão térmica em média temperatura*

UMA REVISÃO SOBRE AS TECNOLOGIAS DE DESSALINIZAÇÃO TÉRMICA ASSOCIADAS A CONCENTRADORES SOLARES PARABÓLICOS

Lino Wagner Castelo Branco Portela – linowcbp@gmail.com

Ana Fabíola Leite Almeida – anfaleal@yahoo.com.br

Universidade Federal do Ceará (UFC), Departamento de Engenharia Mecânica

Erilson de Sousa Barbosa – erillson@yahoo.com.br

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

Kleber Lima Cezar – kleber@ufpi.edu.br

Universidade Federal do Piauí (UFPI), Departamento de Engenharia Mecânica, Grupo Interdisciplinar de Pesquisa em Energia Solar (GIPES)

Resumo. Este artigo apresenta uma revisão sobre as principais tecnologias de dessalinização térmica associadas a energia solar. O concentrador solar parabólico é uma tecnologia de aproveitamento de energia solar que consiste basicamente em aquecer um fluido de trabalho (água, óleos minerais ou sintéticos, ar) que está presente em um sistema, sendo então capaz de fornecer energia térmica. Quanto aos dessalinizadores térmicos, eles aproveitam esse tipo de energia para realizar a separação entre partículas de água e sais existentes, provocando a conversão em água potável a partir de uma água salobra. Nesse sentido, são apresentadas as principais tecnologias de dessalinização térmica e pesquisas relacionadas a dessalinizadores térmicos e concentradores solares.

Palavras-chave: Concentrador Solar Parabólico, Energia Solar, Dessalinização térmica

1. INTRODUÇÃO

No Brasil e em países como os Estados Unidos, Alemanha, China, Espanha e outros em desenvolvimento, ao longo dos últimos anos e as perspectivas para os próximos, mostram grandes investimentos para a evolução de fontes energéticas renováveis, como a biomassa, energia solar e eólica (IEA, 2017). As fontes renováveis, quando comparadas aos combustíveis convencionais (gás natural, petróleo, carvão mineral), se mostram benéficas em relação ao equilíbrio do ciclo de produção energética e à diminuição da poluição ambiental (Ge *et al.*, 2018).

O valor comercial de fontes renováveis, como a energia solar, tem se mostrado em recessão, principalmente pela ampliação da sua utilização e do avanço tecnológico nessa área, o que tem favorecido o seu desenvolvimento. No decorrer das próximas décadas, as fontes limpas tendem a representar grande parcela da matriz energética brasileira (Schaeffer *et al.*, 2016).

A energia solar é notavelmente a fonte energética de maior abundância, e ao considerar o grande potencial energético solar do Brasil, a aplicação dessa energia pode representar estimada contribuição na evolução sustentável da sociedade. Nesse contexto, o problema de escassez de água, que é um grande desafio enfrentado por muitos indivíduos do semiárido brasileiro (AL, BA, CE, PB, PE, PI, RN, SE, MA e MG), a dessalinização solar pode ser uma alternativa para minimizar esse problema (Santos *et al.*, 2018).

Os sistemas de dessalinização, em sua grande maioria, requerem uma entrada térmica ou elétrica que pode ser fornecida pela energia solar e, portanto, tem se valorizado sistemas baseados nesse tipo de energia. O processo de dessalinização é amplamente adotado em países árabes, Oriente Médio, América do Norte, Ásia, Europa, África e Austrália (Sharon e Reddy, 2015).

As unidades de dessalinização baseadas em uso de energia renovável são bastante indicadas para regiões áridas, semiáridas e remotas, onde geralmente outro modo de fornecimento de energia é mais difícil (Chaibi, 2000). Os Concentradores Solares Parabólicos (CSP) podem contribuir consideravelmente no uso da energia solar nessas regiões. Esses concentradores são coletores de radiação solar cuja operação consiste em aquecer um fluido de trabalho, geralmente água ou óleo térmico, que passa no interior de um tubo absorvedor localizado no foco da calha parabólica (Kalogirou, 2014). Eles têm inúmeras aplicações, variando de aquecimento doméstico simples de água para uso pessoal a uma ampla cadeia de geração de energia para processos industriais.

Este artigo tem como objetivo apresentar uma revisão sobre as tecnologias de dessalinização térmica associadas a concentradores solares parabólicos.

