

CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA



Universidade Federal  
de Campina Grande

AQUILES FREITAS DANTAS DA ROCHA

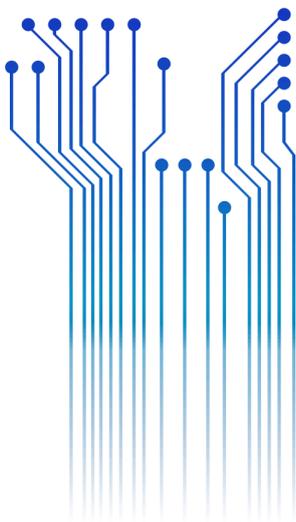


Centro de Engenharia  
Elétrica e Informática

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO  
Dessalinizador usando painel solar



Departamento de  
Engenharia Elétrica



Campina Grande  
2019

AQUILES FREITAS DANTAS DA ROCHA

Dessalinizador usando painel solar

*Trabalho de conclusão de curso submetido à coordenação do curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências no domínio da Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Energias renováveis e instalações elétricas

Orientador:

Professor Leimar de Oliveira

Campina Grande  
2019

AQUILES FREITAS DANTAS DA ROCHA

Dessalinizador usando painel solar

*Trabalho de conclusão de curso submetido à coordenação do curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências no domínio da Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Energias renováveis e instalações elétricas

Aprovado em        /        /

**Professor Roberto Silva de Siqueira, M. Sc.**  
Universidade Federal de Campina Grande  
Avaliador

**Professor Leimar de Oliveira**  
Universidade Federal de Campina Grande  
Orientador, UFCG

Dedico este trabalho aos meus pais e a minha namorada, sempre presentes durante essa longa jornada.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Cleuza Araújo de Freitas e Sinval Dantas da Rocha, que além de me terem dado vida, também me deram tudo aquilo que eu preciso para viver uma vida digna e feliz. Obrigado pela compreensão, pela paciência, pelo amor, e por todos os valores que me ensinaram.

À minha namorada Júlia, pela compreensão e paciência demonstrada durante essa longa jornada.

Ao professor Leimar de Oliveira, pelos conhecimentos compartilhados, lições e compreensão nas dificuldades.

Aos meus amigos de Aracaju e de Campina Grande, vocês representam muito para mim, bem como parte da minha história onde estive grande parte da minha vida. Em cada uma dessas cidades encontrei amigos que me fizeram aprender muito e marcaram definitivamente o que sou hoje.

A Adail e Tchaikowsky, que sempre torceram, fizeram e fazem o possível ajudar durante a graduação.

*“Two things define you: Your patience when you have nothing and your attitude when you have everything.”*

George Bernard Shaw.

## RESUMO

Esse trabalho de conclusão de curso é uma busca por uma maneira de obter quantidade de água potável suficiente para o dia a dia de uma família, utilizando a energia proveniente do sol. No semiárido brasileiro, muitas famílias sofrem com a falta de água tratada. Geralmente utilizam água de poço artesiano, na sua maioria água salobra, que pode ter elevado nível de contaminação biológica, podendo causar sérios danos à saúde. A ideia é criar um equipamento que consiga purificar a água, com baixo custo em comparação aos equipamentos disponíveis no mercado, tornando-o acessível para os que mais precisam. O método de purificação usado nesse trabalho é a dessalinização por evaporação, que consiste em esquentar a água até o seu ponto de ebulição e depois condensar o vapor de água, já que este não carrega impurezas.

**Palavras-chave:** TCC, dessalinização, energia solar.

# ABSTRACT

This undergraduate thesis is a search for a way to get enough clean water for a family's daily life using the energy from the sun. In the Brazilian semiarid, many families suffer from a lack of treated water. They generally use artesian well water, mostly brackish water, which can have a high level of biological contamination and can cause serious health damage. The idea is to create equipment that can purify water at low cost compared to equipment available on the market, making it accessible to those who need it most. The purification method used in this work is evaporative desalination, which consists of heating the water to its boiling point and then condensing the water vapor, since it does not carry impurities.

**Keywords:** Undergraduate thesis, desalination, solar energy.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Poço artesiano. ....	13
Figura 2 – Aquecedor solar de vidro. ....	14
Figura 3 – Piranômetro SR15 .....	16
Figura 4 – Atlas solimétrico do Brasil.....	17
Figura 5 – Modelo elétrico de uma célula fotovoltaica. ....	18
Figura 6 – Célula fotovoltaica de silício monocristalino.....	19
Figura 7 – Célula fotovoltaica de silício policristalino. ....	20
Figura 8 – Célula fotovoltaica de silício amorfo. ....	20
Figura 9 – Representação de um módulo fotovoltaico em um diagrama elétrico .....	21
Figura 10 – Módulo com 144 células .....	21
Figura 11 – Dessalinização da água. ....	22
Figura 12 – Resistência de 2kW .....	23
Figura 13 – Painel MAXPOWER CS6U-315 .....	24
Figura 14 – Adesivo de silicone .....	25
Figura 15 – Dessalinizador YB-SWRO-500LPD.....	29

# LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Especificações do painel solar.....	24
--	----

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
A	Ampere
°C	Grau Celsius
$I_D$	Corrente no diodo
$I_p$	Corrente na resistência paralela
$I_s$	Corrente elétrica gerada pela célula
km	Quilômetro
kW	Quilowatt
m	Metro
mA	Miliampere
$R_p$	Resistência em paralelo que representa as perdas por correntes parasitas
$R_s$	Resistência em série que representa as perdas ôhmicas por efeito <i>joule</i> devido às resistências dos contatos elétricos das células.
s	Segundo
V	Volt
W	Watt

# SUMÁRIO

1	Introdução.....	13
1.1	Estrutura do trabalho.....	14
2	Fundamentação teórica.....	15
2.1	O conceito de energia.....	15
2.2	Radiação solar.....	16
2.3	Radiação Solar no Brasil.....	17
2.4	Módulos fotovoltaicos .....	18
2.4.1	Células fotovoltaicas.....	18
2.4.2	Modelo elétrico de uma célula fotovoltaica.....	18
2.4.3	Tipos de células fotovoltaicas.....	19
2.4.3.1	Silício monocristalino .....	19
2.4.3.2	Silício policristalino .....	19
2.4.3.3	Silício amorfo.....	20
2.4.4	Módulos fotovoltaicos .....	20
2.5	Purificação da água por evaporação.....	22
3	Lista de componentes .....	23
3.1	Resistência .....	23
3.2	Painel Solar.....	23
3.3	Silicone .....	25
3.4	Estrutura.....	25
4	Teste do equipamento.....	26
4.1	Introdução .....	26
4.2	Entendendo o funcionamento.....	26
4.3	Comparações no mercado .....	27
4.3.1	Dessalinizador solar.....	27
4.3.2	Dessalinizador de água marinha .....	28
4.4	Primeiro teste .....	29
4.5	Segundo teste .....	30
4.6	Aperfeiçoamento.....	30
4.7	Conclusões.....	31
5	Conclusão .....	33
	Referências .....	34

# 1 INTRODUÇÃO

O interior do nordeste do Brasil sofre muito com as grandes secas. Tomando como exemplo Pernambuco em 2015, de cada dez cidades, sete estão enfrentando situação de emergência por causa da seca (G1, 2015).

Mesmo a perfuração de poços não resolve o problema pois, quase em sua totalidade, têm água salobra, água salgada, o que não serve para o consumo humano. Pode-se ver na Figura 1 um exemplo de poço.

Figura 1 – Poço artesiano.



Fonte: G1, 2019.

A ideia é construir um equipamento que consiga purificar a água salobra, com baixo custo em comparação aos equipamentos disponíveis no mercado, utilizando a radiação solar.

O método utilizado será o de dessalinização por evaporação, que consiste em esquentar a água até que ela evapore, pois na evaporação as impurezas são separadas da

água. Depois condensamos esse vapor e o resultado será uma água limpa e própria para o consumo humano.

Atualmente, muitas áreas do semiárido já utilizam aquecimento solar para evaporar a água, na Figura 2 pode-se ver um exemplo. No entanto, é um processo lento, não sendo suficiente para a demanda de consumo das famílias. Nesse trabalho, vamos utilizar painéis solares juntamente com uma resistência de sauna para potencializar a evaporação, fazendo com que a produção seja maior e, conseqüentemente, esperamos que seja suficiente para atender uma família.

Figura 2 – Aquecedor solar de vidro.



Fonte: Agência Brasil

## 1.1 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esse trabalho apresenta a seguinte organização:

O Capítulo 1 é introdutório e apresenta uma contextualização do tema, define os objetivos gerais e específicos e apresenta a estrutura do trabalho.

O Capítulo 2 é na verdade a fundamentação teórica, onde é realizado um estudo dos conceitos básicos, principais tecnologias e componentes necessários a elaboração do nosso equipamento.

No Capítulo 3 são descritos os componentes utilizados.

No Capítulo 4 apresentamos o equipamento juntamente com os resultados de dois testes feitos.

O Capítulo 5 é conclusivo e destaca os principais resultados do trabalho.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 O CONCEITO DE ENERGIA

A energia, nas suas mais diversas formas, é indispensável à sobrevivência da espécie humana. E mais do que sobreviver, o homem procurou sempre evoluir, descobrindo fontes e formas alternativas de adaptação ao ambiente em que vive e de atendimento às suas necessidades. Dessa forma, a exaustão, escassez ou inconveniência de um dado recurso, entre eles o energético, tende a ser compensada pelo surgimento de outro(s). Em termo de suprimento energético, a eletricidade se tornou uma das formas mais versáteis e convenientes de energia, passando a ser recurso indispensável e estratégico para o desenvolvimento socioeconômico de muitos países e regiões (ANEEL, 2002).

