

APERFEIÇOAMENTO E ANÁLISE TÉRMICA DE UM DESSALINIZADOR SOLAR COM COBERTURA PIRAMIDAL

Bruno Soares de Carvalho¹, Fabiana Karla de O. M. Varella Guerra².

Resumo: O acesso a água potável ainda é difícil para muitas famílias brasileiras, principalmente as do nordeste do país, que muitas vezes recorrem à água de poços tubulares que em sua maioria tem alta salinidade não sendo indicada para consumo humano. Uma técnica utilizada para tratamento de água salobra é a dessalinização solar, que é uma tecnologia acessível e de baixo custo. O presente trabalho tem como objetivo realizar melhorias em um dessalinizador solar já desenvolvido, com o intuito de aumentar sua eficiência e tornar viável a sua aplicação como uma alternativa ao tratamento de águas salobras de poços tubulares na região do semiárido Potiguar. Para aferir a eficiência do protótipo foram realizadas análises de parâmetros importantes, a saber, temperatura ambiente; temperatura da água destilada; temperatura da coberta e a radiação solar, onde o protótipo demonstrou desempenho satisfatório.

Palavras-chave: Dessalinização Solar, Água Salobra, Tratamento de Água, Eficiência.

1. INTRODUÇÃO

A escassez de água é um problema de grande impacto social e econômico. O chamado Polígono das secas (936.993 km²), demarca uma ampla região de clima árido e semiárido no Brasil, e nessas regiões as temperaturas médias ficam entre 23°C e 27°C e a pluviosidade varia entre 300 e 800 mm/ano, onde quase todo o nordeste está incluído. Os valores médios anuais das chuvas podem ocorrer em um só mês ou se distribuir de forma irregular nos 3 a 5 meses do período chuvoso [2], dessa forma dificultando o acesso da água doce à população dessas regiões. A distribuição hídrica brasileira não é uniforme, assim existem regiões com grande potencial de abastecimento e outras de escassez, e uma alternativa tradicionalmente utilizada para amenizar os efeitos da seca é a perfuração de poços.

No “Programa de Água Subterrânea para o Semiárido Brasileiro” [3] estima que existam por volta de 152 mil poços tubulares no nordeste. Porém segundo [4] os poços perfurados nessa região para captação de águas subterrâneas geralmente são de baixas vazões e altas salinidades. De acordo com [5] o consumo de água diretamente de rios, lagos, mares e reservatórios subterrâneos não é aconselhável, pois nessas águas existem uma concentração de sais e microrganismos em quantidades que podem ser prejudiciais ao ser humano. Sendo assim, existe uma necessidade de obtenção de água potável a partir de águas salobras e salgadas. Pode-se citar diversas tecnologias para a obtenção de água potável, a saber: osmose inversa, electrodialise, destilação multistágio e destilação solar. Destas tecnologias citadas o processo de dessalinização solar, é a única renovável e será o objeto de estudo desse artigo.

Segundo [6] a destilação solar tem-se configurado como uma tecnologia ecologicamente limpa, de simples implantação e manutenção, para a dessalinização de águas salobras e salgadas. [6] afirma que esses dispositivos que utilizam somente a energia solar tem baixo custo, quando comparado com outros métodos de dessalinização de águas salobras, sendo assim uma alternativa para melhorar os parâmetros de águas salobras e salgadas em regiões de escassez.

A dessalinização de água por destilador solar é um método simples, mas que tem resultados significativos na melhora dos parâmetros da água de forma economicamente viável. A destilação solar produz água com um grau de pureza elevado, superior às águas comerciais engarrafadas [7]. Um estudo realizado por [8] mostrou que a destilação solar elimina completamente todos os sais, metais pesados, bactérias e micróbios presentes em águas poluídas, assim também como a remoção de vários pesticidas, devido às altas temperaturas e à radiação ultra violeta. [9] afirmam que, diante da escassez de água potável na zona rural, o dessalinizador solar é uma alternativa a ser considerada.

Por todo o exposto, o presente trabalho tem como objetivo principal realizar melhorias em sistema de dessalinização solar desenvolvido por [1] visando maximizar a sua eficiência, com o intuito de aplicar essa tecnologia para tratamento de poços com alta salinidade.

2. Dessalinizador solar

A destilação solar de água não é uma técnica nova para transformar água salobra em potável. Em meados do século IV a.C. Aristóteles demonstra um método para transformar água imprópria ao consumo, através da evaporação e condensação, em água destilada própria para o consumo [10].

A primeira instalação de um sistema de dessalinização solar moderno foi desenvolvido em 1872 em Las Salinas- Chile pelo engenheiro Sueco Charles Wilson, para fornecer água potável para os animais. A unidade de dessalinização construída tinha 64 tanques de água salgada que absorvia a radiação solar, assim levando a água ao estado de vapor, e condensando em vitrais transparentes inclinados, sendo depois coletadas em tanques para uso posterior [5].

