



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIDADE ACADÊMICA DE SERRA TALHADA
CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA

PROPOSTA DE DESSALINIZADOR SOLAR HÍBRIDO

EDUARDO FONSECA DE AQUINO

SERRA TALHADA

2019



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIDADE ACADÊMICA DE SERRA TALHADA
CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA

EDUARDO FONSÊCA DE AQUINO

PROPOSTA DE DESSALINIZADOR SOLAR HÍBRIDO

Monografia apresentada ao Curso de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito básico para conclusão do Curso de Agronomia.

Orientador

Carlos Alberto Teixeira

SERRA TALHADA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A657p

Aquino, Eduardo Fonsêca de

Proposta de dessalinizador solar híbrido / Eduardo Fonsêca de Aquino. - 2019.
43 f. : il.

Orientador: Carlos Alberto Teixeira.
Inclui referências e anexo(s).

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em
Agronomia, Serra Talhada, 2019.

1. Água dessalinizada. 2. Concentrador solar. 3. Dessalinizador solar. 4. Tecnologia social. I. Teixeira, Carlos
Alberto, orient. II. Título

CDD 630

EDUARDO FONSÊCA DE AQUINO

PROPOSTA DE DESSALINIZADOR SOLAR HÍBRIDO

Monografia apresentada ao Curso de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito básico para conclusão do Curso de Agronomia.

APROVADA em _____ de _____ de _____

Raquele Mendes de Lira

(UFRPE/UAST)

Alan César Bezerra

-- (UFRPE/UAST)

Carlos Alberto Teixeira

(Orientador)

SERRA TALHADA

2019

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, pois sem Ele nada disto teria sido possível.

Também dedico este trabalho à minha família, a Edrisio Pereira de Aquino (Pai), Edilene Fonsêca Pereira (Mãe) e Eduarda Stefany Fonsêca de Aquino (Irmã) e aos demais parentes pelo apoio e suporte dados à minha pessoa.

Dedico também ao Prof. Dr. Carlos Alberto Teixeira, por ter me dado todo o suporte necessário para a produção deste trabalho e por ter me orientado e ensinado durante todo o tempo em que foi meu orientador.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a instituição UFRPE/UAST, a coordenação do Curso de Agronomia da UAST e a todos os professores do curso de Bacharelado em Agronomia pelo apoio e pela dedicação na construção conjunta dos conhecimentos necessários para a minha formação.

Agradeço a Edrisio Pereira de Aquino (Pai), Edilene Fonsêca Pereira (Mãe) e Eduarda Stefany Fonsêca de Aquino (Irmã), pois são minha família e os responsáveis pela minha formação enquanto pessoa e aos demais parentes pelo apoio e suporte dados à minha pessoa.

Agradeço a Prof^a Dr^a. Raquele Mendes de Lira e ao Prof. Me. Alan César Bezerra por terem aceitado fazer parte da banca responsável por avaliar este trabalho.

Agradeço ao Prof. Dr. Carlos Alberto Teixeira e sua família por todo o apoio que foi me dado, por ter aceitado ser meu orientador e por ter me dado todo o apoio necessário durante o decorrer do tempo em que trabalhamos juntos.

Agradeço ao Prof. Dr. Walter Santos Evangelista Junior e sua família pelo apoio me dado durante o curso.

A Prefeitura Municipal de Serra Talhada e sua equipe da Secretaria de Agricultura pela parceria na construção do dessalinizador híbrido e da cessão da propriedade para teste do equipamento.

A empresa Bandeirantes de Serra Talhada pela doação dos espelhos para confecção do concentrador solar.

A José Ivanildo Barbosa dos Santos por ter construído a estrutura metálica do dessalinizador solar, realizando os serviços de corte e solda metálica.

A todas as pessoas que ajudaram diretamente ou indiretamente na condução deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	viii
RESUMO.....	ix
ABSTRACT	x
1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVO	13
3 REFERENCIAL TEÓRICO	14
4 METODOLOGIA.....	20
5 RESULTADOS	23
6 DISCUSSÃO	26
7 CONCLUSÃO.....	28
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29
9 ANEXOS	33

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de funcionamento do destilador solar.....	15
Figura 2. Dessalinizador solar plano – vista frontal.....	22
Figura 3. Dessalinizador solar plano – vista lateral.....	22
Figura 4. Concentrador solar de disco parabólico construído.....	23
Figura 5. Dessalinizador solar plano construído.....	23
Figura 6. Montagem do dessalinizador solar híbrido.....	24
Figura 7. Corte dos espelhos reciclados.....	33
Figura 8. Aplicação de cola fixa espelho.....	33
Figura 9. Fixação dos espelhos na antena parabólica.....	34
Figura 10. Equipe fixando os espelhos na antena parabólica.....	34
Figura 11. Equipe fixando os espelhos na antena parabólica.....	35
Figura 12. Concentrador solar pronto.....	35
Figura 13. Início da montagem da base do dessalinizador solar plano.....	36
Figura 14. Continuação do processo de construção do dessalinizador solar plano.....	36
Figura 15. Base do dessalinizador solar plano concluída.....	37
Figura 16. Equipe realizando a conferência das medidas das ferragens.....	37
Figura 17. Processo de solda das ferragens.....	38
Figura 18. Estrutura do dessalinizador solar plano pronto.....	38
Figura 19. Estrutura do dessalinizador solar plano pronta.....	39
Figura 20. Estrutura do dessalinizador solar plano pronta.....	39
Figura 21. Estrutura do dessalinizador solar plano pronta.....	40

RESUMO

AQUINO, Eduardo Fonsêca de. Desenvolvimento e Construção de um dessalinizador solar híbrido. 2019. 43 p. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil. ¹

A região Nordeste do Brasil possui características edafoclimáticas bem distintas quando comparada a outras regiões do país, pois possui clima seco e o solo se caracteriza por ser raso e as vezes com grande quantidade de sais. Devido a estas características, a água oriunda das precipitações quando infiltra no solo leva consigo os sais presentes nas camadas superficiais, aumentando a concentração de sais na água que percola a níveis prejudiciais para a saúde humana e animal. Os poços da região possuem água salina devido a estas características e com isso se faz necessário a adoção de práticas que possam melhorar a qualidade da água, removendo as impurezas, microrganismos e os sais presentes na água. A dessalinização solar é uma tecnologia simples e de fácil replicação e que em estudos se constatou que melhora a qualidade das águas salinas com impurezas e/ou microrganismos. Esta tecnologia quando usada junto com o concentrador solar, faz com que se tenha um ganho de rendimento do sistema de dessalinização, devido ao concentrador refletir a radiação solar e concentrar os raios solares na base do dessalinizador aumentando assim a produção de água dessalinizada. O concentrador solar híbrido também é uma tecnologia de fácil replicação e que pode ser construído até mesmo com materiais recicláveis como espelhos e antena parabólica, sendo assim uma tecnologia acessível e simples. Neste trabalho foi desenvolvido e construído um dessalinizador solar plano de área 1,7 m² e um concentrador solar de 1,7 m de diâmetro e que foram instalados na zona rural no assentamento Poldrinhos no município de Serra Talhada/Pernambuco. Utilizou-se espelhos e antena parabólica reciclados e entre outros materiais, resultando em um gasto final de R\$ 1149,24. A utilização de dessalinizadores solares híbridos aumentará a produção de água dessalinizada em relação ao dessalinizador solar plano.