As fontes primárias usadas para a produção de energia elétrica podem ser classificadas em não-renováveis e renováveis. São consideradas fontes não-renováveis aquelas passíveis de se esgotar por serem utilizadas com velocidade superior aos milhões de anos necessários para sua formação. Nesta categoria estão o petróleo e seus derivados, os combustíveis radioativos e o gás natural. Fontes renováveis são aquelas, cuja reposição pela natureza é bem mais rápido que sua utilização energética (como as águas dos rios, marés, sol, ventos) ou cujo manejo pelo homem pode ser efetuado de forma compatível com as necessidades de sua utilização energética (como biomassa: cana-de-açúcar, florestas energéticas e resíduos animais, humanos e industriais). A maioria dessas fontes apresenta características estatísticas e estocásticas, de certa forma cíclicas, em períodos de tempo compatíveis com a operação das usinas elétricas e inferiores à vida útil das mesmas. Tais fontes podem ser utilizadas para produzir eletricidade principalmente através de usinas hidrelétricas, eólicas, solar fotovoltaicas e centrais térmicas (REIS, 2003).

## 2.2 RADIAÇÃO SOLAR

A radiação solar é radiação eletromagnética que se propaga a uma velocidade de 300.000 km/s, podendo-se observar aspectos ondulatórios e corpusculares. Além das condições atmosféricas (nebulosidade, umidade relativa do ar etc.), a disponibilidade de radiação solar, também denominada energia total incidente sobre a superfície terrestre, depende da latitude local e da posição no tempo (hora do dia e dia do ano) (CRESESB, 1999).

De toda a radiação solar que chega às camadas superiores da atmosfera, apenas uma fração atinge a superfície terrestre, devido à reflexão e absorção dos raios solares pela atmosfera. Esta fração que atinge o solo é constituída por um componente direta (ou de feixe) e por uma componente difusa (CRESESB, 2005).

A soma das componentes de radiação solar direta e difusa formam a radiação global. O instrumento de medição de radiação global é chamado de piranômetro, como na Figura 3. Tal instrumento recebe radiação em um ângulo de até 180° e as concentram em um sensor localizado em seu centro. Geralmente esse instrumento gera um nível de corrente análogo ao nível de intensidade da radiação solar incidente, variando de 4 mA para quando não há radiação incidente e 20 mA para um nível máximo de radiação.