No Brasil, os primeiros protótipos de destiladores solares foram feitos em 1970, pelo Instituto Tecnológico da Aeronáutica- ITA [5]. Ao longo das décadas surgiram novos empreendimentos de dessalinização solar no país, com maior expressividade a partir dos anos 2000 com a necessidade da diversificação da matriz energética brasileira. Um exemplo de um desses empreendimentos foi no estado da Paraíba, onde foi realizada a implementação de um sistema de dessalinização solar em uma comunidade localizada no Município de Remígio, região do Curimataú Paraibano, que tinha por finalidade tratar a água do assentamento rural e assim possibilitar o acesso à água de qualidade a esse assentamento, através de uma tecnologia de baixo custo [11]

[12] desenvolveu um estudo de um dessalinizador solar convencional no município de Mossoró região do semiárido do Rio Grande do Norte. O protótipo desenvolvido tinha capacidade de armazenamento de 203 litros de água salobra, com cobertura simétrica com dois vitrais, o sistema obteve um rendimento médio de 20%.

Em 2018 [1] desenvolveu um protótipo de dessalinizador solar com cobertura piramidal de baixo custo, com capacidade de armazenamento de 3,75 litros de água salobra, com um rendimento médio de 19,62%.

Já em 2019 [13] desenvolveu um protótipo de dessalinizador solar convencional de baixo custo no Município de Natal-RN. O Protótipo desenvolvido tinha cobertura simétrica com dois vitrais, a eficiência média do protótipo foi de 33%. Foi analisada a influência da profundidade do protótipo, verificou-se que em menores profundidades o rendimento é maior.

2.1 Funcionamento de um dessalinizador solar

Os sistemas de dessalinização solar utilizam o mesmo conceito mudando apenas algumas características como a geometria e materiais. O princípio de funcionamento de um destilador solar pode ser entendido como uma simulação dos efeitos naturais do ciclo da água. O esquema geral de funcionamento de um destilador solar é representado pela Figura 1. Que tem como componentes: cobertura, que pode ser de vidro ou plástico, que permite a passagem da radiação solar até a água salobra, bem como posteriormente permitindo sua condensação; O reservatório de água salobra; e calha, que permite o escoamento da água destilada nas extremidades dos vitrais para o um reservatório externo.

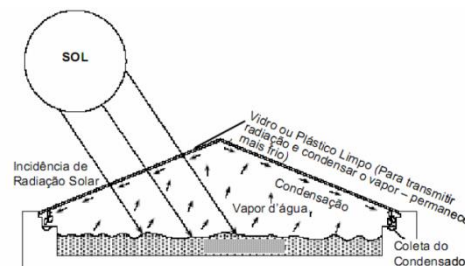


Figura 1: Esquema de um Destilador Solar. [16].

Os dessalinizadores solares funcionam utilizando um princípio básico de evaporação e condensação. A água salobra é colocada no tanque formando uma fina camada. Pode haver variação no tamanho e profundidade do tanque, e segundo [14] os reservatórios podem ter profundidades de 10 a 20 mm em reservatórios rasos podendo chegar a 100 mm ou mais em reservatórios profundos. [15] concluiu que a profundidade do reservatório tem grande influência no rendimento do dessalinizador, sendo profundidade e rendimento inversamente proporcionais. A radiação solar ultrapassa os vitrais chegando até à água que está no reservatório adicionando calor fazendo com que a mesma evapore, ao evaporar a água destilada adere na superfície dos vitrais e escoar até às calhas, e assim sendo armazenada para uso posterior.

Para realizar um projeto de construção ou otimização de um dessalinizador solar é de suma importância conhecer os materiais e as principais partes desse equipamento, para que assim se possa buscar maneiras de maximizar sua eficiência, através de novos arranjos de materiais e processos.

2.1.1 Tanque

O tanque é a parte do dessalinizador solar onde a água a ser tratada fica armazenada, e será nesse local para onde os raios solares serão direcionados. O tanque é uma das partes mais importantes do dessalinizador solar, sendo necessário analisar alguns pontos importantes para obter maior eficiência, Segundo [10] a seleção dos materiais para a confecção do tanque constitui um dos principais problemas na construção dos dessalinizadores solares. Ainda segundo [10] para se obter um melhor rendimento, o tanque deve ser aprova d'água e pintado de um cor escura, a superfície do material tem que ser lisa e anticorrosiva, já que está lidando com soluções salinas. O trabalho realizado por [5] mostra que quanto menor a profundidade do reservatório, mais rapidamente é o aumento da temperatura da água salobra. E segundo [10] a profundidade tem uma influencia no rendimento do dessalinizador tendo eficiência máxima entre 1,5 a 2,5 cm de profundidade. Que também é corroborado por [5] que mostra que a produção de destilado diminui com o aumento da profundidade do reservatório.