Palavras-chaves: Água dessalinizada, concentrador solar, dessalinizador solar.

¹ Comitê Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Teixeira – Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRP), Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UAST).

ABSTRACT

AQUINO, Eduardo Fonsêca de. Development and Construction of a hybrid solar desalination plant. 2019. 43 p. Monograph (Graduation in Agronomy) - Federal Rural University of Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brazil.¹

The Northeast region of Brazil has very distinct edaphoclimatic characteristics when compared to other regions of the country, because it has dry climate and the soil is characterized by being shallow and sometimes with large amount of salts. Because of these characteristics, water from precipitation when infiltrates the soil carries the salts present in the superficial layers, increasing the concentration of salts in water that percolates to levels harmful to human and animal health. The wells in the region have saline water because of those characteristics, it is therefore necessary to adopt practices that can improve water quality, removing impurities, microorganisms, and salts present in the water. The solar desalination is a simple and easily replicated technology and studies have shown that it improves the quality of saline waters with impurities and / or microorganisms. This technology when used in conjunction with the solar concentrator, makes a gain in desalination system yield, because of the concentrator reflect solar radiation and concentrates the sun's rays on the desalination base, thus increasing the production of desalinated water. The Hybrid solar concentrator is also an easily replicable technology and can be built even with recyclable materials like mirrors and satellite dish, thus being an accessible and simple technology. In this work was developed and construction a 1.7 m² solar desalination area and a 1.7 m diameter solar concentrator and were installed in the rural area in the Poldrinhos settlement in the municipality of Serra Talhada / Pernambuco. Used mirrosand satellite dish and among other materials, resulting in an expense of R\$ 1149.24. The use of hybrid solar desalination will increase the production of desalinated water compared to the flat solar desalination.

Key words: Desalinated water, solar concentrator, solar desalination.

¹ Guiding Committee: Dr. Carlos Alberto Teixeira - Federal Rural University of Pernambuco (UFRPE), Serra Talhada Academic Unit (UAST).

1 INTRODUÇÃO

Com o agravamento da crise hídrica na região nordeste e principalmente na região semiárida de Pernambuco, em decorrência de sete anos seguidos com baixos índices pluviométricos, estratégias de utilização de água salina devem ser ainda mais utilizadas para melhor aproveitamento dos recursos hídricos existentes na região. Normalmente a água das propriedades apresenta uma grande quantidade de sais que impossibilita sua utilização para consumo humano e quando é servida para os animais pode reduzir sua produtividade e desenvolvimento (AQUINO et al., 2018).

O semiárido brasileiro apresenta baixa disponibilidade hídrica devido a vários fatores, tais como: (i) baixos índices de precipitação pluviométrica, (ii) período chuvoso irregular, (iii) presença de anos ou sequência de anos com índices de precipitação abaixo da média histórica, e (iv) elevados níveis de salinidade em grande parte dos solos e das águas (MARINHO et al., 2015).

A existência de solos rasos (cerca de 0,60 m) e com embasamento cristalino (presente nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, norte da Bahia e leste do Piauí), a alta evaporação e um regime de precipitações caracterizado pela alta variabilidade espaço-temporal resultam em déficit no balanço hídrico para quase todos os meses do ano no nordeste brasileiro, o que significa dizer que em muitos meses a vazão que escoar nos rios pode ser considerada nula (BRASIL, 2012).

Há ainda grandes perdas de volume de água por conta das irregularidades de chuvas combinadas aos altos valores de temperaturas e os elevados índices de evaporação. Quanto aos mananciais que se apresentam no subsolo, embora não sofram com o processo de evaporação direta ainda estão sujeitos a salinização a partir do intemperismo de rochas (DINIZ et al., 2017).

A condutividade elétrica é um parâmetro de qualidade da água que mede a capacidade que a mesma tem de conduzir uma corrente elétrica e é um dos parâmetros que indicam sua salinidade. Quanto maior a condutividade elétrica maior será a salinidade. Nos cursos d'água no território nordestino, esta condutividade elétrica é proveniente dos íons ou cátions presentes nas partículas do solo, em maior ou menor intensidade, de acordo com o tipo de solo, para as águas produzidas pelo escoamento oriundo das chuvas (BRASIL, 2012).

Os sais, quando em altos níveis, contaminam os recursos hídricos, fazendo com que os mesmos fiquem impróprios para o consumo humano. Dessa forma, muitos dos recursos hídricos disponíveis, especialmente no Semiárido Brasileiro, estão impróprios para o consumo humano de muitas famílias que convivem com a escassez de água. Assim, a dessalinização das águas passa a ser não só uma opção, mas também uma necessidade (SILVA et al., 2016).

Há diversas tecnologias disponíveis para obtenção de água potável, a partir de águas salgadas, como: osmose reversa, eletrodialise, destilação flash multi-estágio, destilação multiefeito e a destilação solar (FARIA et al., 2015).

A obtenção de água potável por osmose reversa pode ser obtida pelo uso de dessalinizadores que proporcionam substancial melhoria na qualidade da água, mas causam sérios problemas ambientais, devido ao elevado volume de água salina de descarte ou rejeito advinda do processo de dessalinização, ou seja, cerca de 50% da vazão da água retirada dos mananciais e com salinidade ainda maior, pela concentração dos sais durante o processo de filtração. Os custos de implantação e principalmente de manutenção destes equipamentos também são elevados (MARINHO et al., 2012).

A dessalinização por destilação solar não gera poluição e é eficaz no tratamento de águas, sendo uma solução integrada tanto para a falta de água potável quanto para os problemas energéticos e ambientais existentes (FARIA et. al., 2015).

A destilação é um processo de separação de misturas homogêneas caracterizado por uma dupla mudança de estado físico. Inicialmente, a substância em estado líquido é aquecida até atingir a temperatura de ebulição tornando-se vapor. Então, ela é captada e resfriada novamente, voltando ao estado líquido. São geralmente utilizado para purificação de substâncias e para a fabricação de essências e óleos (PRADO, 2015).

A desinfecção de águas é um processo de tratamento que consiste na inativação dos microorganismos patogênicos, tais como, bactérias, vírus entre outros, que pode ser realizado por intermédio de agentes físicos e ou químicos. Existem muitos meios para promover a desinfecção das águas, tais como: cloro; ozônio; dióxido de cloro; radiação ultravioleta; iodo; sais de prata entre outros, mas estes meios exigem altos custos econômicos e por isso não são tão difundidos (SILVA et al., 2016).

Mota e Andrade (1986) apud Faria et al. (2015) mostraram que a destilação solar elimina completamente sais, metais pesados, bactérias e micróbios presentes em águas

poluídas, além da remoção bem sucedida de diversos pesticidas, por conta da exposição à radiação ultravioleta e altas temperaturas.