2. TECNOLOGIA DE DESSALINIZADORES TÉRMICOS

O processo de dessalinização é conhecido como a separação entre as partículas de água e moléculas de sais existentes, sendo possível a conversão em água potável a partir de uma água salobra. Os sistemas de dessalinização podem ser classificados de acordo com a fonte energética, como: térmica, mecânica, elétrica e química. A outra classificação depende do processo de dessalinização; evaporação-condensação, filtração e técnica de cristalização (Alkaisi *et al.*, 2017). A Figura 1 ilustra as principais técnicas de dessalinização.

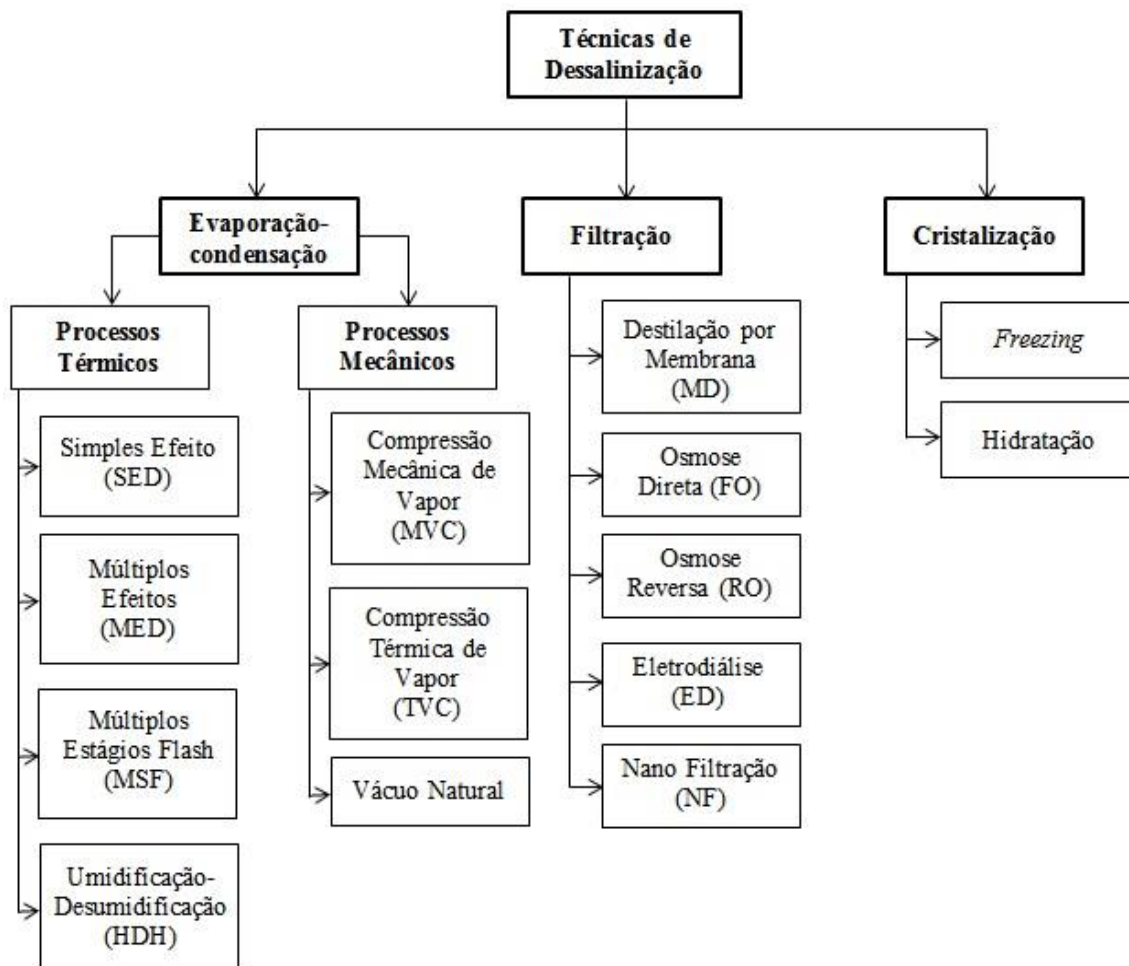


Figura 1 – Processos de dessalinização. Fonte: Adaptado de Alkaisi *et al.* (2017).

A dessalinização a partir de processos térmicos utiliza energia na forma de calor para realizar a separação dos sais da água. Esse calor pode ser fornecido de diversas fontes, como: resistência elétrica, combustíveis fósseis, reações químicas exotérmicas e energia solar. Sendo possível também, que essas fontes sejam relacionadas e formem sistemas híbridos de fornecimento de energia. Como apresentado na ilustração da Figura 1, os principais processos térmicos de dessalinização são: Dessalinização por Simple Efeito, Dessalinização por Múltiplos Efeitos, Dessalinização por Múltiplos Estágios Flash e Dessalinização por Umidificação-Desumidificação (Dutra, 2016).