2.1.2 Cobertura

Após o tanque, a cobertura é a parte do dessalinizador mais importante , pois é através dela que os raios solares chegarão até a água no tanque, sendo essa parte do projeto bastante relevante para um bom desempenho do equipamento para [10] a escolha do material tem grande influência no rendimento do sistema, sendo o vidro temperado melhor indicado para esse fim. Além disso a espessura do vidro é um elemento a ser observado, e [5] verificou que uma cobertura com espessura de 3 mm consegue um acréscimo de 16,5% na produção em comparação com a espessura de 6 mm. Outro fator a ser observado é a inclinação, que segundo [5] o rendimento do sistema é máximo quando a inclinação dos vitrais corresponde à latitude do lugar onde esta instalada.

Muitos são os fatores que afetam o rendimento de um dessalinizador, muitos deles já foram destacados anteriormente, e além disso pode-se destacar algumas perdas decorrente da composição química do material, Segundo [10] cerca de 10% da radiação solar é refletida, além de perdas por convecção 12,2% e condução 16%, entre outras. Assim ainda segundo [10] a eficiência máxima de um dessalinizador solar não ultrapassa 60%, tendo seus valores ótimos na faixa 38% e 43%.

3. METODOLOGIA

3.1 Construção do dessalinizador

Após um estudo detalhado do protótipo desenvolvido por [1] onde foi analisado cada componente do protótipo e os materiais usados para sua confecção, também foram analisadas as características funcionais de cada componente, com o objetivo de encontrar pontos de possível melhoria no desempenho do sistema de dessalinização solar.

3.1.1 Tanque

O tanque como já falado anteriormente constitui-se uma das partes mais importantes de um dessalinizador solar, por isso será o primeiro objeto de análise. O reservatório desenvolvido por [1] tinha as seguintes características: área efetiva de dessalinização de 0,0576 m² e altura de 10 cm, totalizando um volume de 0,00576 m³, a matéria-prima utilizada foi o vidro comum 4 mm de espessura, com um isolamento de 1 cm de espessura, composto por isopor e lona preta. Pela análise de referencial já realizada, foram propostas algumas modificações para maximizar a eficiência do tanque, dessa maneira o tanque ficou configurado da seguinte forma: a área de dessalinização permaneceu inalterada 0,0576 m², e a profundidade do tanque passou a ser de 3 cm.



Figura 2 – Etapas de construção do tanque.

3.1.2 Cobertura

A cobertura é uma das partes essenciais de um dessalinizador solar, e como já mencionado existem algumas características para maximizar a eficiência, A cobertura por exemplo, desenvolvida no protótipo inicial [1], era uma cobertura piramidal, com uma angulação de 25° , Levando em consideração que o dessalinizador será utilizado no Nordeste, esse tipo de geometria tem um melhor aproveitamento [6]. Outra característica observada do protótipo de [1] foi que os raios solares incidiam sobre a calha de escoamento da água, o que resultava na evaporação da mesma antes de ser coletada no reservatório adequado, assim foi aplicada uma camada de fita espelhada, impedindo que os raios solares incidissem sobre a água dessalinizada. A distância da cobertura para a água no interior do reservatório também influencia na eficiência, e no protótipo inicial, desenvolvido por [1], essa distância era de 10 cm. Para se obter uma maior eficiência tal distância foi alterada para 5 cm, corroborando com [10] que afirma que a distância entre a cobertura e a água não deve ser superior à 5 cm. A Figura 2 mostra como é a estrutura da cobertura do protótipo.



Figura 3 - Cobertura piramidal antes e depois das modificações.

3.1.3 Isolamento térmico

O isolamento térmico tem uma função imprescindível para que um dessalinizador solar alcance um bom desempenho diminuindo a perda de calor para o ambiente. No protótipo inicial foram utilizados dois materiais com características distintas para confeccionar o isolamento do tanque, que foram, camadas de isopor 6 mm intercalado com papel alumínio. No caso, a composição foi de três camadas Isopor- Papel alumínio- Isopor, e o isopor foi utilizado com a finalidade de minimizar o máximo possível a perda de calor por contato, e o papel alumínio para impedir a perda de calor por radiação. Segundo [5] um aumento na espessura do isolamento é acompanhado com um aumento na temperatura da água do reservatório. Assim para maximizar a eficiência no isolamento, foram acrescentadas três camadas de Isopor intercalando com o papel alumínio.

Outro ponto importante a ser considerado, a respeito do isolamento refere-se ao compartimento de condensação do protótipo, para que exista uma máxima condensação é preciso que se tenha um gradiente de temperatura onde a água destilada escoe de uma região mais quente para uma mais fria. Assim, em relação a esse compartimento o mesmo foi revestido com uma camada de papelão 6 mm e com um material espelhado (fita adesiva espelhada), com o intuito de impedir que a radiação solar entre em contato com a água naquela parede de condensação. conforme ilustrado na Figura 3.



Figura 4 - Revestimento do reservatório com papelão 4 mm.



Figura 5 – Revestimento com fita adesiva espelhada.