Os coletores solares são tipos especiais de trocadores de calor que transformam a energia da radiação solar em energia térmica em um meio, geralmente água, propilenoglicol ou ar. O principal componente de qualquer sistema solar para aquecimento de água é o coletor solar. Este é um dispositivo que absorve a radiação solar recebida, converte-a em calor, transferindo-a para um fluido (normalmente ar ou água) que flui através do coletor (VOROBIEFF, 2008).

Existem basicamente dois tipos de coletores solares: com e sem concentradores fixos e os concentrados com e sem rastreamento. Os coletores sem concentradores têm a mesma área de intercepção e de absorção de radiação solar, enquanto os concentradores solares têm normalmente superfícies côncavas refletoras para interceptar o feixe de radiações do Sol e focá-las em uma menor área, aumentando assim, o fluxo de radiação solar (VOROBIEFF, 2008).

Mediante as vantagens da destilação solar plano e dos concentradores solares, este trabalho tem a proposta objetivou unir estas duas tecnologias para produção de água potável a partir de água salina, formando então um conjunto híbrido com a finalidade de aumentar a eficiência no processo de destilação.

O concentrador solar utilizado será do tipo parabólico e o mesmo vai concentrar a energia solar na parte inferior do dessalinizador enquanto a radiação solar direta fornecerá energia para dessalinização na parte superior deste equipamento. Este dessalinizador solar híbrido terá um papel importantíssimo como ferramenta tecnológica e social na vida das pessoas da região semiárida.

2 OBJETIVO

Este trabalho tem por objetivo geral propor uma proposta de projeto de dessalinizador solar híbrido. Os objetivos específicos são: (i) dimensionar um dessalinizador solar híbrido; (ii) construir um protótipo do dessalinizador solar híbrido; e (iii) realizar a análise de custo do dessalinizador híbrido.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Parâmetros da água potável

Uma das necessidades básicas para a sobrevivência de um ser humano é a ingestão de água potável, na base de um a dois litros por dia. Mas, em muitas partes do planeta a única água disponível é salobra (de um a dez gramas de sais por litro) ou salgada (com mais de 10 gramas de sais por litro). Já a água do mar tem uma concentração típica de sais de 35g por litro (dos quais 28g são cloreto de sódio, ou sal comum de cozinha) (MALUF, 2005).

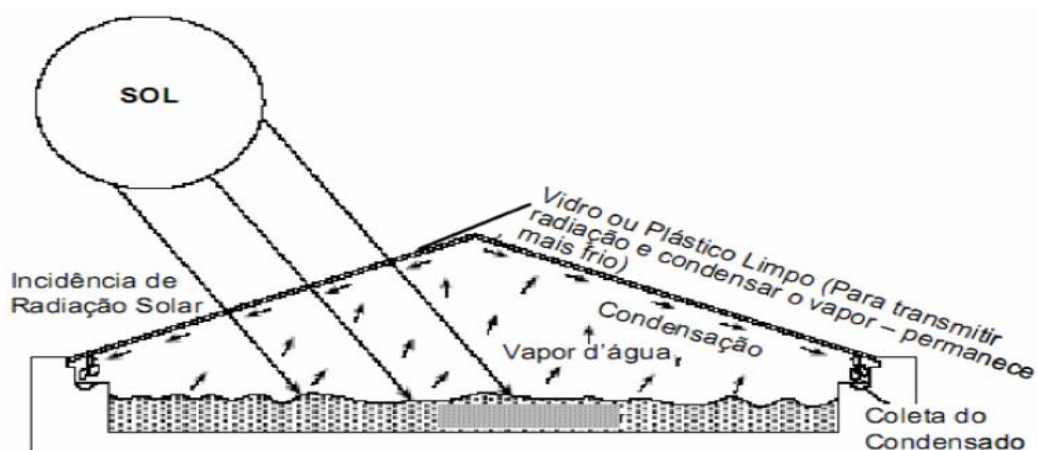
Para suprir a necessidade de água potável, faz-se necessário o emprego de alguma tecnologia para tratar a água, de forma que reduza a níveis aceitáveis as substâncias químicas dissolvidas e os agentes biológicos que representam risco à saúde humana. Haja visto o efeito desejado, uma alternativa pertinente 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 (VIANA et al., 2018).

A energia solar representa um dos maiores potenciais energéticos do planeta, porém ainda é muito pouco explorado quando se considera sua aplicação no Brasil. O potencial energético da radiação solar é imensamente significativo, situando-se entre 5.700 e 6.100 Wh.m⁻² ao longo de todo o ano sendo a maior média do Brasil a da região Nordeste (HANSEN et al., 2010).

Dessalinizador Solar

O evaporador solar (pode ser chamado de destilador ou dessalinizador solar) de efeito simples é coberto por um ou dois vidros inclinados contendo: um depósito de água salobra, sistemas de controles de nível de água, calhas para captação de água destilada e isolamento térmico da estrutura (PADRO, 2011).

O processo térmico de dessalinização solar corresponde ao processo natural do ciclo da água, ou seja, a água salgada aquece, evapora, condensa e precipita sob a forma de água potável. Para que ocorra a evaporação da água, é necessário atingir-se temperatura adequada em relação à temperatura ambiental e, ao mesmo tempo, assegurar uma grande quantidade de energia para manter o processo (LUNA, 2016).



Autor: (BUROS et al., 1980)

Figura 1. Esquema de funcionamento do destilador solar.

Esse equipamento, chamado de dessalinizador solar (em algumas literaturas pode ser chamado de destilador solar), consiste em um tanque raso com um tampo de vidro transparente, formando um volume estanque. A radiação solar atravessa o vidro e aquece a água, aumentando sua taxa de evaporação. O vapor d'água sobe, condensa em contato com o vidro mais frio, e a água destilada escorre até ser capturada por uma canaleta, deixando para trás os sais, outros minerais e a maioria das impurezas, incluindo microorganismos nocivos à saúde (MALUF, 2005). A Figura 1 mostra o esquema representativo de um dessalinizador solar (BUROS et al., 1980).

O vidro comum tem elevada transparência para a radiação solar, no entanto, é opaco para a radiação térmica emitida pela água no interior do dessalinizador. A água, ao evaporar, deixa sais e impurezas no fundo do recipiente (LUNA, 2016).

Viana et al. (2018) relata em seu trabalho que a espessura do vidro proporciona uma influência direta quando relacionado com incidência, refração e retenção de parte dos raios solares. Ele usou vidros de espessura de 3 mm para garantir uma melhor eficiência no seu dessalinizador solar. Maluf (2005) ressalta que no caso do Brasil por conta do custo, o vidro comum de 3 a 4 mm de espessura deverá ser a melhor escolha.

Para que o dessalinizador solar funcione 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 (VIANA et al., 2018).

