

## **Estudo de um dessalinizador solar de água visando aplicações na área de tecnologia social**

**VIANA, Mickael Gomes<sup>1\*</sup>; SANTOS, Priscylla Ferreira<sup>2</sup>;  
ALVES JUNIOR, Isau de Souza<sup>1</sup>; SCARAMUSSA, Simone Aparecida de Lima<sup>1</sup>;  
SANTOS JUNIOR, Jorge Vieira<sup>3</sup>; ARAUJO, Paulo Mário Machado<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Sergipe;

<sup>2</sup> Departamento de Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Sergipe;

<sup>3</sup> Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Sergipe;

\* Autor de correspondência. E-mail: mickaelgovi@gmail.com

### **RESUMO**

Um dos problemas mais recorrentes da humanidade é o acesso a água limpa para consumo, visto que várias regiões pelo planeta ainda não possuem fácil acesso a ela, ou mesmo possuem água sem o devido tratamento. Preponderando o descrito, este trabalho apresenta um estudo teórico-experimental de uma tecnologia social sobre dessalinização solar, onde um dessalinizador é confeccionado em alvenaria e com materiais de baixo custo e fácil acesso à população. Para a estrutura, é utilizado um sistema com acoplamento de dois vidros (declive duplo), visto que este acaba por ser mais eficiente do que o de único declive. São utilizados também materiais que possibilitem uma melhor captação de radiação solar onde essa tem importância imprescindível. Os resultados apresentaram cerca de 37% de eficiência e quando comparados aos relatos da literatura acabam por mostrar que são satisfatórios.

**Palavras-chave:** Tecnologia social; Energia solar; Dessalinização; Declive duplo.

## **Study of water desalination using a solar still aiming applications on social technology**

### **ABSTRACT**

Access to tap water seems to be one of society's most recurring problems. To this day, many regions around the globe struggle to have available clean water or even end up consuming untreated water. This article presents a theoretical and experimental study of desalination as a social technology, in which a masonry solar still is manufactured using easy to find, low-cost materials, by the population itself. The structure consists of joining two pieces of glass together in an angle as to create a double-slope roof system, which has been shown to be more effective than a single-slope one. In addition to that, the system works with materials that naturally absorb solar energy since this is an essential element to the still. The results show a 37% efficiency rate, which, when compared to previous studies, is proved to be satisfactory.

**Keywords:** Social technology; Solar energy; Solar still; Double-slop.

## 1 Introdução

A tecnologia social é considerada como um conjunto de técnicas e metodologias transformadoras, onde são desenvolvidas e/ou aplicadas buscando a melhor interação com a população para que se tornem apropriadas nas melhorias das condições de vida, é o que diz o Instituto de Tecnologia Social (ITS BRASIL, 2004).

A energia solar representa um dos maiores potenciais energéticos do planeta, porém ainda é muito pouco explorado quando se considera sua aplicação no Brasil. A grande vantagem da sua utilização ocorre na possibilidade de proporcionar projetos eficientes com nível médio de tecnologia, junto aos fatores de bom entendimento do potencial regional, planejamento energético competente e educação para o seu uso (HANSEN et al., 2010).

O potencial energético da radiação solar é imensamente significativo, situando-se entre 5.700 e 6.100 wh/m<sup>2</sup> ao longo de todo o ano e representando a maior média do Brasil na região Nordeste. Este grandioso potencial térmico da energia solar é suscetível de aplicação em numerosos segmentos, como o aquecimento de água, o cozimento de alimentos, a secagem de frutas e legumes, forno, dessalinização da água, etc (HANSEN et al., 2010).

Para suprir necessidade de água potável, faz-se necessário o emprego de alguma tecnologia para tratar a água, de forma que reduza a níveis aceitáveis as substâncias químicas dissolvidas e os agentes biológicos que representam risco à saúde humana. Haja visto o efeito desejado, uma alternativa pertinente é o emprego da dessalinização, pois no processo de evaporação as moléculas de água se desprendem da fase líquida e deixa para trás a maior parte das impurezas presentes, resultando, quando condensada, uma água com grau de pureza satisfatório.

Para a aplicação da destilação em locais subdesenvolvidos economicamente, deve-se considerar dois fatores decisivos: a disponibilidade da energia e a autonomia operacional. Quanto à energia, ressalta-se que em comunidades nas quais não há disponibilidade de energia elétrica, torna-se impraticável a utilização dos processos convencionais por compressão, eletrodíálise e osmose reversa, haja vista a necessidade de equipamentos que demandam grande quantidade de energia elétrica. Do ponto de vista da autonomia, é desejável que o sistema de destilação seja construído de materiais simples e acessíveis, podendo ser instalado e mantido com mão de obra local.