Figura 3 – Piranômetro SR15

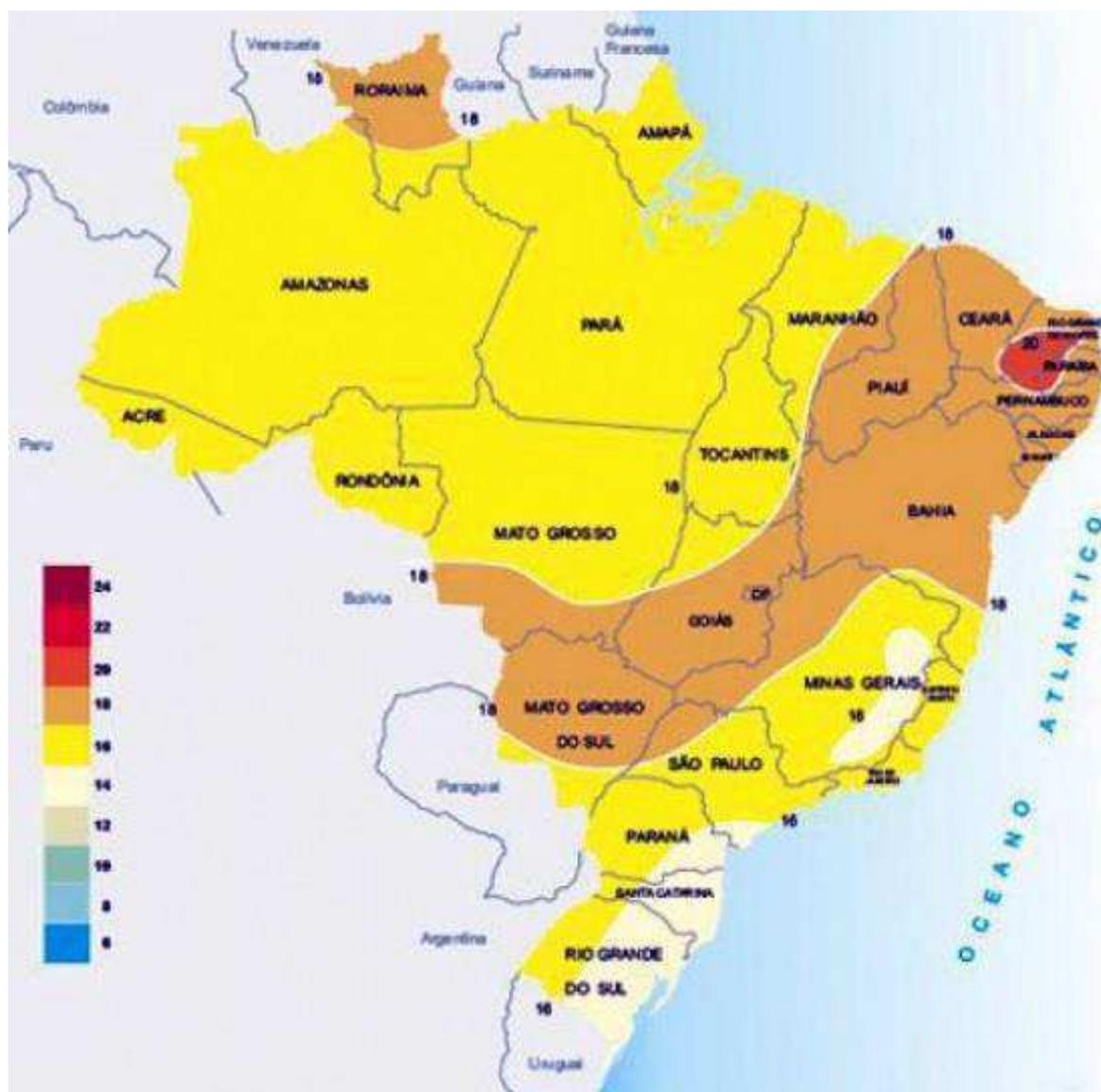


Fonte: Hukseflux Brasil.

## 2.3 RADIAÇÃO SOLAR NO BRASIL

O Brasil é um país privilegiado do ponto de vista de radiação solar. Grande parte do território brasileiro está localizada relativamente próxima a linha do Equador, de forma que não se observam grandes variações de radiação solar durante o dia. Olhando a Figura 4 pode-se ver que principalmente as regiões mais afetadas pelas secas tem o maior nível de radiação solar.

Figura 4 – Atlas solarimétrico do Brasil.



Fonte: MultSoluções Energéticas.

## 2.4 MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

### 2.4.1 CÉLULAS FOTOVOLTAICAS

A célula fotovoltaica é o elemento principal na geração de eletricidade a partir da radiação solar. Ao ser exposta a luz, surge uma tensão em seus terminais e, conseqüentemente, a capacidade de gerar corrente elétrica.

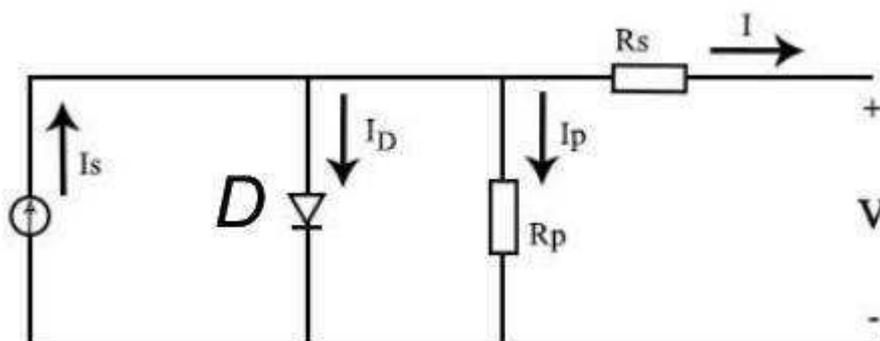
As células fotovoltaicas são feitas de materiais semicondutores. O material mais utilizado para a sua fabricação é o silício. Porém, o silício por si só não é capaz de gerar níveis altos de corrente quando exposto à luz. Por isso ele é então misturado com outros elementos, fósforo (criando cargas positivas) e boro (criando cargas negativas).

A célula fotovoltaica gera corrente elétrica em apenas um sentido, ou seja, corrente contínua. De forma geral, podemos dizer que a tensão nominal de uma célula é da ordem de 0,5 V e sua corrente varia de acordo com sua potência nominal.

### 2.4.2 MODELO ELÉTRICO DE UMA CÉLULA FOTOVOLTAICA

Podemos modelar e representar uma célula fotovoltaica como um circuito equivalente composto por um diodo, resistências e uma fonte de corrente, como visto na Figura 5.

Figura 5 – Modelo elétrico de uma célula fotovoltaica



Fonte: Próprio autor.

### 2.4.3 TIPOS DE CÉLULAS FOTOVOLTAICAS

#### 2.4.3.1 SILÍCIO MONOCRISTALINO

Por apresentar um grau de pureza muito elevado são as células mais eficientes das três. Podem apresentar uma eficiência na ordem de 18% comercialmente, porém, para que o silício apresente um grau de pureza muito elevado o seu processo de fabricação demanda muita energia, fazendo com que o preço final desse tipo de célula seja muito alto, tornando-a a mais cara das três. Geralmente possuem uma forma quadrada, com os cantos arredondados. Na Figura 6 pode-se ver uma célula de silício monocristalino.