As modificações foram feitas visando maximizar a eficiência do protótipo desenvolvido por [1], com base em protótipos já desenvolvidos, que foram discutidos no referencial teórico. A Figura 5 mostra o protótipo desenvolvido por [1] e o desenvolvido por esse artigo.



Figura 6 – Protótipo de dessalinizador solar antes e depois das modificações propostas.

3.2 Metodologia dos ensaios

Para visualizar todos os parâmetros necessários para aferir a variação de eficiência no protótipo, foram coletados dados a cada 1 hora, a partir das 9:00 horas até às 15:00 horas, durante 4 dias distintos, e o período de coleta dos dados foi do dia 19 á 21 de Junho e no dia 2 de Julho do ano de 2019. Os parâmetros medidos foram a temperatura externa da cobertura; a temperatura da água no tanque; a radiação solar; temperatura ambiente; e a velocidade do vento.

O sistema de dessalinização solar desenvolvido é um aperfeiçoamento do protótipo desenvolvido por [1], dessa maneira, os parâmetros medidos nesse trabalho foram semelhantes aos medidos pelo autor do referido trabalho.

Os ensaios foram realizados na Universidade Federal rural do semi-árido em Mossoró/RN, nas imediações do prédio Engenharias I, localizado no campus leste da referida instituição. O local foi escolhido de maneira que obtivesse uma melhor incidência solar durante todas as horas de pleno sol, e facilitasse a leitura dos dados *in loco*. Os equipamentos utilizados para medir os parâmetros foram um anemômetro; um termômetro a *laser*; um termômetro digital e um medidor de radiação solar. Os equipamentos foram cedidos pelo Laboratório de Engenharia Elétrica e Mecânica da UFERSA.

Para coletar os dados, seguia-se uma sequência, se iniciou medindo a temperatura ambiente, com o anemômetro na função temperatura, e em seguida foi medida a radiação solar com o auxílio do medidor de radiação solar, após isso, era medida a temperatura da cobertura, com o auxílio do termômetro a *laser*, e por fim foram medidas as temperaturas da água salobra no tanque, também com o anemômetro.

3.2.1 Eficiência

A eficiência de um dessalinizador solar é um dos parâmetros de maior relevância para sua viabilização, pois esse parâmetro mede a relação entre a quantidade de radiação solar que chega ate o equipamento e a quantidade destilada final. Para se ter uma mesma medida de comparação a equação de eficiência utilizada foi a mesma de [1], mostrada na Equação 1.

$$\eta = \frac{Q*2,3}{G*A} \quad (1)$$

Onde:

η = Eficiência do sistema de destilação

Q= Quantidade de água destilada ao final de um dia (Litros/Dia)

G= Média diária de energia acumulada total (MJ/m²)

A= Área útil do destilador (m²)

4. RESULTADOS

O primeiro dia de ensaio foi para analisar o comportamento do protótipo e possíveis melhorias que ainda não tivessem sido observadas. Após algumas horas de exposição do protótipo ao sol foi verificado que a condensação na cobertura ainda não era significativa, mesmo vedando a junção entre a coberta e o tanque como feito por [1]. Após analisar o funcionamento do protótipo, foi percebido que, existia uma grande incidência de raios solares na calha de condensação, que fazia com que a água não condensa-se, Para solucionar tal problema foi colocada uma manta refletora impedindo que os raios solares chegassem até à parede de condensação. A solução implantada mostrou-se satisfatória, aumentando a condensação. Foram utilizados para as análises de resultado os dados do dia 20/06/2019.

4.1 Temperaturas ambiente

Os dados das temperaturas ambiente estão expostos no gráfico da Figura 7, que ilustra a variação média de temperatura ao longo do dia de ensaio do dessalinizador solar.

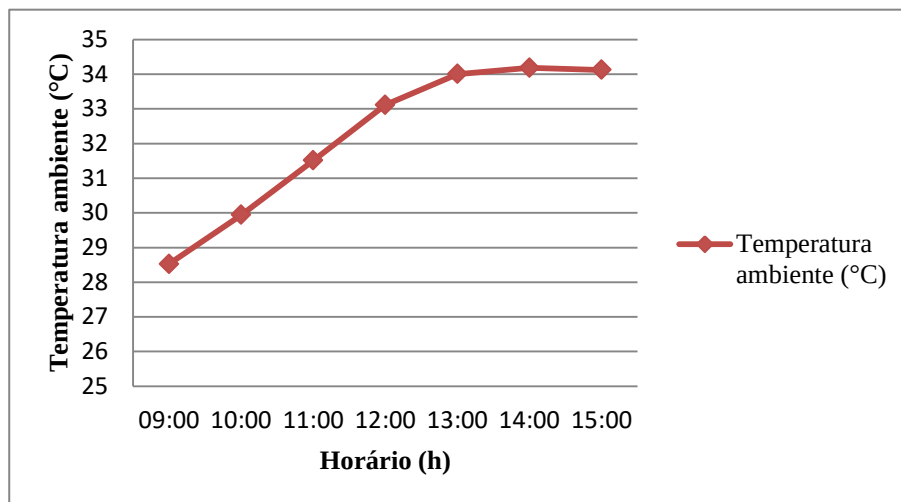


Figura 7: Temperatura ambiente ao longo do tempo.