2.1 Dessalinização por Simple Efeito

Na dessalinização por simple efeito, a radiação solar incide através de uma cobertura e é absorvida, aumentando a temperatura do sistema. O calor é então conduzido até a água salobra e somente a água sem sais é evaporada. O vapor de água flui para a parte de cima e entra em contato com uma cobertura que permanece em uma temperatura mais baixa, portanto, o vapor é condensado na superfície interna da cobertura e essa água pura condensada é coletada por uma calha de destilação. É comum a superfície interna ser pintada de preto para aumentar a absorção de radiação solar, e isolada com madeira ou lã de vidro para reduzir a perda de transferência de calor para a atmosfera (Nayi e Modi, 2018). A estrutura convencional desse sistema é mostrada na Figura 2.

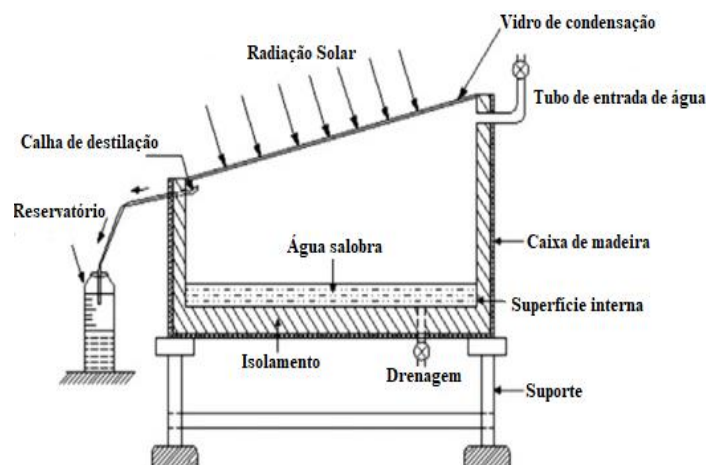


Figura 2 – Esquema convencional de um dessalinizador por simples efeitos. Fonte: Adaptado de Nayi e Modi (2018).

Geralmente, a tampa com o vidro de condensação é inclinada em um ângulo igual à latitude local, de modo que a radiação solar máxima possa ser absorvida pelo dessalinizador. No entanto, embora esse sistema seja considerado simples na construção e operação, além de possuir baixo custo e baixa manutenção, ele apresenta baixa produtividade (Rahbar e Esfahani, 2012).

2.2 Dessalinização por Múltiplos Efeitos

Os sistemas de dessalinização por múltiplos efeitos consistem em basicamente de várias partições ou estágios paralelos que estão em contato com a água salobra. O calor fornecido ao sistema é absorvido na primeira partição, onde circula um fluido quente, o que causa a evaporação da água salobra. O vapor de água formado difunde-se através da camada de ar úmida entre as partições e devido à perda de energia condensa-se no outro estágio. O processo de evaporação e condensação é repetido em todos os estágios, aumentando a produção de água dessalinizada (Tanaka *et al.*, 2005). Na Figura 3 é ilustrado um dessalinizador de múltiplos efeitos.

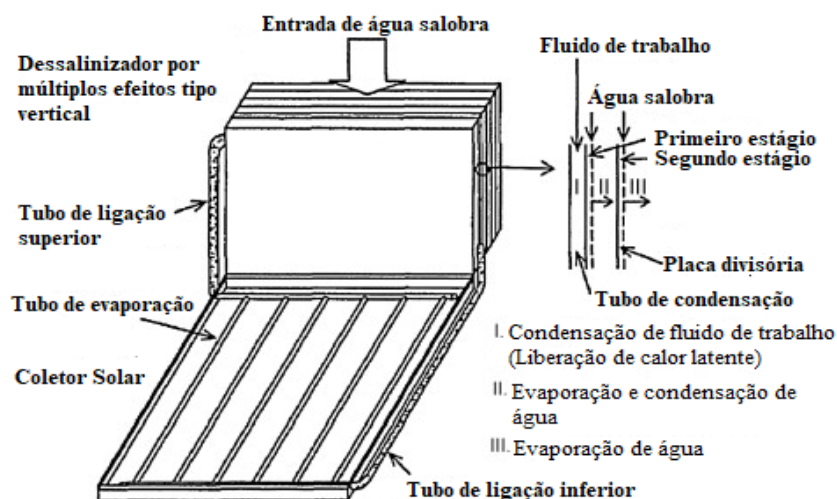


Figura 3 – Dessalinizador de múltiplos efeitos. Fonte: Adaptado de Tanaka *et al.* (2005).

