

Uma revisão sistemática da literatura sobre os parâmetros que influenciam na produtividade dos dessalinizadores solares



A systematic literature review of the influencing parameters on solar stills productivity



- **Data de entrada:** 03/12/2021
- **Data de aprovação:** 28/04/2023

Lenilson Olinto Rocha^{1*} | Carlos Antonio Pereira de Lima² | Keila Machado de Medeiros² | Luana Marques Souza Farias³ | Jonhatan Magno Norte da Silva⁴

DOI: <https://doi.org/10.36659/dae.2024.022>

ORCID ID

Rocha LO  <https://orcid.org/0000-0003-4672-201X>
Lima CAP  <https://orcid.org/0000-0002-1301-6066>

Medeiros KM  <https://orcid.org/0000-0001-9250-1432>
Farias LMS  <https://orcid.org/0000-0002-0738-9560>
Silva JMN  <https://orcid.org/0000-0003-4084-9511>

Resumo

A dessalinização solar é uma tecnologia limpa, de baixo custo, produz poucos resíduos e pode atenuar a escassez de água para o consumo humano. Entretanto, a produtividade de um sistema de dessalinização solar convencional é relativamente baixa. Desse modo, esta pesquisa objetiva elaborar uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) sobre os parâmetros que influenciam na produtividade de um dessalinizador solar de baixo custo. Identificou-se que o dessalinizador solar convencional é o mais utilizado para realizar pesquisas, modificações e comparar a produtividade entre os equipamentos modificados e o convencional. Os materiais de mudança de fase são apontados como uma alternativa de baixo custo para aumentar a produção de água purificada, outras tecnologias como os tubos evacuados, concentradores e coletores solares também são apontadas, mas com menor frequência e relacionadas a um custo maior. Com a RSL é possível elaborar um projeto de dessalinizador solar baseado na ciência já conhecida sobre a tecnologia, assim, otimizando os recursos e tempo para o desenvolvimento de um equipamento de baixo custo, eficiente e mais produtivo.

Palavras-chave: Dessalinizador solar. Água potável. Dessalinização. Baixo custo. Eficiência.

Abstract

Solar still is a low-cost, clean technology that produces few residues and can mitigate water scarcity for human consumption. However, the productivity of a conventional solar still system is relatively low. Thus, this research conducted a systematic literature review (SLR) on the parameters that influence a low-cost solar still productivity. Results show that the conventional solar still is the most commonly used for research, modifications, and comparing productivity between modified and conventional equipment. Phase change materials are a low-cost alternative to increase purified water production; other technologies such as evacuated tubes, concentrators, and solar collectors are less mentioned and associated with a higher cost. A systematic review allow us to design a solar still project based on the science already known about the technology, thus optimizing resources and time for developing a low-cost, efficient, and more productive equipment.

Keywords: Solar still. Potable water. Desalination. Low cost. Efficiency.

¹ Universidade Federal do Vale do São Francisco – Salgueiro, PE – Brasil

² Universidade Estadual da Paraíba

³ Universidade Federal da Paraíba

⁴ Universidade Federal de Alagoas

* **Autor correspondente:** lenilson.olinto@univasf.edu.br.

1 INTRODUÇÃO

A falta de água potável, saneamento básico e condições adequadas de higiene estão diretamente relacionados com várias doenças, as quais em 2016 contribuíram para a morte de cerca de 1,7 milhões de pessoas, em que a maior parte das vítimas residia em países com índices elevados de vulnerabilidade e desigualdade social (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 2019; Prüss-Ustün *et al.*, 2019).

Conforme a Organização Mundial de Saúde (OMS) (2019), pode-se atribuir que 3,3% das mortes globais estão relacionadas com a falta de água, saneamento e higiene. Em 2020, com a pandemia da covid-19, a problemática do acesso à água potável ganhou novos contornos. Para Ekumah *et al.* (2020) os indivíduos que não têm acesso aos recursos básicos, como a água potável, e em localidades com fortes indicadores de desigualdade social, podem apresentar maior probabilidade de violar as medidas de prevenção e distanciamento social, dado que buscam atender suas demandas por água, alimentação e saneamento.

Uma forma de atenuar a escassez de água para consumo humano é a utilização de tecnologias limpas, como a dessalinização solar, dado que é uma tecnologia que produz poucos resíduos, seu sistema de captação é adaptável, abundante e de baixo custo (Eltawil; Zhengming; Yuan, 2009; Shahzad, 2017).