Figura 6: Célula fotovoltaica de silício monocristalino.

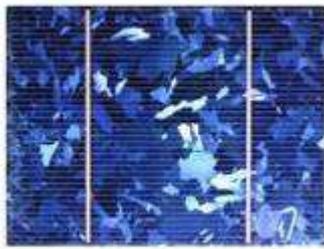


Fonte: Energia Solar.

#### 2.4.3.2 SILÍCIO POLICRISTALINO

Essas células não tem uma cor uniforme por conta do processo de purificação do material, que é menos exigente e mais barato. Essa perda na exigência faz com que a eficiência desse tipo de célula seja menor com relação a das células de silício monocristalino, ficando em torno de 13 a 15% nas células comerciais. Na Figura 7 pode-se ver uma célula de silício policristalino.

Figura 7 – Célula fotovoltaica de silício policristalino.



Fonte: Energia Solar.

#### 2.4.3.3 SILÍCIO AMORFO

Esse tipo de célula apresenta baixíssimo rendimento, cerca de 5 a 8%, e ainda perde eficiência durante o primeiro ano de uso devido à degradação pela exposição à radiação solar. Por ter um baixo custo de fabricação é amplamente utilizada em equipamentos eletrônicos que necessitam de baixa potência para funcionar. Na Figura 8 pode-se ver uma célula de silício amorfo.

Figura 8 – Célula fotovoltaica de silício amorfo.



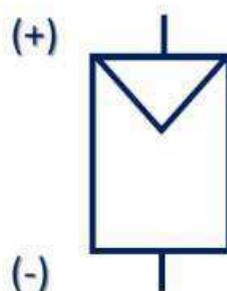
Fonte: Material Fotovoltaico.

#### 2.4.4 MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

As células fotovoltaicas geram tensões muito baixas se forem utilizadas individualmente. Para aplicações práticas se faz necessário o uso de tensões mais elevadas para alimentar cargas habituais. Os módulos fotovoltaicos são estruturas rígidas que comportam várias células interligadas em série e, dessa maneira, conseguimos obter uma

tensão maior em seus terminais. Na Figura 9 é possível ver a representação de um módulo fotovoltaico em um diagrama elétrico.

Figura 9 – Representação de um módulo fotovoltaico em um diagrama elétrico.



Fonte: Solar Brasil.

Os módulos fotovoltaicos de silício monocristalino e policristalino apresentam conexões em série entre suas células, onde a parte superior de uma célula (polo negativo) é conectada ao polo inferior (polo positivo) da próxima célula. O número de células conectadas em série depende da tensão final desejada para o módulo. Na Figura 10 pode-se ver um módulo com 144 células.

Figura 10 – Módulo com 144 células.



Fonte: Canadian Solar Inc.

## 2.5 PURIFICAÇÃO DA ÁGUA POR EVAPORAÇÃO

A ideia de usar energia do Sol para evaporar e purificar a água é antiga: O filósofo grego Aristóteles descreveu esse processo há mais de 2.000 anos. No processo de evaporação são separados os elementos que estão contaminando a água, pois o ponto de ebulição da água é diferente. A água em condições normais de temperatura e pressão entra em ebulição e evapora a 100° C, enquanto os poluentes têm diferentes pontos de ebulição, não sobem à atmosfera junto como vapor da água. Assim, a água evapora muito mais rapidamente e se torna limpa. O processo pode ser visto na Figura 11.

Figura 11 – Dessalinização da água.



Fonte: iGUi Ecologia.

## 3 LISTA DE COMPONENTES

### 3.1 RESISTÊNCIA

Foi utilizada uma resistência de sauna, por conta da sua robustez e facilidade de acesso no mercado. Utilizamos uma resistência de 2kW, como é possível ver na Figura 12.

Figura 12 – Resistência de 2kW.



Fonte: Próprio autor.

### 3.2 PAINEL SOLAR

O painel utilizado nesse equipamento foi o MAXPOWER CS6U-315. Na Tabela 1 pode-se ver as suas especificações e na Figura 13 o próprio painel.

Tabela 1 – Especificações do painel solar.

CS6U	315P
Potência nominal máx. (P <sub>máx</sub> )	315 W
Tensão operacional ideal (V <sub>mp</sub> )	36,6 V
Corrente operacional ideal (I <sub>mp</sub> )	8,61 A
Tensão de circuito aberto (V <sub>oc</sub> )	45,1 V
Corrente de curto-circuito (I <sub>sc</sub> )	9,18 A
Eficiência do módulo	16,20%
Temperatura operacional	-40° C ~ +85° C
Tensão máxima do sistema	1000 V (IEC) ou 1000 V (UL)
Desempenho do módulo contra incêndio	TIPO 1 (UL 1703) ou CLASSE C (IEC 61730)
Classificação máx. de fusíveis da série	15 A
Classificação da aplicação	Classe A
Tolerância de potência	0 ~ + 5 W

Fonte: Próprio autor.