Os dessalinizadores de múltiplos efeitos, de maneira geral, costumam ocupar grandes áreas, além de serem considerados de tecnologia mais complexa no que se refere à manutenção. Quando comparados aos sistemas de dessalinização por simples efeito, os dessalinizadores de múltiplos efeitos apresentam maior produtividade (Rajaseenivasan *et al.*, 2013).

2.3 Dessalinização por Múltiplos Estágios *Flash*

No processo de múltiplos estágios *flash*, a água salobra é aquecida até atingir uma temperatura abaixo da temperatura de ebulição. Após isso, ela passa por uma série de estágios, onde a pressão ambiente mais baixa torna possível seu aquecimento mais rápido e a sua transformação em vapor. A parcela dessa água que é convertida em vapor está relacionada diretamente com a pressão interna do estágio, pois a ebulição é mantida até que a água seja resfriada e o processo de vaporização seja interrompido. Então, esse vapor ao ser condensado nos tubos de trocadores de calor que

passa por cada estágio é convertido em água dessalinizada (Shatat e Riffat, 2014). Na Figura 4 é esquematizado um sistema convencional de dessalinização por múltiplos estágios *flash*.

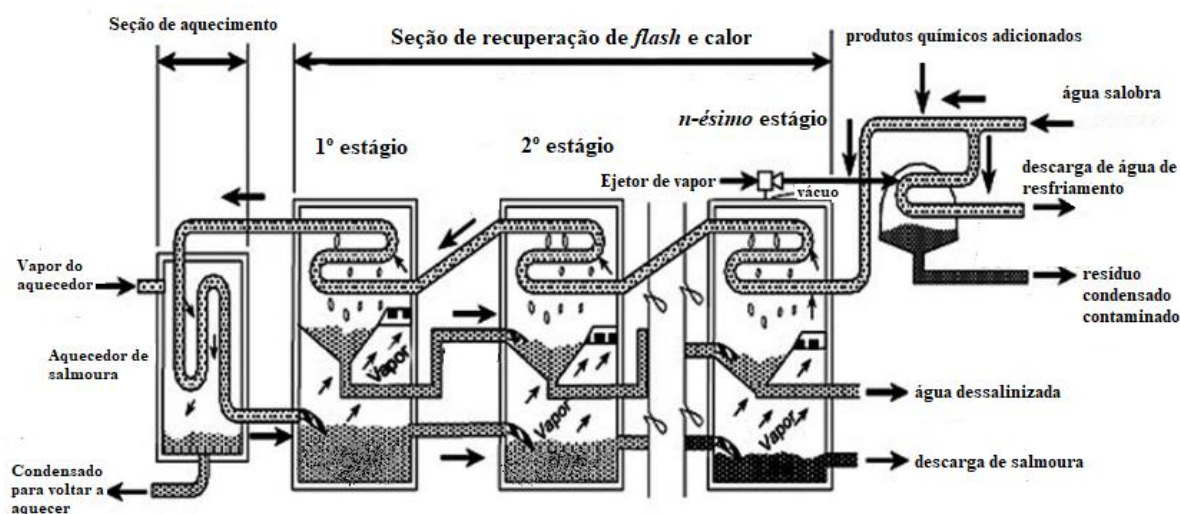


Figura 4 – Dessalinizador de múltiplos estágios *flash*. Fonte: Adaptado de Shatat e Riffat (2014).

Esse tipo de dessalinizador costuma ser considerado de alta produção, à medida que o número de estágios e a temperatura do sistema são aumentados. No entanto, essa elevação pode causar problemas de escamação em que os sais presentes na água precipitam nas superfícies dos tubos e ocasionam problemas térmicos e mecânicos (Buros, 2000).

2.4 Dessalinização por Umidificação-Desumidificação

Nos dessalinizadores por umidificação-desumidificação são utilizados dois trocadores de calor e massa para produzir água dessalinizada. Esses trocadores são o umidificador e o desumidificador, neles há transferência simultânea de calor e massa devido altas temperaturas e variações de concentração entre água e ar. No umidificador, que funciona como um evaporador, a água salobra circula no lado do sistema que fornece altas temperaturas, aumentando o teor de vapor do ar. Então, esse ar quente e úmido é transferido ao desumidificador (condensador) no qual a água dessalinizada é produzida a partir do resfriamento desse ar. A água dessalinizada produzida pelo processo de umidificação-desumidificação é coletada na parte inferior do desumidificador (Dehghani *et al.*, 2018). Na Figura 5 é apresentado um dessalinizador por umidificação-desumidificação.