Singh *et al.* (2019) e Velmurugan *et al.* (2008) afirmam que esforços científicos têm sido feitos com a finalidade de melhorar a produtividade dos dessalinizadores solares. Desse modo, visando contribuir para a temática dos recursos hídricos, esta pesquisa tem por objetivo elaborar uma revisão sistemática da literatura sobre os parâmetros que influenciam a produtividade de um dessalinizador solar de baixo custo.

2 METODOLOGIA

Para o cumprimento do objetivo deste estudo, foi utilizada como metodologia a Revisão Sistemática

da Literatura (RSL), buscando-se obter uma visão abrangente e robusta acerca do que tem sido estudado com relação à temática dos dessalinizadores solares.

2.1 Formulação do problema

O primeiro passo para realizar uma RSL é a formulação de uma questão de pesquisa, etapa importante para se ter um foco no procedimento de busca. Desse modo, foi definida a seguinte questão: “quais os parâmetros (materiais de construção, modelos, tecnologias e desenhos) mais indicados, pela literatura específica, para o projeto de construção de um dessalinizador solar de baixo custo?”.

2.2 Localização e seleção de estudos

A próxima fase da RSL é a definição dos locais de busca da literatura específica, que nesse caso optou-se por três bases de dados científicos, uma vez que utilizar mais de uma base possibilita enriquecer a bibliografia com diferentes perspectivas. As bases de dados escolhidas foram: *Web of Science* (WOS), *Science Direct* e *Scielo*.

O período de busca foi definido em dez anos, o qual obedeceu ao intervalo de 2011 até 2021. Foram definidas para as buscas suas combinações (duplas e triplas) com os operadores Booleanos “AND” as palavras-chaves: “*Solar Still*”; “*Desalination*”; “*Fresh water*”; “*Low cost*” e “*Efficiency*”. Utilizou-se a sequência “tópico-tópico” na combinação para a base de dados *Web of Science*, e nos títulos, resumos e palavras-chave para as bases de dados *Science Direct* e *Scielo*.

Ao realizar a busca na base *Web of Science* foi possível encontrar um total de 1.858 estudos, na base de dados da *Science Direct* o quantitativo encontrado foi de 1.050 publicações, e na base de dados da *Scielo* só foi possível encontrar um total de seis publicações. Desse modo, após realizar as buscas nas bases de dados, chegou-se a um total de 2.914 artigos.

2.3 Filtragem dos estudos

Para a filtragem e síntese dos estudos, seguiu-se uma sequência de oito etapas: (i) exclusão de livros e capítulos de livros, que é realizada logo após a busca em cada base de dados; (ii) eliminação de trabalhos duplicados; (iii) análise de títulos; (iv) análise de citações; (v) análise de resumos; (vi) análise de artigos excluídos dos últimos dois anos; (vii) análise de disponibilidade; e (viii) leitura integral dos artigos do portfólio final.

Para a organização dos estudos foi utilizado o software *EndNote*, recomendado para reunir, armazenar e organizar as referências (Donato; Donato, 2019), a partir do qual foi realizada a eliminação de duplicatas, exclusão de anônimos e análise de títulos. Na sequência os dados foram exportados utilizando o software Microsoft Excel, onde foram realizadas as análises de citações e dos resumos.

Na análise de citações, fez-se o somatório da quantidade de citações dos trabalhos resultantes da análise de títulos e foram selecionados os artigos incluídos em um percentual de 80% do total de citações, como sugerido por Farias *et al.* (2019). Utilizou-se o Google Scholar para realizar a busca do quantitativo de citações. Após a análise dos resumos, foi feita uma análise dos artigos dos últimos dois anos (2020 a 2021), com o intuito de verificar estudos que tenham sido excluídos na análise de citações, mas que sejam importantes para o desenvolvimento do estudo. Dessa análise, oito artigos foram reincluídos no conjunto de textos.

Ao final da realização do procedimento de filtragem, selecionou-se um total de 48 artigos para compor o portfólio final. A quantidade de artigos após as buscas nas bases de dados, bem como de cada etapa do procedimento de filtragem pode ser observada na representação esquemática conforme a Figura 1.