Maluf (2005) em seu trabalho expõe que a vedação do dessalinizador com vedadores ou selantes deve ser bem feita para garantir que o ar quente fique preso dentro

da estrutura e para evitar a entrada de água da chuva e de microrganismos na água destilada, além disto, eles garantem a fixação dos vidros na estrutura e absorvem as diferentes expansões dos materiais. O autor relata que o silicone moldado *in loco* é a melhor escolha e que pode durar de cinco a quinze anos de exposição.

Encanamentos são necessários para a alimentação de água no sistema, drenagem e transporte da água destilada para o reservatório final. O aço inoxidável é o material preferido, apesar do PVC ser tolerável (gera um gosto ruim na água durante as primeiras semanas). Latão, ferro galvanizado e cobre podem ser usados no sistema de alimentação, mas não no de saída de água destilada (MALUF, 2005).

A alimentação dos destiladores solares é feita de uma maneira diária, de uma vez, ou antes de uma ou duas horas após o nascer do sol ou após três ou quatro horas do pôr do sol com o objetivo de aproveitar a baixa capacidade de dissipação de calor da água e maximização da quantidade de água destilada. É suficiente colocar duas vezes o volume da produção diária para diluir adequadamente a solução concentrada restante e evitar depósitos de sais. A profundidade da água no tanque onde fica a água salina deve estar entre 1,5 e vinte centímetros, com o melhor valor estando entre 1,5 e 2,5 cm (MALUF, 2005).

Jorge (2011), relata as seguintes vantagens e desvantagens da destilação solar:

Vantagens da destilação (dessalinização) solar

- Se adequa técnica e economicamente às regiões subdesenvolvidas e desprovidas de energia elétrica;
- A dessalinização no dessalinizador solar é de técnica simples, não requer grandes tecnologias, não precisa de grandes investimentos para sua manutenção e nem de mão-de-obra qualificada;
- Podem ser usados materiais e mão-de-obra locais;
- Usa como combustível a radiação solar;
- A taxa de produção de destilado é proporcional à área da instalação, o que se traduz num custo por unidade de medida de água praticamente constante, não diminuindo este com o aumento da capacidade, em contraponto com outras técnicas de destilação;

- Quando operado de forma correta o dessalinizador produz água totalmente livre de sais e de microrganismos;
- É possível ter se produção de destilado mesmo durante a noite, devido ao calor armazenado na massa de água; e
- É de simples construção.

Desvantagens da dessalinização solar

- Baixa capacidade de produção quando usado destiladores ou dessalinizadores de efeito simples ou mesmo comparado a outras técnicas de dessalinização;
- Requer uma grande área de instalação para produzir grandes quantidades de água;
- Produção de água ser altamente dependente das condições meteorológicas.

Orientação do dessalinizador solar

Malik et al. (1982) relata que a quantidade de água destilada que pode ser produzida varia muito com a posição geográfica, posição do sol, condições meteorológicas, modelo do destilador solar e técnicas operacionais.

Quanto a orientação do dessalinizador, Maluf (2005) mostra que o sentido de maior comprimento deve ficar na direção Leste-Oeste, para maximizar o ganho solar. Neste trabalho foi escolhido o uso de dessalinizador solar com declive duplo, onde um declive fica voltado para o Leste e o outro para o Oeste, maximizando o ganho de energia ao longo do dia. Viana et al. (2018) relata que a escolha de declive duplo é melhor, devido aumentar a área de captação dos raios solares neste tipo de geometria em comparação com a de declive único, em que o vidro está direcionado apenas para um lado.

Ângulo de inclinação do dessalinizador solar plano

Para Maluf (2005) o ângulo de inclinação da cobertura de vidro influencia na quantidade de radiação solar que entra no dessalinizador. Quanto mais ortogonal à superfície do vidro for esse ângulo de incidência é melhor. Enquanto que para ângulos de incidência de 90° cerca de 90% da radiação é transmitida, para ângulos de 20° quase nenhuma radiação direta atravessa o vidro. Mas como as latitudes brasileiras vão de 0° a cerca de 35°, esse problema é minimizado. Não é necessário haver uma inclinação muito

grande do vidro para que a água escorra por ele: com o vidro limpo, uma inclinação de apenas 1° é necessária para que isso ocorra. É interessante uma inclinação pequena pois assim se gastará menos vidro, o destilador terá volume e peso menores (custando menos) e o volume de ar entre a água e o vidro será menor, aumentando a eficiência.

Contudo Singh e G. N. Tiwari (2004), o rendimento do dessalinizador é máximo para uma inclinação da superfície da cobertura correspondente à latitude do lugar onde está é instalada, pois uma cobertura com inclinação igual à latitude do local receberá os raios solares aproximadamente normais à superfície durante todo o ano; apesar deste fato, a cobertura deverá possuir um declive que impossibilite a queda de água condensada novamente no depósito de água salina no interior do dessalinizador solar, quando esta flui por gravidade para as calhas de recolha, o que poderá condicionar um pouco o valor ideal da inclinação da cobertura.

Bezerra (2004), mostrou que em ângulos acima de 25°, o escoamento chega perto dos 100% da água condensada na superfície da cobertura. Neste trabalho o ângulo escolhido foi de 31° nos cálculos geométricos realizados para definir as dimensões do dessalinizador solar.

Tipos de destilação

Maluf (2005), relata em seu trabalho os principais processos para destilar a água, sendo eles:

- Destilação feita com fontes de energia como combustíveis fósseis ou eletricidade, que corresponde a 65% da capacidade instalada mundial.
- Osmose reversa, que corresponde a 30% da capacidade instalada.
- Eletrodialise, que corresponde a 5% da capacidade instalada.
- Dessalinização solar, que tem uma participação minúscula em relação aos outros processos.

Concentrador solar de disco parabólico

Os concentradores solares têm normalmente superfícies côncavas refletoras para interceptar o feixe de radiações do Sol e focá-las em uma menor área (ponto focal), aumentando o fluxo de radiação. Concentradores solares com fins térmicos (CST) podem

ser usados para produzir calor ou eletricidade renováveis (esta última, geralmente através de vapor). Pode-se usar espelhos, lentes e sistemas de rastreamento para concentrar uma grande área de radiação solar em relação a área do receptor que pode ser uma área menor ou um tubo. A radiação concentrada é, então, utilizada diretamente como calor ou como fonte de calor para centrais elétricas convencionais (hélotérmicas) (VOROBIEFF, 2008).

Orientação e inclinação do concentrador solar

Vorobieff (2008) afirma que em sistemas que não apresentam acompanhamento do movimento do sol, a estratégia de posicionamento do coletor é fundamental para maximizar a radiação solar incidente no coletor e que o posicionamento do coletor em relação ao sol e a declinação magnética influenciam diretamente a quantidade de radiação que o coletor receberá durante o ano todo.

Soares (2004) em seu trabalho relatou que geralmente para concentradores solares a inclinação escolhida se dá através da latitude da região, onde o equipamento será utilizado, mais 10 graus.