Durante o experimento foi possível observar que as temperaturas não tiveram mudanças bruscas em seus valores, apresentando uma temperatura média de 32 °C favorável ao experimento [12].

4.2 Temperatura na superfície da cobertura

No gráfico da Figura 8 serão analisadas as temperaturas na superfície da cobertura do dessalinizador durante todo o período de experimentação do dia 20/06/2019.

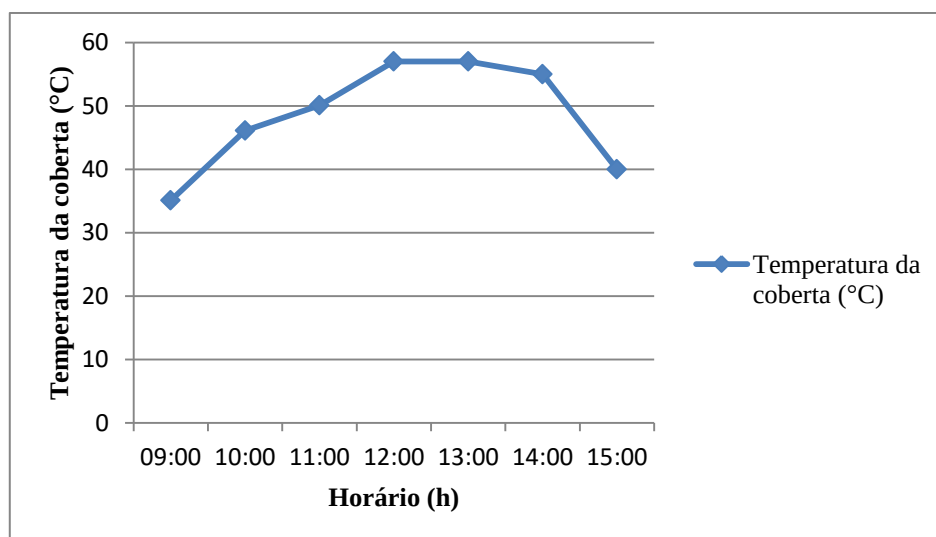


Figura 8: Temperatura da cobertura ao longo do tempo.

Através da Figura 8, pode-se analisar que no decorrer do experimento a cobertura do protótipo absorveu calor, aumentando assim a sua temperatura média, atingindo uma temperatura média de 48,6 °C, o que é satisfatório, mostrando assim sua capacidade de absorver a energia proveniente do sol. Outro ponto a ser destacado é que das 9:00 horas até às 12:00 horas a temperatura aumentou e a partir das 12:00 horas até às 14:00 horas a temperatura ficou praticamente constante, isso mostra que o material da cobertura atingiu um valor limite de temperatura.

4.3 Radiação solar

A Figura 9 mostra a quantidade de radiação média incidente sobre o protótipo de dessalinizador solar, e esse parâmetro é de suma importância, sendo a radiação a responsável por transferir calor para a água salobra.

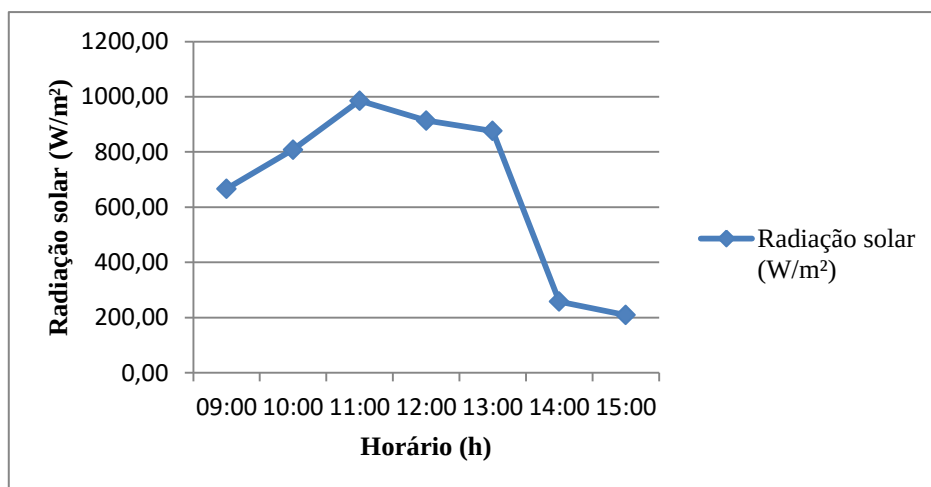


Figura 9: Irradiação solar ao longo do tempo.