Partindo do uso da tecnologia social e observando a escassez de água, pesquisadores investigam várias maneiras de dessalinizar a água do mar. Um método comum de dessalinização da água do mar é o uso de sistemas térmicos que geralmente são de dois tipos:

dessalinização de múltiplos efeitos (MED) com compressão térmica de vapor e sistemas de dessalinização flash de múltiplos estágios (MOGHIMI et al., 2018).

Esses sistemas funcionam com base na técnica convencional de dessalinização (evaporação/condensação) e podem produzir água pura ou fresca em uma vasta gama de capacidades. Os sistemas MED são simples no layout e confiáveis no funcionamento; portanto, esses sistemas têm sido amplamente utilizados, especialmente no Oriente Médio, para explorar as águas do Golfo Pérsico, que são conhecidas por terem uma temperatura relativamente alta, nível de poluição, atividade biológica e teor de sal (MOGHIMI et al., 2018).

Embora aproximadamente 70% da superfície terrestre seja recoberta por água, a maior parte está contida nos mares e oceanos, restando somente 2,5% de água doce e apenas cerca de 0,3% constitui a porção de água doce presente em rios e lagos.

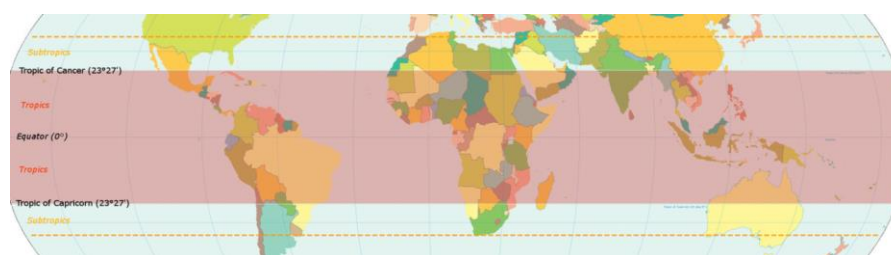
Preponderando o descrito, o presente estudo visou proporcionar uma tecnologia alternativa de expressivo alcance social para a autossuficiência em água para usos gerais nos locais onde este recurso é escasso. Para isso foram utilizados materiais de baixo custo e de fácil acesso que se adapte as condições ambientais, sociais e culturais da sociedade que faz uso dessa tecnologia.

## 2 Metodologia

Inicialmente, se fez necessária a construção de uma estrutura a ser utilizada. Para isso, foram usados os seguintes materiais: cimento, tijolos, ferramentas de medição, vidros, torneira, cano de PVC, tiras de borracha, cola silicone, lona de plástico cor preta e reservatório para armazenamento. Logo em seguida, escolheu-se um local apropriado para instalar o projeto, onde a planicidade e a exposição, que são essenciais, não sejam afetados por fatores que impeçam a incidência do sol ao longo do dia.

Segundo relatos da literatura a região mais apropriada para que seja executado esse projeto é chamada de *Solar belt* (Figura 1). É uma extensão do planeta em que ocorre uma maior incidência de raios solares com grande potencial energético (PENG, 2018).

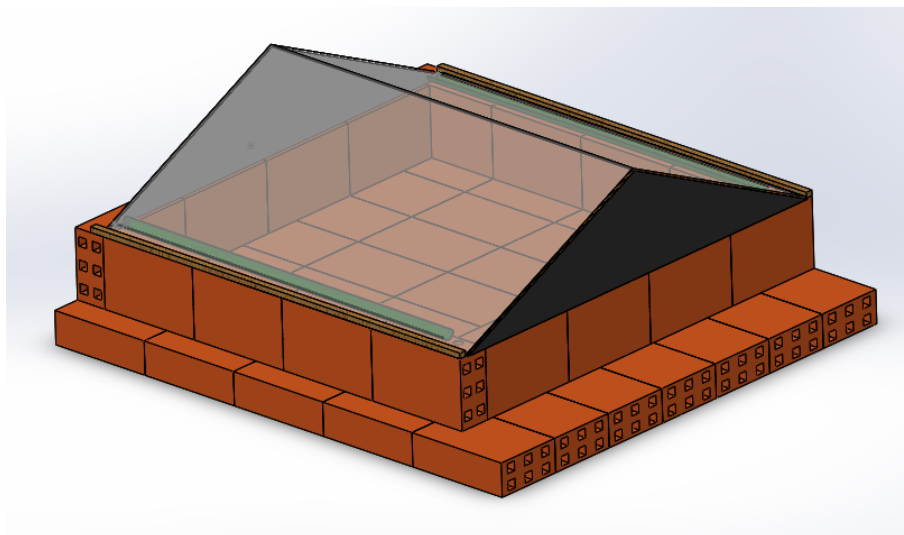
Figura 1 – *Solar belt*



Fonte: Peng (2018)