Já Vorobieff (2008), relata em seu trabalho que o ajuste da inclinação da superfície foi considerada sendo igual a latitude local + 15° e a correção da declinação magnética da Terra em 21° no ângulo azimutal de superfície do coletor para a localidade, sendo assim, nos meses mais frios do ano, haverá a maximização da radiação incidente no coletor em sistemas fixos. Os concentradores com os espelhos são orientados na posição Leste-Oeste com a correção de 21° de azimute para correção devido a declinação magnética da terra e de modo que os espelhos não obstruam a incidência dos raios solares com a mudança da orientação do sol ao longo do dia.

Costa (2015) relata que para que o disco esteja sempre aproveitando o máximo da radiação solar é importante que ele acompanhe o movimento do Sol ao longo do dia, e também acompanhe a posição em que ele se encontra de acordo com a época do ano. No Brasil o disco deve estar voltado para o Norte geográfico com uma inclinação que varia de 25° a 30°.

Neste trabalho o concentrador solar vai ficar posicionado de forma fixa, usando as informações de Vorobieff (2008) e Soares (2004) como referência para poder orientar e angular o concentrador para aproveitar a radiação solar da melhor forma possível.

4 METODOLOGIA

O experimento foi realizado na zona rural do município de Serra Talhada/Pernambuco no assentamento Poldrinhos, Latitude: 8°01'49,0'' S e Longitude: 38° 27' 57,6'' W no mês de dezembro do ano de 2019. A equipe foi composta pelo professor orientador Carlos Alberto Teixeira e pelo discente Eduardo Fonsêca de Aquino.

4.1 Dimensionamento do dessalinizador solar híbrido

- **Concentrador solar parabólico**

Foi planejada o dimensionamento do concentrador utilizando-se a armação de uma antena parabólica. Nesta antena de 1,70 m de diâmetro foram colados pedaços de espelhos refletores com o objetivo de concentrar os raios solares num ponto para que houvesse o aquecimento deste determinado ponto.

- **Dessalinizador solar plano**

Foi planejado um dessalinizador solar plano com duas caídas (declives) que recebesse radiação solar concentrada por baixo dele e radiação direta por cima dele, com regulagem de altura da estrutura. Foi utilizado um ângulo de 118° entre as duas caídas com o objetivo de recolher a maior quantidade possível de água dessalinizada evaporada que posteriormente escorreria pelos vidros e seria coletada nas colhas de recolhimento de água dessalinizada. A área de coleta de água dessalinizada foi de 0,15 m em ambos os lados do dessalinizador solar. A área total do dessalinizador foi de 1,70 x 1,70 m para que o mesmo encaixasse em cima do concentrador solar plano, assim como a regulagem de altura para que a radiação solar pudesse chegar no concentrador solar e o mesmo concentrasse a energia na parte debaixo do dessalinizador solar plano.

4.2 Construção do protótipo do concentrador solar híbrido

- Construção do concentrador solar híbrido

Foi utilizada uma armação de antena parabólica de um metro e setenta de diâmetro, que foi doada pela Prefeitura Municipal de Serra Talhada e foi revestida com os espelhos que refletiram e concentraram a radiação solar no centro da antena. A antena foi fixada em um suporte de metal ao solo. Os espelhos refletores que foram doados pela empresa Bandeirantes foram cortados com um cortador de vidros e fixados na armação parabólica com o auxílio de uma pistola para aplicação de cola própria para a fixação de espelhos.

- Construção do dessalinizador solar plano

A estrutura do dessalinizador foi feita com barra em perfil L com dimensões iguais a 1" x 3/16" (6 barras de 6 m de comprimento), para conferir rigidez e servir de suporte aos vidros instalados na estrutura. Como o dessalinizador deve estar acima do concentrador solar, o mesmo foi apoiado em 4 pontos de fixação móveis, onde cada ponto de apoio foi feito com o tubo de perfil circular de diâmetro igual a 3/4" com 1,5 m de altura, sendo que o tubo com diâmetro de 1/2" ficou por dentro do tubo de diâmetro de 3/4", para que a altura pudesse ser regulada de acordo com o local de instalação.

O vidro utilizado foi do tipo transparente com 3.15 mm de espessura, medida mínima que foi encontrada na região para compra, sendo que foi utilizado 7 m² para cobrir totalmente a estrutura do dessalinizador solar plano.

As tubulações a serem utilizadas deverão suportar as altas temperaturas do vapor de água e do próprio concentrador, pois o mesmo ao concentrar os raios solares em um único ponto faz com que ocorra o aumento da temperatura no ponto desejado e ao redor também. As calhas de recolhimento da água foram feitas de vidro, suportando assim altas temperaturas, além de não contaminar com resíduos a água utilizada no teste e possuem 0,15 m de largura por 1,7 m de comprimento, estando cada uma localizada em um lado do dessalinizador.

O dessalinizador possui dentro de si uma área de 2,38 m² (1,4 m x 1,7 m), formando o reservatório onde fica a água a ser dessalinizada. Este tanque está centralizado na base e afastado 15 cm da parede externa do mesmo, sendo delimitado por paredes de vidro com 10 cm de altura. Ele será constantemente alimentado por uma lâmina de água

salina que não ultrapassará de 2,5 cm de altura. A figura 2 e 3 mostram o concentrador solar plano, vista frontal e lateral respectivamente.

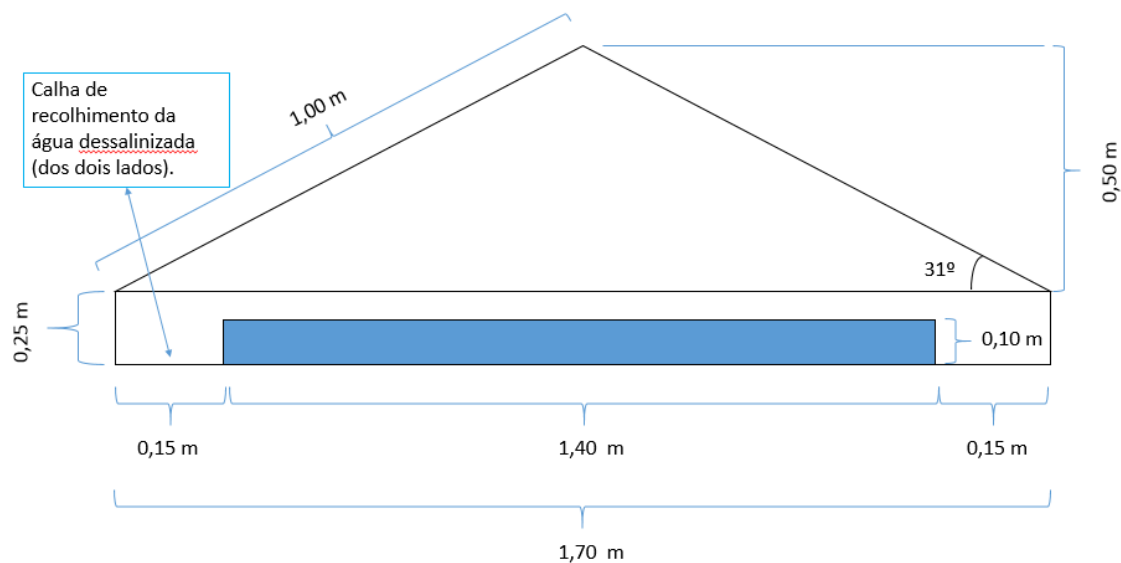


Figura 2. Dessalinizador solar plano – vista frontal.