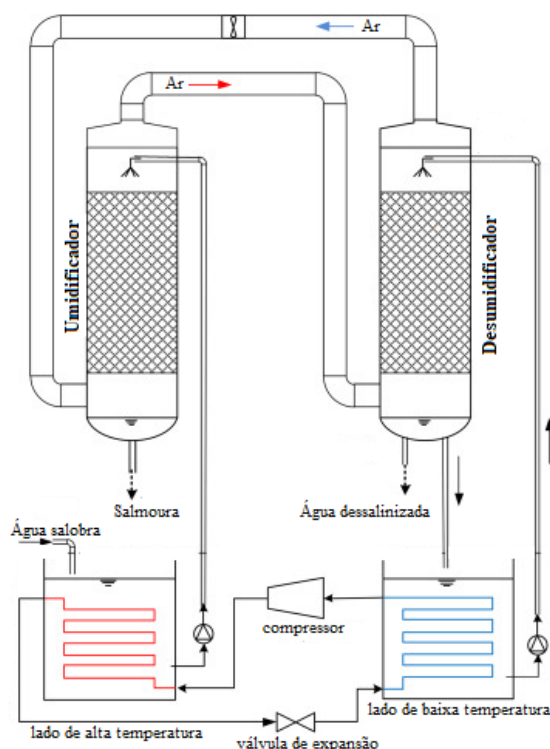


Figura 5 – Dessalinizador por umidificação-desumidificação. Fonte: Adaptado de Dehghani *et al.* (2018).

Os dessalinizadores de umidificação-desumidificação são considerados competitivos em relação aos outros quando sua aplicação é em pequena escala. Eles costumam operar com maior confiabilidade quando são auxiliados por uma bomba de calor. Seus componentes, são acessíveis no mercado e a manutenção do sistema é classificada como simples. A produtividade desse sistema é considerada baixa (Narayan *et al.*, 2010).

2.5 Histórico de pesquisas relacionadas ao uso da tecnologia de concentradores solares parabólicos

Em 1912, o engenheiro Frank Shuman, em colaboração com o físico Charles Vernon Boys, construíram a maior usina de bombeamento de água do mundo em Maadi, no Egito. O sistema possuía longos concentradores cilíndricos parabólicos, cerca de 60 metros de comprimento em uma área total de um campo solar de 1200 m². Foi desenvolvido o equivalente a 37-45 kW, continuamente, por um período de 5 horas (Kreith e Kreider, 1978).

No ano de 1975, Duff, Lameiro e Löff, propuseram um modelo para avaliar a viabilidade econômica de vários tipos de concentradores solares com absorvedores de foco linear. A pesquisa buscava encontrar um custo mínimo para uma usina solar com concentradores para a geração de energia.

Em sua pesquisa, Mota e Andrade (1986) desenvolveram um dessalinizador solar para constatar a influência da destilação solar sobre micro-organismos presentes na água, e possíveis mudanças nas características físico-químicas da água. Foi possível concluir que no processo de dessalinização solar os micro-organismos são exterminados e há a ocorrência de alterações como: redução da dureza, do teor de cloretos, da alcalinidade, da condutividade elétrica e da turbidez da água.

Os pesquisadores Moustafa *et al.* (1985) acompanharam um sistema de dessalinização de múltiplos estágios, sendo o sistema alimentado por energia produzida a partir de 220 m² de uma usina solar com concentradores solares parabólicos. O dessalinizador possuía 12 estágios e um tanque de armazenamento térmico de 7 m³. A capacidade de produção de água dessalinizada conseguia chegar a 10 m³ por dia.

No seu trabalho, García-Rodríguez e Gómez-Camacho (1999) pesquisaram experimentalmente um sistema de dessalinização de múltiplos efeitos acoplado a um coletor solar parabólico, e concluíram que a produção anual de energia é cerca de 23 % maior para um sistema com eixo de rotação norte-sul do que leste-oeste. A média anual máxima do tempo de operação diária é de 12 h por dia em áreas costeiras no sul da Espanha.

Durante sua pesquisa, Schwarzer *et al.* (2000) desenvolveram um trabalho que apresentava equações de balanço de energia e massa, simulação numérica da taxa de produção de água dessalinizada e ensaios experimentais de um dessalinizador térmico com sistema de recuperação de calor. O sistema era composto por: um coletor solar e uma torre dessalinização; sendo possível que esse sistema fosse operado por outras fontes energéticas.