Figura 13 – Painel MAXPOWER CS6U-315.



Fonte: Próprio autor.

### 3.3 SILICONE

Como a água vai evaporar durante o funcionamento, é preciso fazer com que ela não encontre um caminho para sair do equipamento que não seja o desejado. Por isso, se fez necessário vedar todo o equipamento, utilizando um adesivo de silicone, próprio para altas temperaturas, como pode-se ver na Figura 14.

Figura 14 – Adesivo de silicone



Fonte: Próprio autor.

### 3.4 ESTRUTURA

O equipamento é composto por uma bandeja, onde fica a água impura juntamente com a resistência. Como a capacidade da bandeja não é muito grande, foi preciso colocar um cano fino para alimentar a bandeja, mantendo a resistência sempre submersa. O formato e as dimensões não serão divulgados nesse trabalho por se tratar de segredo comercial. Toda a estrutura foi feita de metal, para suportar altas temperaturas. O painel solar ficou angulado 45° em relação ao solo e escorado no equipamento.

## 4 TESTE DO EQUIPAMENTO

### 4.1 INTRODUÇÃO

Durante uma reunião na empresa Solar Nobre com um cliente, foi percebida a necessidade de criar um equipamento para dessalinizar água, principalmente para o nordeste brasileiro. A ideia surgiu da necessidade desse cliente, que apresentou um modelo de baixa eficiência e pouca mobilidade.

A ideia foi criar um equipamento que pudesse ser movido sem problemas, que alcançasse uma produção suficiente para abastecer uma família, com um custo baixo, para poder ser mais acessível a quem mais precisa.

Foram procurados os componentes mais simples, para tornar a manutenção e substituição dos mesmos um processo fácil, realizável com o mínimo de treinamento possível, para que dessa forma, o usuário não veja a sua produção parada por um simples problema.

No projeto procurou-se manter o equipamento o mais simples possível, facilitando que o mesmo tanto seja montado e desmontado sem necessidade de um conhecimento profundo do seu funcionamento. A manutenção também é bem simples, e não precisa ser feita todos os dias.

### 4.2 ENTENDENDO O FUNCIONAMENTO

O equipamento é montado no solo. Ele começa a operar sem a interferência humana. Assim que o Sol nasce, o painel solar começa a converter a radiação solar em energia elétrica para alimentar a resistência, que está submersa em água salobra, dentro da bandeja do equipamento. Por conta do efeito Joule, a água da bandeja começa a esquentar, até evaporar.

A água, agora em estado gasoso e livre de impurezas, sobe até encontrar a superfície do equipamento, e nela passa do estado de vapor para o líquido (condensação).

Como a superfície é angulada, a água limpa escorre pela superfície, até cair em um recipiente de coleta.

É importante manter a resistência sempre submersa, portanto, mais água salobra deve ser adicionada à bandeja de tempos em tempos, mantendo o equipamento funcionando idealmente.

Depois de um dia inteiro de funcionamento, o ideal é que a bandeja seja retirada para limpeza. Como já foi visto antes, o processo de evaporação separa a água das impurezas, fazendo com que elas fiquem depositadas na bandeja. A limpeza é simples, basta remover as impurezas com uma escova, lembrando que a retirada da bandeja deve ser feita com cuidado, pois ela pode apresentar altas temperaturas.

### 4.3 COMPARAÇÕES NO MERCADO

Hoje existem vários equipamentos que fazem a purificação da água. Para esse trabalho, utilizaremos dois modelos para realizar comparações. As comparações serão feitas observando os mais diversos aspectos, como: facilidade de deslocamento, produção, custo e manutenção.

#### 4.3.1 DESSALINIZADOR SOLAR

A primeira comparação será feita com o dessalinizador solar de vidro, visto na Figura 2. Por se tratar de uma grande estufa de vidro, é geralmente colocado em local fixo.

O processo de purificação desse dessalinizador é o mesmo do equipamento apresentado nesse trabalho, purificação por evaporação. No entanto, depende unicamente do Sol para esquentar a água e, por isso, tem uma produção de água limpa pequena, gerando pouco mais de 20 litros por dia. Além disso, a sua produção pode oscilar muito conforme as condições meteorológicas, já que depende única e exclusivamente do Sol.

O custo dos dois é bem parecido, o solar de vidro custa aproximadamente 1.200,00 reais, enquanto o equipamento apresentado no trabalho não passa dos 1.000,00 reais.

Para finalizar a comparação, o dessalinizador solar de vidro necessita de pouca manutenção. Seus componentes são feitos para trabalhar por longos períodos de tempo sem nenhuma intervenção. O equipamento apresentado nesse trabalho também precisa de pouca manutenção, mas alguns de seus componentes precisam ser substituídos periodicamente.