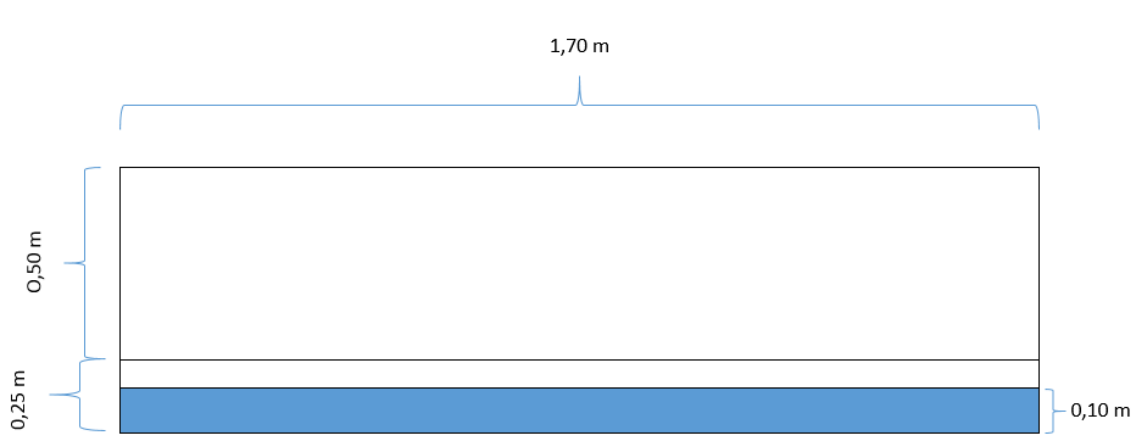


Figura 3. Dessalinizador solar plano – vista lateral.

Análise de custo do dessalinizador solar híbrido

Foi feito um orçamento considerando os insumos necessários para construção do dessalinizador solar híbrido incluindo alguns custos com mão de obra.

5 RESULTADOS

O protótipo do dessalinizador solar híbrido é formado de duas unidades, um concentrador solar parabólico e um dessalinizador solar plano. As figuras 4 e 5 mostram os equipamentos, respectivamente.

Inicialmente foi construído o concentrador solar plano e posteriormente o dessalinizador solar plano.

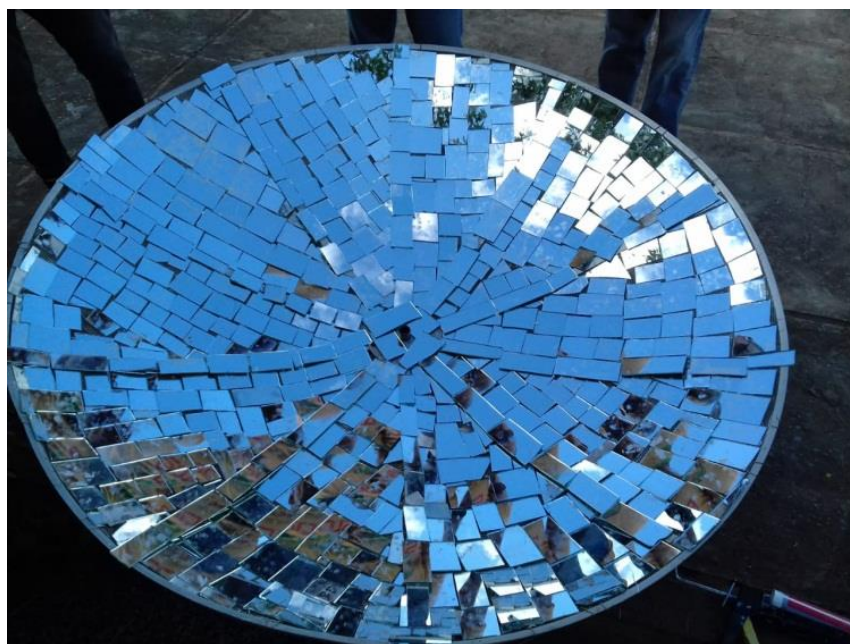


Figura 4. Concentrador solar de disco parabólico construído.



Figura 5. Dessalinizador solar plano construído.

A figura 6 mostra o coletor solar híbrido.



Figura 6. Montagem do dessalinizador solar híbrido.

A tabela 1 mostra os itens necessários comprados para construção do dessalinizador solar híbrido e o custo aproximado de construção do mesmo.

Tabela 1. Orçamento para construção do dessalinizador híbrido de 2,89 m² de área útil.

Objeto	Quantidade	Valor Unitário	Valor Total
		R\$	
Cola fixa espelho	4	24,00	96,00
Cortador de vidro	1	40,76	40,76
Querosene 500ml	1	5,79	5,79
Aplicador de silicone	1	12,00	12,00
Disco de corte inox 180x1,6x22 mm	2	6,89	13,78
Parafuso sextavado R.INT. 5/16x2.1/2 zincado	4	1,00	4,00
Arruela p/ parafuso lisa 5/16 zincado	8	0,26	2,08
Porca sextavada 5/16" p/ parafuso polida	4	0,30	1,20
Eletrodo Aço 3,25 mm	1 kg	15,50	15,50
Barra perfil L 1"x3/16"	6 barras de 6 m	53,04	320,00
Tubo oco patente 3/4"	1 barra de 6 m	47,68	47,68
Tubo oco patente 1/2"	1 barra de 6 m	40,30	40,30
Vidro de espessura 3,15 mm	7 m ²	61,45	430,15
Serviços de corte e solda em metal	-	120,00	120,00
Total Geral			1149,24

O preço médio do dessalinizador híbrido foi de cerca de R\$ 1149,24, cerca de R\$ 400 por m² de coletor solar.

6 DISCUSSÃO

O dessalinizador solar híbrido foi desenvolvido e construído e parcialmente instalado em uma propriedade de um produtor rural e será testado nas condições de campo desses produtores rurais. Mais fotos detalhadas da construção do dessalinizador estão contidas no item anexo.

No preço médio do dessalinizador solar plano desenvolvido não foram incluídos alguns itens que foram doados tais como os espelhos, a antena parabólica. A mão de obra para colocação dos espelhos na montagem do concentrador solar também não foi cobrada, entre outros. Este é apenas um valor de referência para nortear os custos de construção de um equipamento deste porte.

O desenvolvimento e construção deste dessalinizador híbrido realizado em parceria com a Prefeitura Municipal de Serra Talhada pode ajudar aos produtores rurais de Serra Talhada e região a mitigar o problema da seca na região, com a possibilidade da utilização de parte da água salina existente em muitas propriedades para suas necessidades diárias por meio da utilização deste dessalinizador híbrido.

O dessalinizador plano irá concentrar os raios solares na base do dessalinizador solar plano que ficará localizado sob o concentrador solar, já o dessalinizador solar plano receberá os raios solares diretamente em sua face superior.