Em seu trabalho, Scrivani, Asmar e Bardi (2007) mostraram que usinas solares com concentradores solares podem ser utilizadas para a produção de água dessalinizada, na remediação ambiental, no tratamento de resíduos e também no processamento de percolado em aterros sanitários em regiões onde os sistemas convencionais são caros e inviáveis.

Os cientistas Abdel-Rehim e Lasheen (2007) conduziram uma pesquisa com análise teórica e validação experimental de um sistema de dessalinização solar acoplado a um concentrador solar parabólico, as temperaturas do sistema tenderam a aumentar em relação aos modelos convencionais. No projeto com o concentrador, a produtividade de água dessalinizada aumentou em média 18 %.

No período da sua pesquisa, Alarcón-Padilla *et al.* (2008) desenvolveram um trabalho experimental em um sistema de dessalinização de múltiplos efeitos de água do mar em Almería (Espanha). O sistema além de utilizar concentradores solares parabólicos em uma área de 500 m² com armazenamento térmico de 24 m³, também era alimentado por uma bomba de calor de absorção de efeito duplo com LiBr-H₂O. A caldeira a gás foi utilizada para garantir que o sistema solar térmico funcionasse durante 24 horas por dia. A capacidade de produção de água dessalinizada dessa usina era próxima de 67 m³ por dia.

Em suas análises, os pesquisadores Sintali *et al.* (2014) desenvolveram um trabalho direcionado para a análise de um balanço de energia relacionando equações térmicas para então calcular a eficiência de um concentrador solar parabólico, considerando os ganhos e as perdas entre os componentes do concentrador provocados por fenômenos de transferência de calor.

A pesquisa desenvolvida por Al-Nimr e Dahdolan (2015) apresentou um novo e avançado arranjo tubular acoplado a um concentrador parabólico e tanque de armazenamento com aletas. O concentrador aumentou a concentração de irradiação solar sobre o tanque tubular e aletado. Eles verificaram que com o aumento da temperatura a eficiência e produtividade do sistema também aumentou, sendo observado um ganho de até 33,8 % na eficiência.

O trabalho realizado por Stuber *et al.* (2015) desenvolveu um estudo de uma usina solar que era aplicada na dessalinização de água do mar que seria utilizada para agricultura em Firebaugh (EUA). O sistema de dessalinização era de múltiplos efeitos, integrado a um sistema térmico solar de concentradores parabólicos em uma área de 656 m². A capacidade de produção de água dessalinizada dessa usina era de 6,74 m³ por dia.

A análise elaborada por Palenzuela *et al.* (2015) proporcionou uma pesquisa sobre a influência da integração de usinas de energia solar com concentradores solares no processo de dessalinização de água. Eles concluíram que pode ser uma opção sustentável em comparação com usinas que são independentes e não utilizam a energia solar, também foi possível mostrar que essa integração é mais adequada em processos de média ou larga escala, sendo a técnica de múltiplos efeitos uma das mais promissoras.

Em seus estudos, os pesquisadores Arunkumar *et al.* (2016) analisaram a influência de um concentrador parabólico em um sistema de dessalinização por simples efeito. Em uma faixa de radiação solar entre 652 a 1159 W/m²,

vazão do fluido água sendo 10 ml/min e uma variação de temperatura entre 72 °C e 95 °C, o sistema aumentou a produção de água dessalinizada.

A pesquisa realizada por Hassan *et al.* (2019) comparou a performance de um concentrador parabólico adaptado a um sistema de dessalinização por simples efeito. Foram analisados dois períodos durante o ano, no inverno e no verão da cidade de Sohag (Egito). No inverno, o rendimento de produção de água dessalinizada aumentou aproximadamente em 13,7 %. No verão, o aumento foi de aproximadamente 14,1 %.

Durante seu trabalho, os cientistas Abdessemed *et al.* (2019) verificaram a influência de um concentrador parabólico associado a um sistema de dessalinização por múltiplos efeitos na cidade de Batna (Argélia). Foram testadas bandejas do tipo V e L, as de forma V foram mais eficientes na produção de água dessalinizada. No primeiro estágio, conseguiram uma produção de 310 ml/dia; no segundo, 235 ml/dia; no terceiro, 145 ml/dia e no quarto, 110 ml/dia.