A construção de toda estrutura foi feita a partir de alvenaria através de técnicas e materiais de fácil acesso e alta duração. Para facilitar todo o projeto, inicialmente foi realizado uma simulação com o auxílio do programa Solidworks2016 com vista 3D (Figura 2).

Figura 2 – Dessalinizador no Solidworks2016 com vista 3D.



Fonte: Autoria própria

O parâmetro inicial para a montagem foi definido que seria área interna contendo aproximadamente  $1m^2$ , baseado em estudos, cada milímetro de altura equivale a 1 litro (SELVARAJ e NATARAJAN, 2017). Duas canaletas são feitas apenas com a partição de um cano na seção longitudinal, posteriormente, as mesmas são instaladas com certa inclinação na base de cada vidro, de forma que possibilitem a captação das gotas e façam-nas escorrer corretamente pelo sistema. Os canos são montados de forma que conectam as duas canaletas para uma única saída, ligada ao reservatório externo, onde deve ser devidamente vedado.

Apesar da escolha de declive duplo, existe também o declive único que é o mais simples dispositivo de dessalinização solar. A escolha do declive duplo foi devido à área de captação dos raios solares ser maior nesta geometria, em comparação com a de declive único, em que o vidro está direcionado apenas para um lado.

Os vidros devem ser posicionados de acordo com a figura acima, com a base em cima de cada canaleta, para que as gotas escurram para o lugar correto.

Existe um trabalho onde foi realizado experimento em que a inclinação para a recepção dos raios solares foi de  $30^\circ$  em Mehsana, Gujarat, onde o ângulo de latitude é  $23,6^\circ$ . Outro feito no Egito que está situado com ângulo de  $26^\circ$ , a estrutura do dessalinizador estava inclinado a um ângulo de  $20^\circ$ . O experimento de um dessalinizador de declive único, realizado na Síria, o ângulo de inclinação adotado foi de  $45^\circ$ , enquanto o ângulo de latitude deste país é de  $35^\circ$ .

Assim, um ângulo equivalente ao de ângulo de latitude obtém uma relação de  $\pm 10^\circ$  onde foi mantido por muitos dos pesquisadores preponderando que esses locais aos quais foram utilizados não fazem parte do *Solar belt* (NARAYANA e RAJU, 2018; EHSSAN *et al.*, 2013; GHASSAN *et al.*, 2013).

A escolha da angulação dos vidros foi tomada observando projetos em que a região global na qual se encontravam estavam dentro da *Solar belt* e usavam valores de angulação entre  $20^\circ$  e  $30^\circ$ , visto que os experimentos realizados em regiões fora do *solar belt* (maior latitude) adotaram valores maiores do que  $30^\circ$  de inclinação (HITESH, 2012; SELVARAJ e NATARAJAN, 2017).

Para que o experimento ocorra de forma correta, a vedação adequada da estrutura é essencial para a geração do efeito estufa, e assim possibilitando o aumento da temperatura interna sem permitir que o vapor escape. Para isso, cola de silicone e tiras de borracha foram utilizadas, vedando os vidros na estrutura. Para isolar outras regiões, como as canaletas, e tubulações, mais uma vez foram utilizadas tiras de borracha com larguras diferentes dependendo da região. E por fim, a estrutura é revestida internamente por uma lona de plástico preta, cuja os objetivos são impermeabilizar o seu interior e absorver mais calor em função da sua cor.

A espessura do vidro proporciona uma influência direta quando relacionado com incidência, refração e retenção de parte dos raios solares. Em relatos da literatura é possível encontrar trabalhos nos quais os autores Anburaj (2013), El-Bassuoni (1986) e Kalidasa *et al.* (2008), tenham utilizado vidros com espessuras que variam de 3mm a 6mm. Levando isso em consideração observou-se que para tentar garantir uma melhor eficiência do dessalinizador foi utilizado uma espessura de 3mm, visto que autores informam que com essa espessura seria possível obter uma eficiência de aproximadamente 15%.