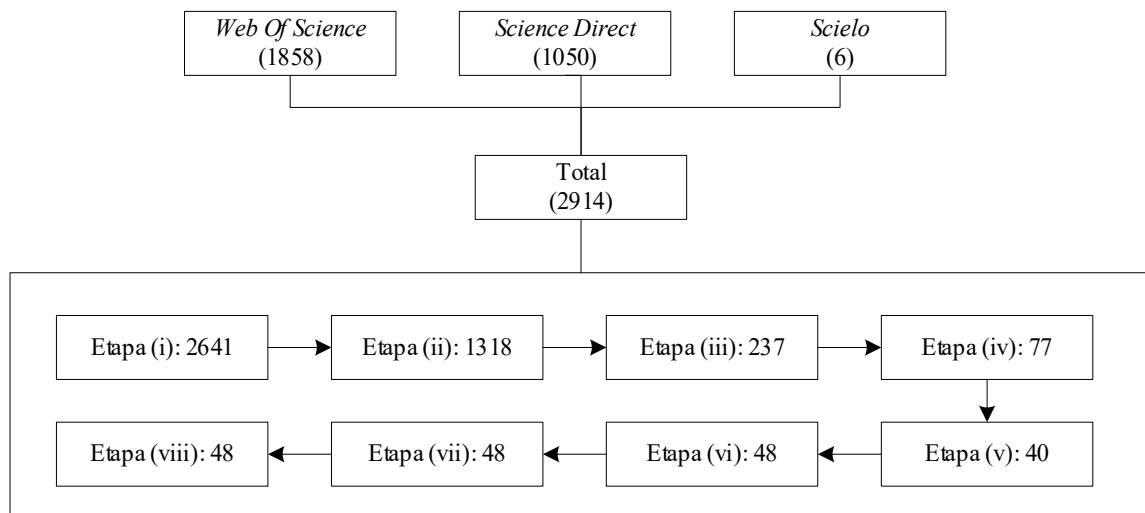


Figura 1 – Quantitativos da busca e procedimento de filtragem.

2.4 Análise dos estudos

Por fim, os 48 estudos selecionados foram analisados. Em relação à análise bibliométrica, classificou-se os estudos de acordo com os anos das publicações, periódicos, fator de impacto

ou indicador de impacto e as metodologias utilizadas. Para análise do fator ou indicador de impacto das publicações, serão identificados o fator de impacto (*Journal Impact Factor - JIF*) ou o indicador de impacto (*SCImago Journal Rank -*

SJR) de cada um dos periódicos. Sendo o JIF uma métrica do *Journal Citation Reports* (JCR), para os artigos indexados na base de dados do *Web of Science* (WOS), e o SJR uma métrica alternativa para aqueles estudos que não estão indexados no WOS.

Para a análise qualitativa, inicialmente foi feito um levantamento dos parâmetros que afetam

a produtividade dos dessalinizadores solares, e na sequência uma análise das técnicas descritas nos estudos que tiveram o intuito de melhorar o desempenho dos dessalinizadores, buscando uma maior eficiência e um menor custo. Os resultados dessa fase serão apresentados na seção a seguir.

A Figura 2 resume as fases da RSL utilizadas neste estudo.