3. CONCLUSÕES

A partir da pesquisa realizada, é possível constatar que os concentradores solares parabólicos tem contribuído em sistemas solares de dessalinização térmica, principalmente em locais como países árabes, Oriente Médio, América do Norte, Ásia, Europa e África. Apesar de ser uma tecnologia um pouco complexa, ela pode ajudar no combate à escassez de água em regiões remotas e também do semiárido brasileiro.

Além disso, ao verificar que países com pouca disponibilidade de água conseguem atingir alta quantidade de produção de água dessalinizada, o Brasil, considerando sua grande faixa litorânea e também seus altos índices de radiação solar incidente, pode tornar-se referência com a aplicação da dessalinização térmica associada a concentradores solares.

Em países desérticos, que costumam apresentar altos índices de radiação solar e o fornecimento de energia elétrica por formas convencionais é mais difícil, a tecnologia de concentradores solares é amplamente aplicada, principalmente porque a performance desses concentradores está diretamente relacionada com a alta incidência de raios solares.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro na forma de bolsa de estudos e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela promoção da pesquisa por meio do edital nº 18/2013 MCTI / CNPq / SPM-PR / Petrobras - Meninas e jovens fazendo ciências exatas, engenharia e computação.

REFERÊNCIAS

- Abdel-Rehim, Z. S., Lasheen, A., 2007. Experimental and theoretical study of a solar desalination system located in Cairo, Egypt, *Desalination*, vol. 217, pp. 52-64.
- Abdessemed, A., Bougriou, C., Guerraiche, D., Abachi, R., 2019. *Effects of tray shape of a multi-stage solar still coupled to a parabolic concentrating solar collector in Algeria*, *Renewable Energy*, vol. 132, pp. 1134-1140.
- Alarcón-Padilla, D.C, Blanco-Gálvez, J., García-Rodríguez, L., Gernjak, W., Malato-Rodríguez, S., 2008. First experimental results of a new hybrid solar/gas multi-effect distillation system: the AQUASOL project, *Desalination*, vol. 220, pp. 619-625.
- Alkaisi, A., Mossad, R., Sharifian-Barforoush, A., 2017. *A review of the water desalination systems integrated with renewable energy*, *Energy Procedia*, vol. 110, pp. 268-274.
- Al-Nimr, M. A., Dahdolan, M.E., 2015. *Modeling of a novel concentrated solar still enhanced with a porous evaporator and an internal condenser*, *Solar Energy*, vol. 114, pp. 8-16.
- Arunkumar, T., Velraj, R., Denkenberger, D.C., Sathyamurthy, R., Kumar, K. V., Ahsan, A., 2016. *Productivity enhancements of compound parabolic concentrator tubular solar stills*, *Renewable Energy*, vol. 88, pp. 391-400.
- Buros, O. K., 2000. *The ABCs of Desalting*, Internacional Desalination Association.
- Chaibi, M. T., 2000. *An overview of solar desalination for domestic and agriculture water needs in remote arid areas*, *Desalination*, vol. 127, pp. 119-133.
- Dehghani, S., Date, A., Akbarzadeh, A., 2018. *Performance analysis of a heat pump driven humidification-dehumidification desalination system*, *Desalination*, vol. 445, pp. 95-104.
- Duff, W. S., Lameiro, G. F., Löf, G. O. G., 1975. *Parametric performance and cost models for solar concentrators*, *Solar Energy*, vol. 17, pp. 47-58.
- Dutra, K. H., 2016. Montagem e teste de um novo arranjo do dessalinizador solar térmico de múltiplos estágios com recuperação de calor.
- García-Rodríguez, L., Gómez-Camacho, C., 1999. *Preliminary design and cost analysis of a solar distillation system*, *Desalination*, vol. 126, pp. 109-114.
- Ge, T. S., Wang, R. Z., Xu, Z. Y., Pan, Q. W., Du, S., Chen, X. M., Ma, T., Wu, X. N., Sun, X. L., Chen, J. F., 2018. *Solar heating and cooling: Present and future development*, *Renewable Energy*, vol. 126, pp. 1126-1140.
- Hassan, H., Ahmed, M. S., Fathy, M., 2019. *Experimental work on the effect of saline water medium on the performance of solar still with tracked parabolic trough collector (TPTC)*, *Renewable Energy*, vol. 135, pp. 136-147.