#### 4.3.2 DESSALINIZADOR DE ÁGUA MARINHA

A segunda comparação será feita com o equipamento portátil para dessalinizar água do mar, modelo YB-SWRO-500LPD, visto na Figura 15. Apesar de ser portátil, tem um peso líquido de 60 kg, quase três vezes maior do que o equipamento aqui apresentado.

Tem uma produção de água limpa maior, chegando a produzir 500 litros por dia, porém, o método de dessalização utilizado por esse equipamento consiste em passar a água salobra por uma série de filtros especiais, que vão reter todas as impurezas. Esse método de purificação torna o processo mais complicado, pois se houver algum problema em qualquer um dos filtros, o processo tem que ser parado até que o problema seja corrigido. No equipamento apresentado neste trabalho, o processo de purificação depende basicamente da resistência, que pode ser substituída rapidamente, sem muitos prejuízos a produção.

O custo do YB-SWRO-500LPD é muito maior, sendo vendido por aproximadamente 3.000,00 dólares, enquanto o equipamento apresentado no trabalho não passa dos 1.000,00 reais. Além disso, o YB-SWRO-500LPD usa dois motores, que precisam de energia elétrica estável para funcionar, representando uma dificuldade técnica, pois não pode ser colocado em qualquer lugar, além de representar também um custo a mais no processo com a energia consumida.

Por fim, a manutenção do dessalinizador marinho é muito mais complexa, necessitando de pessoal qualificado para fazê-la, além do que, seus componentes são bastante específicos, o que pode dificultar na hora de encontrar no mercado. Além disso, componentes como os filtros devem ser trocados periodicamente, de acordo com o fabricante os filtros de 1,5 e 1 micrômetro devem ser trocados a cada três meses, o filtro de carbono a cada seis meses, a lâmpada uma vez por ano e a membrana a cada três anos, fazendo com que o custo total do processo seja elevado. O equipamento apresentado no trabalho requer manutenção simples, que pode ser realizada com um mínimo de

treinamento, além do que, seus componentes tem uma vida útil muito maior do que os do YB-SWRO-500LPD.

Figura 15 – Dessalinizador YB-SWRO-500LPD.



Fonte: Youber.

#### 4.4 PRIMEIRO TESTE

Em um dia ensolarado, o equipamento foi colocado em solo reto, com a bandeja cheia de água salobra. A temperatura ambiente era de aproximadamente 32° C. Depois de 30 minutos em funcionamento, a água entrou em ponto de ebulição e começou a evaporar.

O equipamento funcionou durante nove horas, até não haver mais radiação solar suficiente para aquecer a água. Durante esse período foram gerados aproximadamente 55 litros de água limpa.

Não foi necessário fazer limpeza da bandeja, pois as impurezas presentes não tinham volume significativo para prejudicar o teste. A cada hora de funcionamento mais água salobra foi adicionada a bandeja.

O equipamento não apresentou nenhum problema, funcionando como foi projetado durante todo o teste. A água já purificada foi armazenada em um recipiente medidor.

## 4.5 SEGUNDO TESTE

Diferentemente do primeiro teste, este foi realizado em um dia chuvoso. O equipamento foi colocado em solo reto, com a bandeja cheia de água salobra. A temperatura ambiente era de aproximadamente 24° C. Passados aproximadamente 90 minutos em funcionamento, a água entrou em ponto de ebulição e começou a evaporar.

O equipamento funcionou durante seis horas, até não haver mais radiação solar suficiente para aquecer a água. Durante esse período foram gerados aproximadamente 15 litros de água limpa.

Não foi necessário fazer limpeza da bandeja, pois as impurezas presentes não tinham volume significativo para prejudicar o teste. A cada duas horas de funcionamento mais água salobra foi adicionada a bandeja.

O equipamento não apresentou nenhum problema, funcionando como foi projetado durante todo o teste. A água já purificada foi armazenada em um recipiente medidor.

## 4.6 APERFEIÇOAMENTO

Esse primeiro protótipo foi construído exclusivamente para testar a viabilidade do projeto, sem levar em consideração a máxima eficiência. Portanto, algumas medidas podem ser tomadas para melhorar o desempenho do equipamento. Abaixo pode-se ver algumas dessas medidas.

1 – Diminuir a quantidade de água na bandeja, fazendo com que o tempo para o processo de evaporação começar seja menor, aumentando assim a produção. O ideal é manter um nível de água suficiente para cobrir a resistência;

2 – Quando o equipamento é abastecido com água salobra, a temperatura da bandeja cai, portanto, o ideal seria manter um fio contínuo de água salobra alimentando a bandeja, mantendo o equipamento sempre abastecido, mas sem diminuir muito a temperatura da água da bandeja;

3 – Aumentar a superfície de contato da bandeja, fazendo com que a temperatura externa influencie mais no processo, ajudando a aumentar a temperatura interna do equipamento;

4 - Em vez de escorar o painel solar no próprio equipamento, colocar uma estrutura de apoio, de forma que o painel solar possa ficar angulado para o ponto de máxima eficiência;

5 - Toda a estrutura externa pode ser pintada de preto, fazendo com que ela absorva a luz solar, transformando-a em calor, aumentando também a temperatura interna do equipamento;

6 – Nesse experimento foi utilizado um painel solar qualquer, sem nenhum projeto. Portanto, o painel tanto pode estar fornecendo mais energia do que o necessário, resultando em um desperdício de energia, como pode estar fornecendo menos energia do que o necessário para o processo, resultando em perda de tempo para começar a evaporação, diminuindo assim a eficiência do equipamento. O ideal seria procurar um painel que forneça potência suficiente para manter a água da bandeja constantemente em ebulição, evitando assim desperdício de energia e mantendo o equipamento funcionando com máxima eficiência.