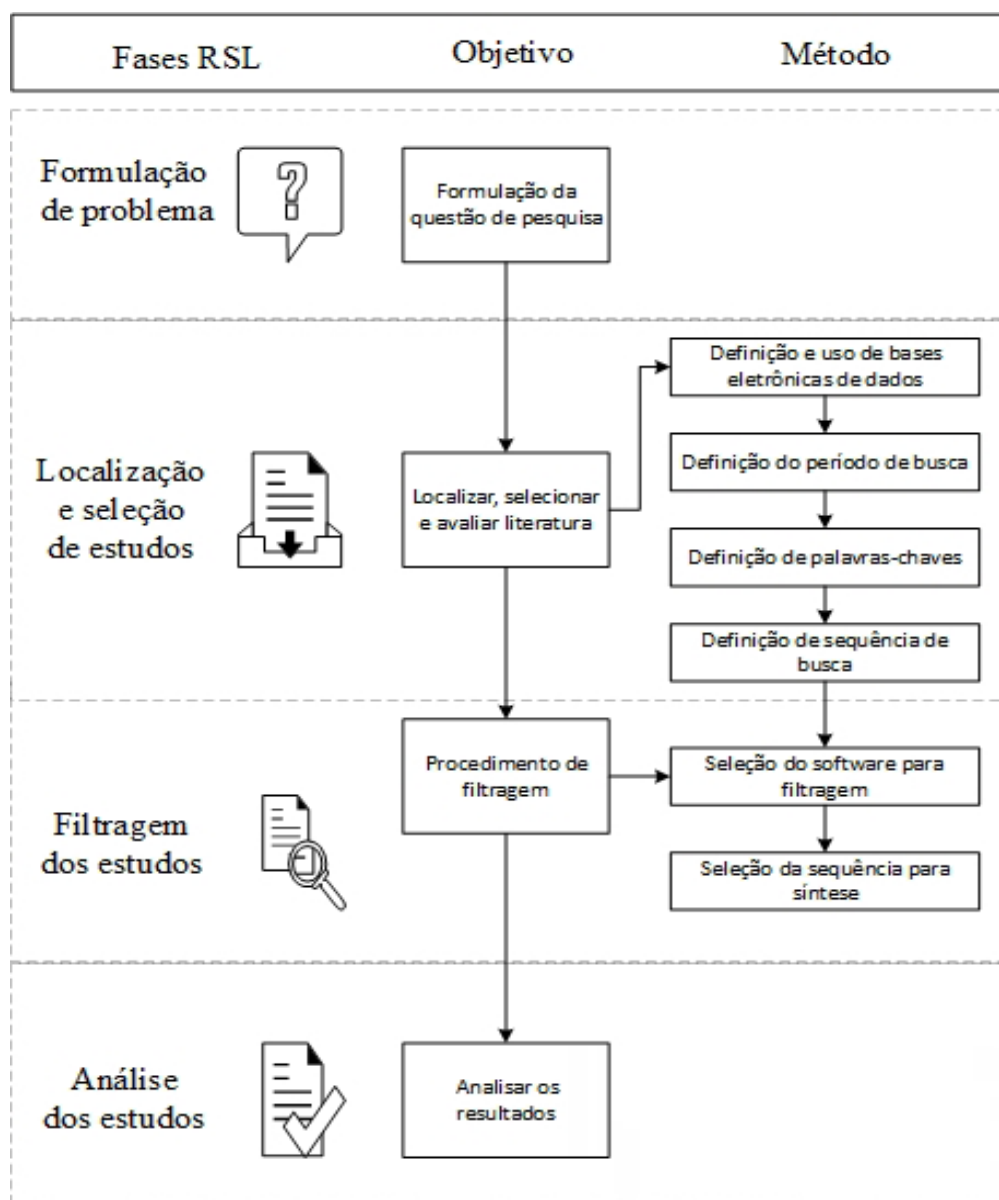


Figura 2 - Fases da Revisão Sistemática da Literatura (RSL).

Fonte: GARZA-REYES (2015) e FARIAS *et al.* (2019).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Análise bibliométrica

Para a análise bibliométrica dos 48 estudos selecionados a partir da revisão sistemática da literatura, inicialmente foi realizada a análise da evolução das publicações, a qual pode ser verificada na Figura 3.

Percebe-se uma grande quantidade de publicações concentrada em 2019, sendo possível observar um padrão crescente do volume publicado até o referido ano. Nota-se uma redução no

crescimento de publicações no ano de 2020 e a volta do crescimento em 2021. Essa característica pode estar relacionada à pandemia da covid-19 a qual o mundo como um todo foi impactado, sendo o ano de 2020 o início da pandemia, uma vez que ocorreu uma grande redução do crescimento dos estudos, e uma retomada em 2021, ano em que foi descoberta a vacina para o vírus e iniciada a vacinação da população mundial. Apesar dessa quebra, é possível constatar que o tema é um campo de pesquisa emergente, com o número de publicações crescendo ao longo do tempo.