A Figura 9 mostra que até às 12:00 horas a incidência de radiação solar tem um comportamento crescente, apresentando valores menores logo depois. É válido resaltar que durante o ensaio, por muitas vezes, houve excesso de nebulosidade na região, o que ocasionou uma maior variação da radiação entre às 13:00 horas e às 14:00 horas, mesmo com períodos de nebulosidade foi obtido valores satisfatórios de radiação solar, para o funcionamento adequado do dessalinizador solar. Ao final do período analisado, ou seja do dia 20/06/2019, foi calculada uma incidência de radiação média de 673,99 W/m².

4.4 Temperatura da água salobra

Um parâmetro importante a ser analisado é a temperatura da água salobra no interior do reservatório, pois ela relaciona a capacidade do protótipo de transformar a radiação recebida, no aquecimento da água salobra. A Figura 10 mostra a variação da temperatura da água salobra no decorrer do dia 20/06/2019.

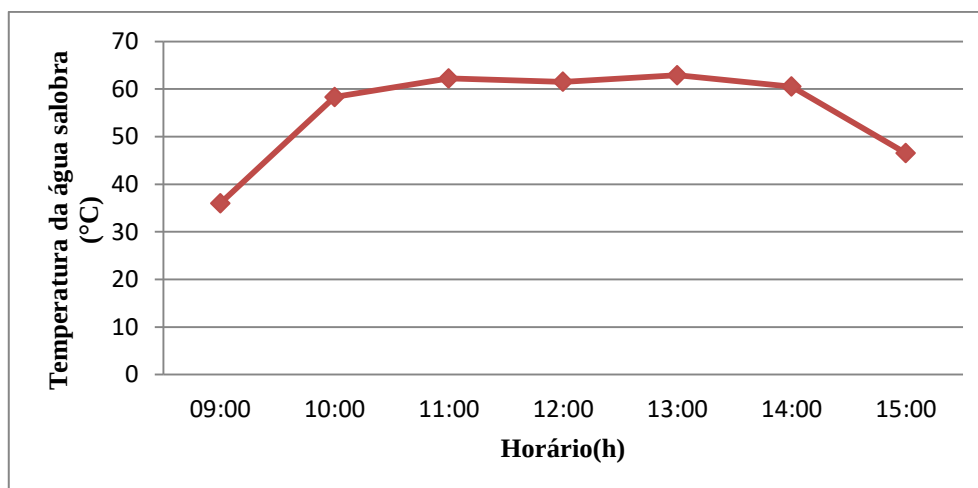


Figura 10- Temperatura da água salobra no reservatório.

Uma das funções principais do tanque é a de manter a temperatura da água salobra, ou seja impedir que haja perda de calor para o ambiente, e a Figura 11 mostra que a temperatura no tanque do protótipo a partir das 10:00 horas permanece praticamente constante até o final do ensaio do dia 20/06/2019, o que proporciona um rendimento maior para o sistema. Como medida de comparação, a Figura 8 mostra o

desempenho térmico entre o protótipo desenvolvido por [1], que realizou seus ensaios do dia 14 à 23 de agosto de 2018, e o desenvolvido por esse artigo.

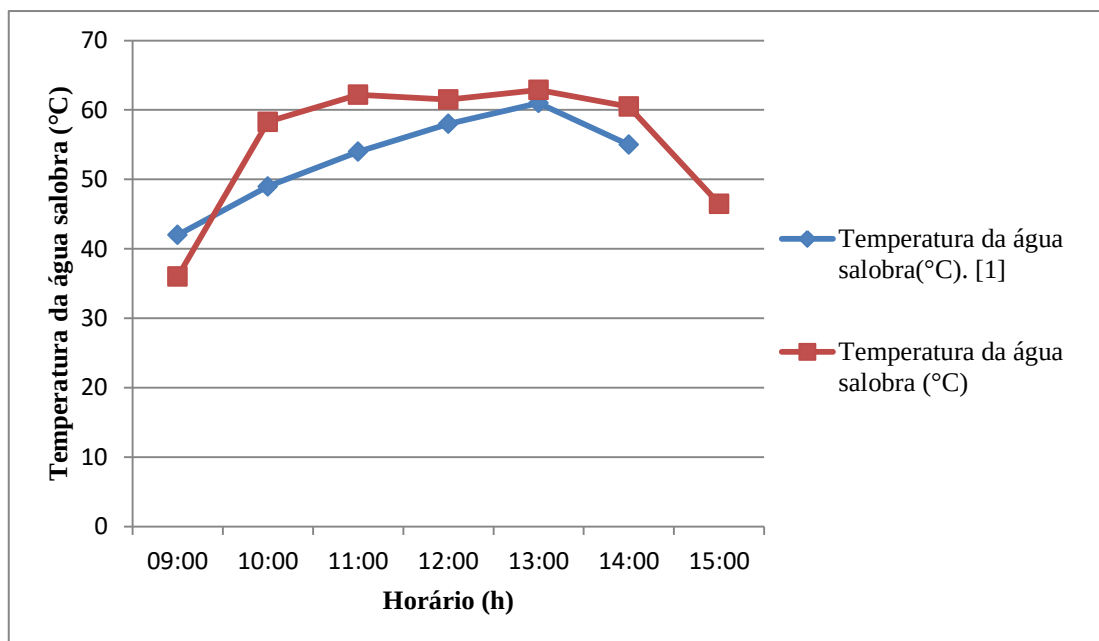


Figura 11- Comparação entre as temperaturas da água salobra no reservatório ao longo do tempo.