## 4.7 CONCLUSÕES

É um aparelho robusto, de funcionamento confiável e manutenção simples, que pode ser realizada por alguém com pouquíssimo treinamento. Tem um preço bastante acessível, além de ser leve e de fácil montagem, fazendo com que possa ser movido

facilmente, sem a necessidade de equipamentos ou de pessoal treinado para tal. Seus componentes são facilmente encontrados no mercado, fazendo com que a substituição deles seja tranquila. Tem uma produção de água limpa satisfatória, sem depender de condições meteorológicas. Pelas comparações feitas, pode-se ver que o equipamento aqui apresentado supera alguns dos modelos disponíveis no mercado.

## 5 CONCLUSÃO

Com os testes feitos pode-se concluir que o equipamento foi satisfatório. Levando em consideração que um modelo vendido industrialmente, que é basicamente uma estufa de vidro (de dimensão 2x2 m), consegue produzir pouco mais de 20 litros de água limpa por dia, o equipamento aqui discutido consegue produzir quase três vezes mais, utilizando uma área muito menor. Mesmo em dia de chuva, o equipamento consegue produzir aproximadamente 30 litros de água limpa por dia.

Como visto antes, algumas ideias podem melhorar ainda mais o desempenho do equipamento, tornando-o ainda mais eficiente.

Foi possível perceber que o equipamento apresentado neste trabalho utiliza uma resistência para potencializar a evaporação da água, conseguindo assim uma produção maior.

## REFERÊNCIAS

BNT. *NBR 5410 - Instalações elétricas de baixa tensão*. Associação Brasileira de Normas Técnicas. [S.l.]: ABNT. 2008.

Grupo de Trabalho de Energia Solar (CRESESB, CEPEL). *Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos*. Rio de Janeiro, RJ: CRESESB, 1999.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil). *Atlas de energia elétrica do Brasil*. Brasília, DF: ANEEL, 2002.

CRESESB, 2005. *Energia solar – Princípios e Aplicações*.

ALTENER. (2004). *Energia fotovoltaica - Manual sobre Tecnologias, Projecto e Instalação*.

GALDINO, J. T., & PINHO, M. A. (2014). *Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos* (Revisada e Atualizada ed.). CEPEL – CRESESB. Rio de Janeiro.

G1. (2015). Dessalinizador transforma água salgada em potável sem usar energia. Acesso em 19 de 07 de 2019, disponível em G1: <http://g1.globo.com/jornal-hoje/noticia/2015/07/dessalinizador-transforma-agua-salgada-em-potavel-sem-usar-energia.html>

G1. (2019). Mais de 80% dos poços perfurados na PB dão água imprópria para consumo ou têm vazão baixa. Acesso em 20 de 07 de 2019, disponível em G1: <https://g1.globo.com/pb/paraiba/noticia/2019/03/22/mais-de-80percent-dos-pocos-perfurados-na-pb-dao-agua-impropria-para-consumo-ou-tem-vazao-baixa.ghtml>

Agência Brasil. (2019). Dessalinizador de baixo custo garante água potável no semiárido. Acesso em 16 de 07 de 2019, disponível em Agência Brasil: <http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2019-04/dessalinizador-de-baixo-custo-garante-agua-potavel-no-semiarido>

Material Fotovoltaico. Célula de silício amorfo. Acesso em 14 de 07 de 2019, disponível em Material Fotovoltaico: <http://materialfotovoltaico.com.mx/tecnologias/c%C3%A9lula-de-silicio-amorfo.html>

Energia Solar. Tipos de células fotovoltaicas. Acesso em 14 de 07 de 2019, disponível em Energia Solar: <https://pt.solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/tipos-celulas-fotovoltaicas>

Youber. Portable seawater desalinator. Acesso em 17 de 07 de 2019, disponível em Youber: <http://www.youberchina.com/portable-seawater-desalination-machine-/500l/d-portable-seawater-desalination-ro-system-for-fishing-boats-.html>

Material Fotovoltaico. Célula de silício amorfo. Acesso em 15 de 07 de 2019, disponível em Material Fotovoltaico: <http://materialfotovoltaico.com.mx/tecnologias/c%C3%A9lula-de-silicio-amorfo.html>