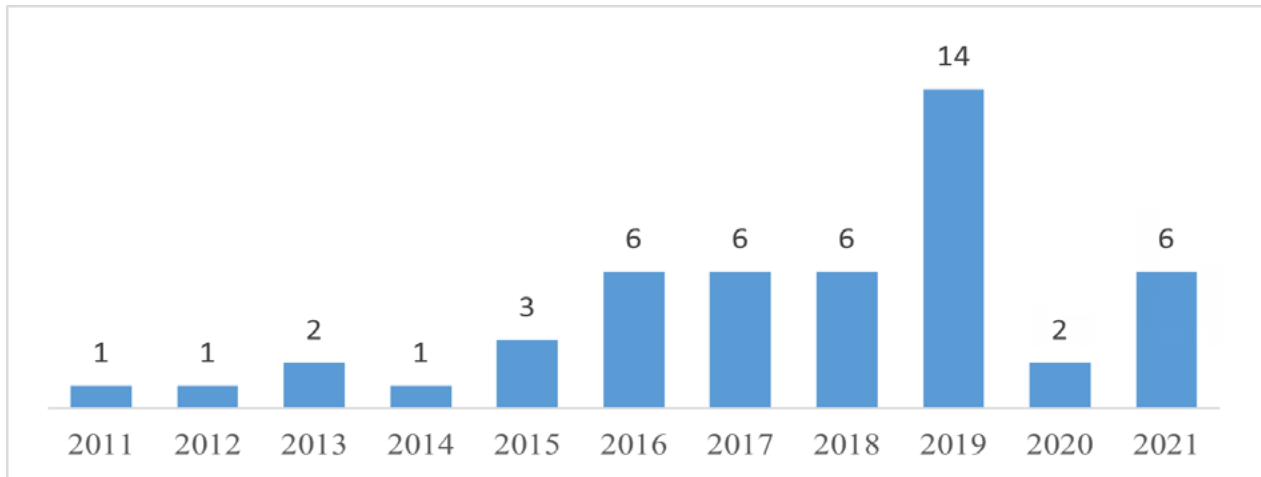


Figura 3 – Evolução das publicações.

No que se refere aos periódicos publicados, os estudos distribuíram-se em 19 periódicos distintos, estando o maior número de publicações no periódico *Desalination*, que apresenta fator de impacto de 9.501. Como pode-se verificar na Tabela 1, os periódicos foram classificados de acordo com o fator de impacto ou o indicador de impacto, estando o periódico *Renewable and Sustainable Energy Reviews* na primeira colocação, com um fator de impacto de 14.982 e somando um total de sete artigos publicados no período de busca da RSL, o qual representa o segundo lugar em quantitativos de artigos publicados.

Outro periódico que se destacou na quantidade de artigos encontrados, foi o periódico *Journal of Cleaner Production*, com um total de seis artigos e um fator de impacto de 9.297. Assim, é possível constatar que a maior quantidade de estudos na temática concentrou-se nos cinco periódicos de maior fator de impacto, totalizando 29 estudos, entre os 48 encontrados, equivalendo, portanto, a um percentual de 60,42%. Tal fato aproxima-se com o princípio de Pareto, pois cerca de 25% dos periódicos mais influentes somam mais de 60% de todas as publicações sobre a temática da dessalinização solar.

Tabela 1 – Quantidade de artigos por periódico e seu fator de impacto.

Periódicos	Fator de impacto/indicador de impacto	Nº de artigos
<i>Renewable and Sustainable Energy Reviews</i>	14.982	7
<i>Applied Energy</i>	9.746	2
<i>Energy Conversion and Management</i>	9.709	2
<i>Desalination</i>	9.501	12
<i>Journal of Cleaner Production</i>	9.297	6
<i>Renewable Energy</i>	8.001	1
<i>Journal of Energy Storage</i>	6.583	1
<i>Solar Energy</i>	5.742	1
<i>Applied Thermal Engineering</i>	5.295	4
<i>Environmental Science and Pollution Research</i>	4.223	1
<i>Environmental Progress & Sustainable Energy</i>	2.431	1
<i>Journal of Solar Energy Engineering</i>	2.384	1
<i>Thermal Science</i>	1.625	1
<i>Groundwater for Sustainable Development</i>	1.011	1
<i>Energy Procedia</i>	0.474	1
<i>International Journal of Ambient Energy</i>	0.449	2
<i>Technology and Economics of Smart Grids and Sustainable Energy</i>	0.418	1
<i>Materials Today: Proceedings</i>	0.341	3

Por fim, em se tratando da metodologia utilizada pelos autores nos artigos encontrados, foi possível verificar que as pesquisas na temática se concentram em artigos de revisão da literatura e em estudos experimentais. Verificou-se que o interesse dos pesquisadores por ambas as metodologias é alto, uma vez que foram encontrados um total de 26 artigos de revisão da literatura e 22 artigos de estudos experimentais, equivalendo, portanto, a um percentual de 54,17% e 45,83%.