Através da Figura 11 é possível verificar que a temperatura do reservatório do protótipo desenvolvido por [1] tem um comportamento crescente atingindo seu máximo às 13:00 horas, enquanto a temperatura do protótipo desenvolvido nesse artigo atinge a mesma temperatura às 10:00 horas da manhã, permanecendo constante até às 14:00 horas, mostrando assim uma capacidade maior de reter o calor no sistema. Os ensaios feitos por [1] ocorreram em um período de 8 horas, iniciando às 8 horas da manhã e encerrando às 14 horas. Foi observado que o local onde os ensaios foram realizados ao lado do Predio Engenharias I, na UFERSA- Mossoró, a incidência de raios solares são significativas a partir das 9 horas da manhã, seguindo até às 15 horas, por esse motivo os ensaios foram realizados no período das 9:00 horas até às 15:00 do dia 20/06/2019.

4.2 Rendimento

Todas as partes do protótipo foram desenvolvidas visando alcançar o rendimento máximo possível, e [12] conceitua rendimento como a quantidade de água destilada produzida pelo sistema ao longo do período de análise. Dessa maneira, o rendimento está ligado intrinsecamente ao modo de construção do protótipo, aos materiais utilizados e aos fatores climáticos. O ensaio foi realizado no dia 20/06/2019, onde foi adicionado ao tanque do dessalinizador solar 500 ml de água salobra, tendo um resultado final de 110 ml de água dessalinizada.

4.2.1 Eficiência

A eficiência como já foi definida anteriormente pode ser calculada pela Equação 1, e para atingir a eficiência total tem-se que, a quantidade de água deslitada coletada após as 6 horas de ensaio (Q) foi de 110 ml ou 0,11L. A radiação solar total média coletada (G) foi de 673,99 W/m² que equivale à 16,98 MJ/m², a área útil (A) que é de 0,042 m². Aplicando os valores coletados no protótipo na Equação 1, o dessalinizador solar apresentou uma eficiência de 36%. Em relação ao protótipo desenvolvido por [1], obteve-se um acréscimo de algo em torno de 16%, o que mostra que efetivamente as modificações realizadas foram relevantes e positivas, tendo o sistema aqui proposto uma melhor eficiência.

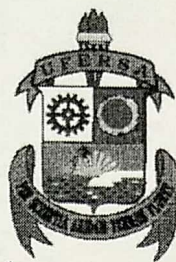
5.CONCLUSÃO

A cidade de Mossoró no estado do Rio Grande do Norte, que esta situada no nordeste Brasileiro, tem elevados níveis de radiação solar durante todo o ano, mesmo a cidade tendo períodos de grande nebulosidade as condições são propícias para o funcionamento do dessalinizador solar proposto. O equipamento demonstrou bom desempenho nessas condições, obtendo resultados significativos ao final dos ensaios.

O sistema de dessalinização solar proposto obteve rendimentos de aproximadamente 36%, que se mostrou positivo se comparado à outros prototipos desenvolvidos na mesma região, o que mostra sua viabilidade de implantação , sendo assim uma alternativa para o tratamento de água salobra. Mesmo diante dos resultados obtidos não se pode inferir nada sobre a qualidade da água, já que as análises físico-químicas não foram possíveis de serem realizadas. Dessa maneira, sugere-se para trabalhos futuros verifiquem as características físico-químicas da água e outros ensaios como o microbiológico, para aferir potabilidade à água destilada proveniente do sistema. Por tanto, as modificações implementadas no protótipo desenvolvido por [1] se mostraram satisfatórias tendo um aumento considerável de eficiência.