Desta forma o dessalinizador solar híbrido terá duas fontes de calor, uma por baixo na base vinda do concentrador solar parabólico e outra na parte superior referente a captação da radiação direta pelo próprio dessalinizador solar. Espera-se que com essa junção o rendimento do dessalinizador aumente.

Cappelletti (2002) mostra que um destilador solar convencional produz aproximadamente 5 l/m² dia de água destilada, em um dia quente de verão; e 2 l/m² dia, em um dia de inverno, com radiação difusa. Uma regra empírica geral é que 1 m² de destilador produzirá cerca de 4 litros de água doce por dia, valor esse considerado baixo (BUROS, 2000).

O dessalinizador híbrido desenvolvido está sendo instalado, pois o concentrador solar já está instalado na propriedade, para ser testado nas condições de campo de uma família de agricultores do assentamento rural Poldrinhos. A estrutura do dessalinizador solar plano está pronta, restando apenas a realização da colocação dos vidros, no entanto,

não foi possível a colocação dos vidros na empresa Bandeirantes a tempo da realização dos testes, para serem inseridos nesta monografia devido ao processo de licitação e compra da Prefeitura e também do final do semestre letivo na UFRPE. A equipe esperou a colocação dos vidros até três dias antes da defesa da monografia, mas infelizmente não foi possível a realização da mesma.

Como trabalho futuro será avaliado em campo o desempenho deste dessalinizador solar híbrido com início previsto para fevereiro de 2020.

Além das medições de temperatura, condições da água salobra e dessalinizada, volume de água dessalinizada, será feita também a análise microbiológica desta água para atestar a sua potabilidade, referente a carga microbiana contida na água antes e após a dessalinização solar. As tabelas referentes a estas coletas de dados estão descritas no anexo, uma vez que estas medições seriam feitas e discutidas neste trabalho.

Um dos problemas desse sistema é obter um aproveitamento econômico para o sal retirado da água que foi dessalinizada. Uma das possibilidades é a criação de camarão, uma vez que a Prefeitura já possui um projeto de criação de camarão e já demonstrou interesse na questão da utilização deste sal que será produzido.

7 CONCLUSÃO

Após a realização deste trabalho pode-se concluir que:

- Apesar de fácil a construção do dessalinizador solar híbrido, se faz necessário mão de obra especializada para que não haja custos adicionais e perdas de material;
- O preço médio de confecção do dessalinizador híbrido para construção do equipamento foi de cerca de R\$ 1149,24;
- A utilização de dessalinizadores solares híbridos aumentará a produção de água dessalinizada em relação ao dessalinizador solar plano;
- A parceria com a Prefeitura Municipal de Serra Talhada por meio de sua Secretaria de Agricultura proporcionará uma opção viável técnica e economicamente para comunidades rurais terem uma fonte de água potável para utilização diária; e
- A UFRPE / UAST está cumprindo com sua missão de ajudar no desenvolvimento local de Serra Talhada e região.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AQUINO, E. F. de; SILVA, J. S.R. da; MOURA, D. P. de; RODRIGUES, M. R. L.; SILVA, A. I. S. da; e TEIXEIRA, C.A. Construção e operação de um dessalinizador com concentração solar a baixo custo, UFRPE, JEPEX, 2018, Serra Talhada, PE, 2018.

BEZERRA, M. A. S. Desenvolvimento de um destilador solar para tratamento de águas de produção de petróleo com vistas a sua utilização na agricultura e geração de vapor. 2004. Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação na Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

BUROS, O. K. The ABCs of Desalting, Second ed, International Desalination Associations, Topsfield, MA, USA, 2000.

BUROS, O. K.; et al. The USAID desalination manual. Washington, D.C, Agency for international development 1980.

BRASIL. A Questão da água no Nordeste / Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, Agência Nacional de Águas. – Brasília, DF: CGEE, 2012.

CAPPELLETTI, G.M. An experiment with a plastic solar still. Desalination, v.142, Foggia, Italy, 2002.

COSTA, Anaina Ferreira Monteiro da. Montagem de um disco solar destinado à desinfecção térmica de bactérias. 2015. 51 f. TCC (Graduação) - Curso de Licenciada em Química, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2015.

DINIZ, M. I. L.; CLAUDINO, C. M. A.; NASCIMENTO, R. F.; GOMES, B. M. C.; NEVES, Y. T.. Aplicabilidade da destilação solar no tratamento de água de poços da cidade de araruna - PB. In: II CONIDIS, 2017, Campina Grande PB. V. 1, 2017, ISSN 2526-186X, 2017.

FARIA, E. V.de; ARAÚJO, B. S. A.; OLIVEIRA, L.C. C. B.; LIMA, M.N.; ALVES, I. F. B.; BONTEMPO, L. H. da S. Desenvolvimento e construção de um destilador solar para dessalinização de água salgada em diferentes concentrações de sais. p. 1969-1978 . In: Anais do XXXVII Congresso Brasileiro de Sistemas Particulados - ENEMP 2015 [=Blucher Engineering Proceedings]. São Paulo: Blucher, 2015. ISSN 2359-1757, DOI 10.5151/ENEMP2015-TC-544.

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.

JORGE, Bruno Miguel Jacinto: Simulação de Processos de Destilação Solar de Água Salgada. Faculdade de Engenharia Mecânica. Universidade Técnica de Lisboa, outubro de 2011. 118p. Dissertação de Mestrado.

LUNA, Flávio Melo de. Desenvolvimento e testes de um dessalinizador solar com pré-aquecimento de água. 2016. 101 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Energias Renováveis, Centro de Energias Alternativas e Renováveis, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016.

MALUF, Alexandre Prata. Destiladores solares no Brasil. 2005. 39f. Monografia (Especialista em Fontes Alternativas de Energia) – Programa de Pós-Graduação em Fontes Alternativas de Energia, Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais.

MARINHO, F. J. L.; ROCHA, E. N.; SOUTO, E. A.; CRUZ, M. P. DA CRUZ; LUCENA, A. S.; SANTOS, S. A.; MARCOVICZ, F. Destilador solar destinado a fornecer água potável para as famílias de agricultores de base familiar. Revista Brasileira de Agroecologia, v. 7, p. 53-60, 2012.

MARINHO, F. J. L.; UCHOA, T. R. ; LEITE, S. F. ; AGUIAR, R. L. ; NASCIMENTO, A. S. . Dessalinizador solar associado a coletor de águas de chuvas para fornecer água potável. Enciclopédia biosfera, v. 20, p. 68-82, 2015.

MALIK, M., TIWARI, M.S.G.N., KUMAR, A., SODHA, M.S. Solar Distillation: a practical study of a wide range of stills and their optimum design, construction and performance. Pergamon Press, Oxford, 1982.

MOTA, Suetônio e ANDRADE, Márcio Antônio Nogueira. Uso da destilação solar no tratamento de águas contaminadas com microrganismos. Aplicações às pequenas comunidades. Revista Tecnologia, número 7, 1986.