3.2 Análise qualitativa

3.2.1 Parâmetros que interferem nos projetos dos dessalinizadores solares

Ao analisar os artigos obtidos a partir da RSL, foi possível identificar diversos aspectos com relação à dessalinização solar, principalmente

em se tratando da produtividade de água potável dos dessalinizadores solares e parâmetros que podem influenciá-la. São diversos os parâmetros citados que podem interferir nessa produtividade, os quais podem ser classificados em ambientais, de design e operacionais (Abujazar *et al.*, 2016; Nougriaya *et al.*, 2021).

Os parâmetros ambientais se referem aos fatores meteorológicos, como a radiação solar, temperatura do ar ou temperatura ambiente, e velocidade do vento, os quais são imprevisíveis e não podem ser controlados (Panchal; Patel, 2017; Selvaraj; Natarajan, 2018; Sharshir *et al.*, 2016; Yadav; Sudhakar, 2015). A produtividade do dessalinizador solar está diretamente relacionada à intensidade da radiação solar, à temperatura

ambiente e à velocidade do vento (Panchal; Patel, 2017; Sharshir *et al.*, 2016).

Com relação aos parâmetros de design, os autores abordam principalmente aspectos relacionados à cobertura do dessalinizador, bem como a área da superfície (local útil da bandeja que será a superfície de evaporação) e a profundidade da lâmina d'água na bandeja do dessalinizador. Para a cobertura do dessalinizador, o vidro é o material mais utilizado, pois em comparação com as coberturas de materiais poliméricos, tais quais o polimetilmetacrilato ou o polietileno, o vidro apresenta os melhores resultados na produtividade ao longo do tempo de operação do equipamento (Sharshir *et al.*, 2016). O ângulo de inclinação da cobertura também tem relação com a produtividade, sendo o ângulo ideal de inclinação do dessalinizador solar equivalente ao da latitude do local, uma vez que irá permitir que a cobertura receba a radiação solar próxima do normal em todas as estações do ano (Nayi; Modi, 2018; Khalifa, 2011; Panchal; Patel, 2017; Sathyamurth *et al.*, 2017; Selvaraj; Natarajanb, 2018; Sharshir *et al.*, 2016).

Diversos estudos afirmam que a temperatura da cobertura de vidro desempenha um papel importante na produtividade do dessalinizador, à medida que baixar a temperatura da cobertura de vidro ajuda a aumentar a produtividade, uma vez que a taxa de condensação no dessalinizador solar é aumentada pelo resfriamento da cobertura de vidro (Arunkumar *et al.*, 2019; Kabeel *et al.*, 2017; Kumar *et al.*, 2021; Panchal; Patel, 2017; Sathyamurth *et al.*, 2017). A condutividade térmica do material de cobertura também está associada ao desempenho do dessalinizador (Panchal; Patel, 2017). Desse modo, conforme os estudos de Cheng, Huo e Nian (2019), Faeilizadeh *et al.* (2017), Kabeel, El-samadony, El-maghlany (2018) e Kabeel *et al.* (2019a), é preferível uma espessura em torno de 4 mm para o vidro comum não temperado que servirá de cobertura do dessalinizador.

A temperatura da água no dessalinizador também é discutida nos trabalhos encontrados, uma vez que ao aumentar a temperatura inicial da água na bandeja do dessalinizador, a produtividade dele também é aumentada (Kabeel *et al.*, 2017; Panchal; Patel, 2017; Sathyamurth *et al.*, 2017; Selvaraj; Natarajanb, 2018).

A profundidade da lâmina d'água na bandeja do dessalinizador solar apresenta a mesma relação, uma vez que a diminuição da altura da lâmina d'água proporciona uma maior produtividade, pois o coeficiente de transferência de calor evaporativo aumenta, ou seja, a mudança de fase da água para o vapor ocorre rapidamente com a menor profundidade, sendo esta considerada mais produtiva quando varia de 1 cm até 2 cm (Jani; Modi, 2018; Kabeel *et al.*, 2017; Nayi; Modi, 2018; Nougriaya *et al.*, 2021; Selvaraj; Natarajanb, 2018; Sharshir *et al.*, 2016).