Um dos vidros é removível enquanto o outro é fixado na estrutura. Essa remoção acaba por facilitar o abastecimento de água e posteriormente a limpeza interna- ambos são feitos de forma manual. Após o abastecimento, o vidro é reposicionado e vedado para garantir que o processo ocorra do modo desejado.

Para que ocorra a coleta da água dessalinizada, há um sistema de encanação que liga as duas canaletas a uma única saída, que por sua vez leva ao reservatório externo. Já para a água restante na estrutura, há um ralo controlado por uma torneira, que se encontra instalado no chão do interior.

Visando uma melhor análise de dados, foi utilizado o cálculo da eficiência conforme mostra a Equação 1:

$$E = \frac{V_c}{V_I} * 100\% \quad (1)$$

Em que:

$E$  = Eficiência [%]

$V_c$  = Volume captado [L]

$V_I$  = Volume inicial [L]

### 3 Resultados e Discussões

Para as realizações dos experimentos foram imprescindíveis a obtenção de dados sobre o tempo. Deveria ser utilizado um piranômetro para tal, porém com a ausência do mesmo, foi usado o AccuWeather (Estação meteorológica contendo dados climáticos). Foi realizado em triplicata, com dias sequenciais, onde em cada dia de experimento foram manuseados 3 litros de água do mar. Os testes se iniciaram às 08 horas da manhã e finalizados às 16h da tarde. Todo experimento foi realizado na cidade de Aracaju no estado de Sergipe.

No primeiro dia o tempo era previsto para conter nuvens, o que de certa forma acaba por barrar muitos raios. Devida a grande importância de incidência de raios solares, realizou-se observações constantes do tempo ao longo do dia. Durante a realização foi notado que durante um curto período de tempo, entre os horários de 11 horas e 14 horas sucedeu uma grande incidência de raios, pois não haviam nuvens. Ao término do experimento, foi obtido aproximadamente 0,5 litro d'água. Com isso, acredita-se que esse valor tenha sido baixo por conta da pouca incidência de raios ao longo do dia.

Para o segundo dia de experimento novamente o tempo foi observado ao longo do dia, e notou-se que o mesmo permaneceu com poucas nuvens que atrapalhariam a incidência solar. Com o fim do experimento, foi registrada uma obtenção de pouco mais de 1 litro d'água.

No terceiro dia de experimento ocorreu de forma semelhante ao segundo, porém foi registrado 0,8 litros d'água.

A água que acaba por não ser dessalinizada é removida da estrutura e devolvida ao mar, enquanto que toda a água que é coletada após a dessalinização é armazenada em um reservatório próprio para tal, podendo também ser coletada no próprio local e feita seu uso, pois na saída da estrutura existe uma torneira acoplada que permite esta ação.

Foram utilizados 3 litros de água do mar, pois é necessário que os raios solares consigam penetrar até a lona que está instalada na base da estrutura (Figura 3), onde a mesma tem uma coloração negra para que possa fornecer um maior aquecimento (ELANGO E KALIDASA

MURUGAVEL, 2015). O aquecimento da água do mar, com grandes quantidades, talvez não obtivesse tamanha eficiência pois necessitaria de mais energia para aquecer toda a água.

Figura 3 – Estrutura com lona instalada na base.



Fonte: Autoria própria

A Tabela 1 mostra as eficiências obtidas no experimento.

Tabela 1 – Eficiências obtidas

Dias	Litros obtidos	Eficiência
Dia 1	0,5	16,67%
Dia 2	1,1	36,67%
Dia 3	0,8	23,33%

Fonte: Autoria própria

Se tratando de eficiência, nos dados mencionados em Narayana e Raju (2018), um experimento onde obteve-se uma eficiência máxima de 15,02% para 4 litros de água onde faz uso de reservatório extra para aquecimento prévio, bomba, declive único e inclinação de 30°. Enquanto no presente trabalho a máxima eficiência foi de aproximadamente 37%, onde não é feita com o auxílio de bomba, nem com reservatório extra de aquecimento e o declive é duplo com inclinação de 25°.

É possível que tenha sido obtido mais que o dobro de eficiência devido ao declive ser duplo, pois assim mais raios penetram, o que gera um aquecimento mais rápido ou até mesmo por uma má vedação no trabalho da autora.