PRADO, G. O. Concepção e avaliação de concentradores solares do tipo disco e lente de Fresnel para dessalinização de água. 2015. 179 f. Tese (Doutorado em Engenharias) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2015.

PADRO, Gustavo Otero. Concentrador Solar para Dessalinização de água: projeto e construção. 2011. 98 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2011.

SILVA, J. A. L.; MEDEIROS, Monalisa C. S. ; LIMA, V. L. A. ; MARINHO, F. J. L. ; AZEVEDO, P. V. ; UCHOA, T. R. ; OTONI, L. C. P. . Obtenção de água potável a partir do uso da energia solar disponível na região do semiárido paraibano. Revista Espacios, v. 37, p. 9, 2016.

Singh, H. N., & Tiwari, G. N. (2004). Monthly Performance of Passive and Active Solar Stills for Different Indian Climatic Conditions. Desalination, 168, 145-150.

SOARES, Clarissa. Tratamento de água unifamiliar através da destilação solar natural utilizando água salgada, salobra e doce contaminada. 2004. 110 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

VIANA, M. G.; SANTOS, P. F. ; ALVES JUNIOR, I. S. ; SCARAMUSSA, S. A. L. ; SANTOS JUNIOR, J. V. ; ARAUJO, P. M. M. . Estudo de um dessalinizador solar de água visando aplicações na área de tecnologia social. Aracaju, Sergipe: SIMPROD, 2018 (Engenharia Mecânica e Tecnologia Social).

VOROBIEFF, CRISTHIAN LAO. Concentradores solares planos em sistemas fototérmicos. 2008. 80 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

9 ANEXOS



Figura 7. Corte dos espelhos reciclados.



Figura 8. Aplicação de cola fixa espelho.



Figura 9. Fixação dos espelhos na antena parabólica.



Figura 10. Equipe fixando os espelhos na antena parabólica.



Figura 11. Equipe fixando os espelhos na antena parabólica.

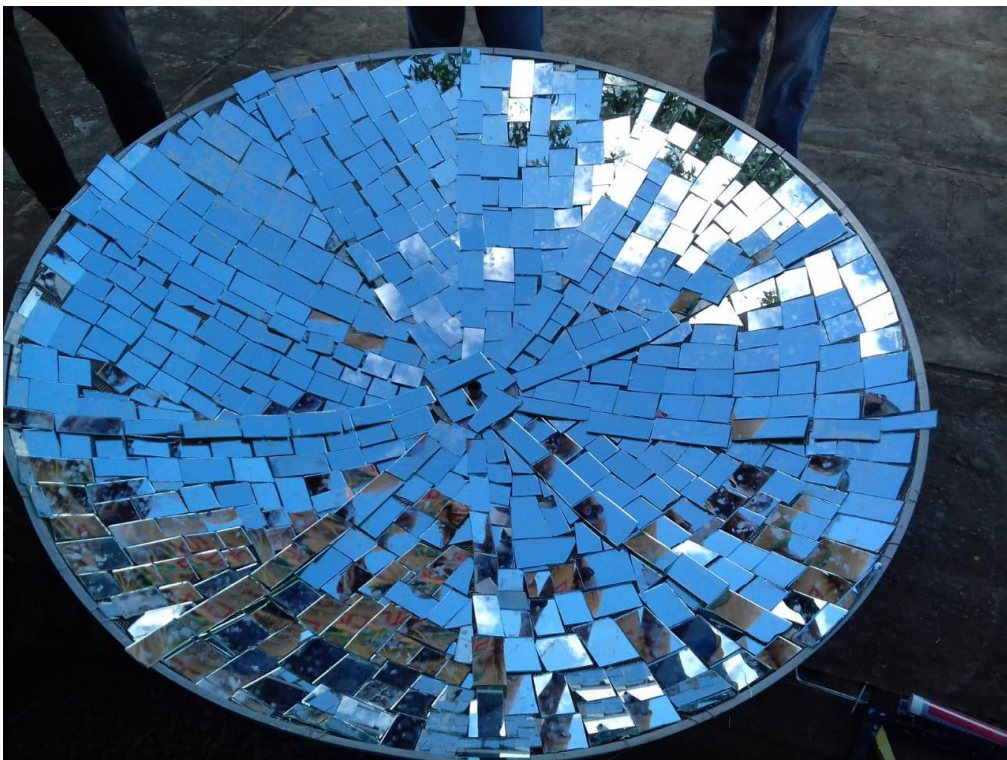


Figura 12. Concentrador solar pronto.



Figura 13. Início da montagem da base do dessalinizador solar plano.



Figura 14. Continuação do processo de construção do dessalinizador solar plano.



Figura 15. Base do dessalinizador solar plano concluída.



Figura 16. Equipe realizando a conferência das medidas das ferragens.



Figura 17. Processo de solda das ferragens.



Figura 18. Estrutura do dessalinizador solar plano pronto.



Figura 19. Estrutura do dessalinizador solar plano pronta.



Figura 20. Estrutura do dessalinizador solar plano pronta.

Tabela 3. Dados coletados de temperatura do dessalinizador solar híbrido

Hora	Temp. ambiente	Temp. água	Temp. da água no dessalinizador	Temp. do dessalinizador (no vidro)	Temp. no concentrador solar	Temp. da água dessalinizada
°C						
07:00						
07:30						
08:00						
08:30						
09:00						
09:30						
10:00						
10:30						
11:00						
11:30						
12:00						
12:30						
13:00						
13:30						
14:00						
14:30						
15:00						
15:30						
16:00						
16:30						
17:00						

Tabela 4. Qualidade da água dessalinizada.

Hora	Data	Condutividade Elétrica	Volume de água dessalinizado
		(dS.m ⁻¹)	(L.h ⁻¹)
07:00			
08:00			
09:00			
10:00			
11:00			
12:00			
13:00			
14:00			
15:00			
16:00			
17:00			

Tabela 5. Dados coletados de temperatura do dessalinizador solar híbrido

Hora	Temp. ambiente	Temp. água	Temp. da água no dessalinizador	Temp. do dessalinizador (no vidro)	Temp. no concentrador solar	Temp. da água dessalinizada
°C						
07:00						
07:30						
08:00						
08:30						
09:00						
09:30						
10:00						
10:30						
11:00						
11:30						
12:00						
12:30						
13:00						
13:30						
14:00						
14:30						
15:00						
15:30						
16:00						
16:30						
17:00						

Tabela 6. Qualidade da água dessalinizada.

Hora	Data	Condutividade Elétrica	Volume de água dessalinizada
		(dS.m ⁻¹)	(L.h ⁻¹)
07:00			
08:00			
09:00			
10:00			
11:00			
12:00			
13:00			
14:00			
15:00			
16:00			
17:00			

Tabela 7. Avaliação do dessalinizador solar híbrido – dados médios

Data	Volume de água dessalinizado	Condutividade Elétrica (Antes)	Condutividade Elétrica (Depois)
	(L.h ⁻¹)	(dS.m ⁻¹)	(dS.m ⁻¹)
Média			
Classificação da água	-	Salobra ou potável	Salobra ou potável