Já a maior abrangência da área de superfície livre da água aumenta a taxa de evaporação, por isso em muitos equipamentos são utilizadas superfícies rugosas, capilares de algodão e outros materiais que possam ampliar o contato da massa d'água com o ar aquecido, aumentando assim a área de superfície para a evaporação e conseqüentemente a produtividade (Selvaraj; Natarajanb, 2018).

No que tange aos parâmetros operacionais, estes serão abordados no item 3.2.2, e fazem referência às tecnologias que possam ampliar a eficiência térmica dos aparelhos até as variações dos parâmetros físicos de operação, como aumentar ou diminuir a vazão de entrada de água do sistema, utilizar superfícies rugosas ou porosas para aumentar a área de troca de calor da água, entre outros. Nesse sentido, o item 3.2.2 apresenta os parâmetros divididos em modelos e técnicas que foram identificadas a partir da RSL. A Figura 4 apresenta os tipos de dessalinizadores solares mais frequentes encontrados na literatura.

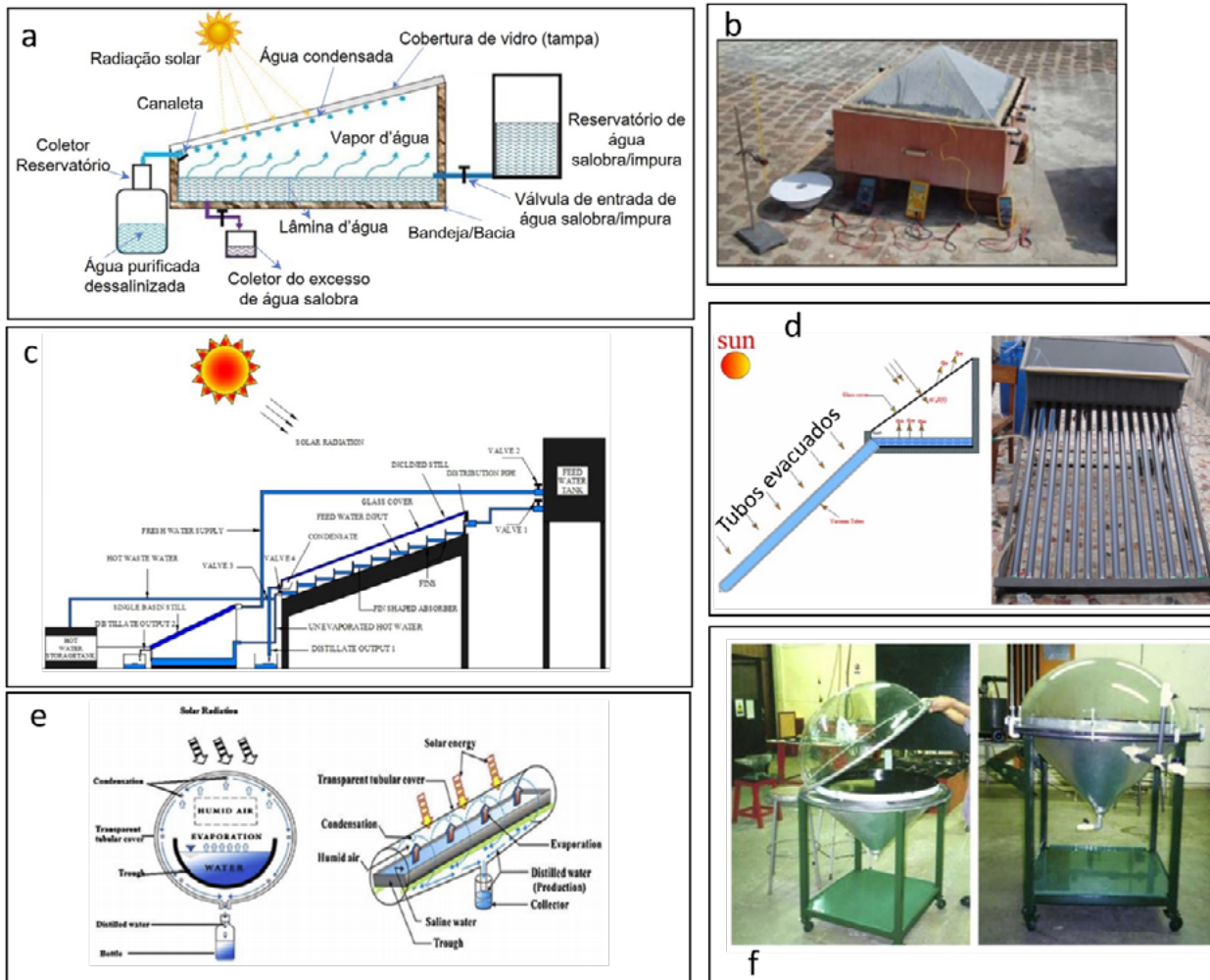


Figura 4 - Tipos de dessalinizadores solares.