- International Energy Agency (IEA), 2007. *Key World Energy Statistics 2017*. Disponível em: <https://doi.org/10.1787/key_energ_stat-2017-en>. Acesso em: 24 mai. 2019.
- Kalogirou, S. A., 2014. *Solar Energy Engineering: Processes and Systems*.
- Kreith, F., Kreider, J. F., 1978. *Principles of solar engineering*, Hemisphere Pub. Corp.
- Mota, S., Andrade, M. A. N., 1986. Uso da destilação solar no tratamento de águas contaminadas por microrganismos. Aplicações às pequenas comunidades, *Revista Tecnologia*, vol. 7, pp. 24-26.
- Moustafa, S. M. A., Jarrar, D. I., El-Mansy, H. I., 1985. *Performance of a self-regulating solar multistage flash desalination system*, *Solar Energy*, vol. 35, pp. 333-340.
- Narayan, G. P., Sharqawy, M. H., Summers, E. K., Lienhard, J. H., Zubair, S. M., Antar, M. A., 2010. *The potential of solar-driven humidification-dehumidification desalination for small-scale decentralized water production*, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 14, pp. 1187-1201.
- Nayi, K. H., Modi, K. V., 2018. *Pyramid solar still: A comprehensive review*, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 81, pp. 136-148.
- Palenzuela, P., Zaragoza, G., Alarcón-Padilla, D.C., 2015. *Characterisation of the coupling of multi-effect distillation plants to concentrating solar power plants*, *Energy*, vol. 82, pp. 986-995.
- Rahbar, N., Esfahani, J. A., 2012. *Experimental study of a novel portable solar still by utilizing the heat pipe and thermoelectric module*, *Desalination*, vol. 284, pp. 55-61.
- Rajaseenivasan, T., Murugavel, K. K., Elango, T., Hansen, R. S., 2013. *A review of different methods to enhance the productivity of the multi-effect solar still*, vol. 17, pp. 248-259.
- Santos, A. P. S., Albuquerque Jr, D. M., Braga, R. A. P., Lima, R. A., Medeiros, S. S., 2018. O encolhimento das águas: o que se vê e o que se diz sobre crise hídrica e convivência com o semiárido. Disponível em: <https://portal.insa.gov.br/images/acervo-livros/Livro%20Encolimento%20das%20C3%A1guas_final.pdf>. Acesso em: 27 mai. 2019.
- Schaeffer, R. *et al.*, 2016. [R]evolução Energética: Rumo a um Brasil com 100 % de energias limpas e renováveis.
- Schwarzer, K., Vieira, M. E., Farber, C., 2000. *Solar thermal desalination system with heat recovery*, Euromed.
- Scrivani, A., Asmar, T. E., Bardi, U., 2007. *Solar through concentration for fresh water production and waste water treatment*, *Desalination*, vol. 206, pp. 485-493.
- Sharon, H., Reddy, K. S., 2015. *A review of solar energy driven desalination technologies*, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 41, pp. 1080-1118.
- Shatat, M., Riffat, S. B., 2014. *Water desalination technologies utilizing conventional and renewable energy sources*, *International Journal of Low-Carbon Technologies*, vol. 9, pp. 1-19.
- Sintali, I. S., Egbo, G., Dandakouta, H., 2014. *Energy Equations for Computation of Parabolic-Trough Collector Efficiency Using Solar Position Coordinates*, *American Journal of Engineering Research (AJER)*, vol. 3, pp. 25-33.
- Stuber, M. D., Sullivan, C., Kirk, S. A., Farrand, J. A., Schillaci, P. V., Fojtasek, B. D., Mandell, A. H., 2015. *Pilot demonstration of concentrated solar-powered desalination of subsurface agricultural drainage water and other brackish groundwater sources*, *Desalination*, vol. 355, pp. 186-196.
- Tanaka, H., Nakatake, Y., Tanaka, M., 2005. *Indoor experiments of the vertical multiple-effect diffusion-type solar still coupled with a heat-pipe solar collector*, *Desalination*, vol. 177, pp. 291-302.

A REVIEW ON THERMAL DESALINIZATION TECHNOLOGIES ASSOCIATED WITH PARABOLIC SOLAR CONCENTRATORS

Abstract. *This article presents a review of the main thermal desalination technologies associated with solar energy. Parabolic solar concentrator is a solar energy technology that basically consists of heating a working fluid (water, mineral or synthetic oils, air) that is present in a system and is able to provide thermal energy. As for thermal desalination plants, they harness this type of energy to separate water particles from existing salts, causing them to be converted into brackish water. In this sense, the main thermal desalination technologies and research related to thermal desalination and solar concentrators are presented.*

Keywords: *Parabolic Solar Concentrator, Solar Energy, Thermal Desalination*