Em outro relato da literatura, Elango e Murugavel (2015), mostra que é possível obter uma eficiência de 41,14% quando se tem um declive dupla de 30°, enquanto que a eficiência para o declive único de 30° apresenta 30,86%. Isso prova que, declive duplo ainda é o melhor a ser utilizado que o declive único.

#### 4 Conclusão

Os experimentos mostraram que foi possível a obtenção da água dessalinizada com sucesso, apresentando resultados diários satisfatórios de até mais de 1 litro em um dia de sol para uma quantidade de 3 litros de água do mar. Tendo como referência a comparação com os demais estudos contidos na literatura, percebeu-se que a eficiência obtida foi bastante aceitável, atingindo valores aproximadamente 37%, e, considerando o seu baixo custo, faz-se acreditar cada vez mais no grande potencial de utilização do projeto como uma tecnologia social, muito embora seja necessário um maior aprofundamento para a obtenção de valores mais seguros.

Sendo assim, indubitavelmente a equipe se mostra motivada com os experimentos que ainda estão sendo aprimorados para melhores resultados, da mesma forma que o equipamento também acabará por ser otimizado, visando a utilização de equipamentos de medição de irradiação solar em futuros testes. A equipe já pensa na possibilidade de desenvolver um projeto 2 em 1, onde a mesma estrutura funcionará como um dessalinizador e um fogão solar, sendo assim, um grande potencial como uma nova tecnologia social.

#### Referências bibliográficas

AccuWeather .**AccuWeather**, 2018, Disponível durante 10.07 - 11.10.2018 <https://www.accuweather.com/pt/br/aracaju/36757/weather-forecast/36757>, Último acesso em: 11.10.2018.

AL-HASSAN, A. G., ALGAMI, S. A., Exploring of Water Distillation by Single Solar Still Basins , **American Journal of Climate Change**, 2013, 2, 57-61.

ANBURAJ, P., SAMUEL, R. H., MURUGAVEL K. K., Performance of an Inclined Solar Still with Rectangular Grooves and Ridges, **Applied Solar Energy**, 2013, Vol. 49, No. 1, pp. 22–26.

EL BASSOUNI, A.A. Enhanced solar desalination unit: modified cascaded still, **Solar & Wind Technology**, Vol. 3, No. 3, p. 189-194, 1986.

ELANGO, T., MURUGAVEL, K. K., The effect of the water depth on the productivity for single and double basin double slope glass solar stills, **Desalination**, 359 (2015) 82–91.

HANSEN, D. L., TEIXEIRA, O. A., SANTANA, J. R. de Estratégias de Desenvolvimento Regional: conceitos e experiências. – São Cristóvão: **Editora UFS**; Aracaju: Fundação Oviêdo Teixeira, 2010. 412 p.

Tecnologia Social, **ITS Brasil – Instituto de Tecnologia Social**, 2018. Disponível em: <http://itsbrasil.org.br/conheca/tecnologia-social/> . Acesso em 11.10.2018

MURUGAVEL, K. K., CHOCKLINGAM Kn. K. S. K., SRITHAR, K., **Desalination** 220 (2008) 687–693.

MOGHIMI, M., EMADI, M., AKBARPOOR, A. M., MOLLAEI, M., Energy and exergy investigation of a combined cooling, heating, power generation, and seawater desalination system, **Applied Thermal Engineering**, 140 (2018) 814-827.

NARAYANA R.L., RAJU V.R., Experimental study on performance of passive and active solar stills in Indian coastal climatic condition, **V. Front. Energy (2018)**. <https://doi.org/10.1007/s11708-018-0536-4>.

NASSEF, M. R. E., EL-ABD, Z. M., EL-TAWIL, Y. A., Study on the performance of solar still, **2nd International Conference on Energy Systems and Technologies**

18 – 21 Feb. 2013, Cairo, Egypt.

PANCHAL, N. H., SHAH, K. P., Investigation on solar stills having floating plates, Investigation on solar stills having floating plates, **Panchal and Shah International Journal of Energy and Environmental Engineering** 2012, 3:8.

PENG, P., Simple Solar Lighting and Power Facts – Solar Outside the Sun Belt, **Linkedin**, 2018, Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/simple-solar-lighting-power-facts-outside-sun-belt-peter/>. Acesso em: 11.10.2018.

SELVARAJ, K., NATARAJAN, A., Factors influencing the performance and productivity of solar stills – A review, **Desalination**, 435 (2018) 181-187.