REFERÊNCIAS

- [1] OLIVEIRA, Paulo Vinícius de Souza. Desenvolvimento de um destilador solar portátil com aplicação em comunidades rurais no Rio Grande do Norte. 2018. 12f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal Rural do Semi-árido, Mossoró – RN, 2018.
- [2] REBOUÇAS, A.C. 1998. Desenvolvimento das águas subterrâneas no Brasil. In: X Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. ABAS. São Paulo. (CDROM).
- [3] CPRM –SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. 2016. Relatório anual – Diretrizes Programáticas. 236 p.
- [4] SANTOS, C.B.; LEAL, L.R.B.; LUZ, J.A.G.; MELLO, J.C. Caracterização do impacto na qualidade das águas subterrâneas causado pela disposição dos resíduos sólidos urbanos no aterro municipal da cidade de Feira de Santana – BA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 13., Cuiabá, 2004. Cuiabá: ABAS, 2004. CD-ROM.
- [5] JORGE, Bruno Miguel Jacinto. *Simulação de Processos de destilação solar de água salgada*. 2011. 118 f. Dissertação de Mestrado – Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2011.
- [6] LOPES, Joaquim Teixeira. *Dimensionamento e análise térmica de um dessalinizador solar tipo bacia com cobertura assimétrica*. 2013. 188f. Dissertação de doutorado – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia – MG, 2013.
- [7] Foster, R. E., & Amos, W. (2005, August). Ten years of solar distillation application along the U.S.-Mexico border. Solar world congress.
- [8] Mota, S., & Andrade, M. A. N. (1986). Uso da Destilação Solar no Tratamento de Águas Contaminadas por Microrganismos. Aplicações às Pequenas Comunidade. Revista Tecnologia.
- [9] CICOLELLA, Chinappi; CARRIZO, Italia Jerez; CRIRINOS, Jesus Rosales. Destilador de água solar: alternativa para potabilizar água em zonas rurales eteterminación de costos. Revista SABER – ULA. Venezuela. 2009.
- [10] MALUF, A. P. *Destiladores solares no Brasil*. Monografia do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras do curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Fontes Alternativas de Energia. UFLA, Minas Gerais, 2005.
- [11] MARINHO, Francisco José Loureiro. Et al. Dessalinizador solar associado a coletor de águas de chuva para fornecer água potável. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL SUSTENTAVEL, 15f, 2015, Goiânia. Enciclopédia Biosfera. Goiânia, 2015; p. 68.
- [12] SILVEIRA, Maria Teresa Targino Macedo. Análise da aplicabilidade e desempenho térmico de um destiladorsolar em Mossoró-rn. 2014. 68 f. TCC (Graduação) – Curso de Ciência e Tecnologia, UFERSA, Mossoró, 2014.
- [13] HOLANDA, Athayas Magalhães. Análise do Projeto de um Destilador Solar Caseiro. 2019. 50 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Mecânica, UFRN, Natal, 2019.
- [14] Duffie, J., & Beckman, W. (1991). Solar Engineering of Thermal Processes (2.^a ed.). New York: John Wiley and Sons.
- [15] Tiwari, A. K., & Tiwari, G. N. (2007). Thermal Modeling Based on Solar Fraction and Experimental Study of the Annual and Seasonal Performance of a Single Slope Passive Solar Still: The Effect of Water Depths. Desalination, 207, 184-204.
- [16] BUROS, O. K.; et al. The USAID desalination manual. , Washington, D.C, Agency for international development 1980.



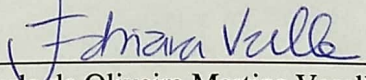
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS - CCEN

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

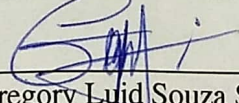
Às **09:30h** do dia 12 de agosto de 2019, no Laboratório de Energias Renováveis (LENERG), Campus Leste da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, sede em Mossoró/RN, reuniu-se a Banca Examinadora de defesa de trabalho de conclusão de curso de autoria do aluno **BRUNO SOARES DE CARVALHO**, aluno do curso de Bacharelado em Ciência e Tecnologia desta Universidade, N° de matrícula **2015010901**, com o título "**APERFEIÇOAMENTO E ANÁLISE TÉRMICA DE UM DESSALINIZADOR SOLAR COM COBERTURA PIRAMIDAL**". A banca examinadora ficou assim constituída por três membros: Prof^a. Dr^a. Fabiana Karla de Oliveira Martins Varella Guerra, presidente da banca e orientadora do trabalho de conclusão de curso, Ms Gregory Luid Souza Santiago e Engenheiro eletricitista Sanderson Aron Moura Gurgel Sinedino de Oliveira, como membros. Concluída a defesa, procedeu-se o julgamento pelos membros da banca examinadora, em reunião fechada, tendo o aluno obtido as seguintes notas: 9,0 ; 9,5 ; 9,5 . Apuradas as notas, verificou-se que o aluno foi **APROVADO** com média geral 9,3 . E para constar, eu, Fabiana Karla de Oliveira Martins Varella Guerra, lavrei a presente ata que, após lida e aprovada pelos membros da banca examinadora, será assinada por todos.

Mossoró, 12 de Agosto de 2019.

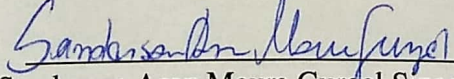
Assinatura dos membros da Banca Examinadora.



Prof^a. Dr^a. Fabiana Karla de Oliveira Martins Varella Guerra - UFERSA
Presidente e orientadora



Ms. Gregory Luid Souza Santiago
Primeiro Membro



Eng. Sanderson Aron Moura Gurgel Sinedino de Oliveira
Segundo Membro