Legenda: a - dessalinizador solar convencional; b - dessalinizador solar pirâmide; c - dessalinizador solar em degrau; d - dessalinizador solar convencional acoplado a tubos evacuados; e - dessalinizador solar tubular; e f - dessalinizador solar hemisférico.

Fonte: Adaptado de Arunkumar *et al.* (2019).

3.2.2 Modelos e técnicas utilizadas nos dessalinizadores solares

De acordo com Arunkumar *et al.* (2019), o cálculo da produtividade de um dessalinizador solar convencional (DSC) está associado à área da bandeja do equipamento, a qual corresponde a superfície útil de evaporação. Essa produtividade relaciona o quanto um dessalinizador solar produz de água purificada por dia pela área da bandeja. A produtividade média de um DSC é de cerca de 2 a 5 litros (L) de água purificada por dia, para cada metro qua-

drado de superfície útil de evaporação (bandeja). A Organização Mundial de Saúde (OMS) recomenda o consumo mínimo de 2 L de água potável por dia para a sobrevivência de uma pessoa, assim a média de produção de água potável de um DSC por m²/dia atenderia somente a dessedentação humana.

Contudo, além da dessedentação humana, existem outras demandas diárias por água potável que um indivíduo necessita, como práticas da higiene sanitária, a cocção e produção de alimentos e outras

atividades associadas ao bem-estar humano. Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), cerca de 110 L de água potável por dia são suficientes para atender o bem-estar hídrico de uma pessoa. Então, aumentar a produtividade dos equipamentos de dessalinização solar é fundamental para que a tecnologia possa atender efetivamente a demanda de água/dia de um indivíduo.

Diversos estudos abordam os modelos e materiais que podem ser utilizados para a construção de dessalinizadores mais eficientes. Sharshir *et al.* (2016) identificaram as seguintes técnicas utilizadas para melhoria do desempenho dos dessalinizadores: uso de cubos de esponja e mechas, técnica de vácuo por condensador externo e interno, combinação dos dessalinizadores solares com refletores solares, DSC acoplado a coletor solar e utilização de materiais de mudança de fase (PCM), dessalinizador solar escalonado modificado e DSC com nanopartículas. Os materiais de mudança de fase (PCM) e materiais absorventes de calor (os quais absorvem e retêm o calor por mais tempo) usados no DSC contribuem para uma produção eficiente, uma vez que aumentam o armazenamento de energia interna no sistema (Kabeel *et al.*, 2017; Kumar *et al.*, 2021; Naveenkumar *et al.*, 2020).

A parafina como PCM foi estudada devido às suas propriedades físicas, químicas e econômicas com segurança e confiabilidade (Nougriaya *et al.*, 2021). No estudo de Tuly *et al.* (2021), a produtividade teve uma melhoria substancial em um sistema de dessalinização assistida por concentrador solar (que são sistemas de espelhos ou refletores que concentram toda a radiação solar em um único ponto) utilizando cera de parafina como PCM. O uso de materiais absorventes de calor corrobora o aumento da produtividade dos dessalinizadores solares (Kumar *et al.*, 2021). E de acordo com Panchal e Patel (2017), o cascalho de granito preto e as rochas pretas são exemplos de materiais que absorvem e retêm calor por longos períodos de tempo. A borracha preta também pode ser adicionada à bandeja para o

aumento da taxa de absorção de energia térmica (Sathyamurth *et al.*, 2017).

A temperatura mais alta inicial de água pode ser obtida usando tubos evacuados, uma vez que o vácuo dentro do tubo de vidro permite armazenar uma alta porcentagem de calor (Mevada *et al.*, 2019). Nanopartículas de alta condutividade térmica, como o Al_2O_3 , SnO_2 , ZnO , CuO , SiC , GO , Fe_3O_4 , MnO_2 , TiO_2 , Cu_2O e nanotubos de carbono, aumentam a diferença de temperatura entre a água e a cobertura, promovendo assim maior produtividade do dessalinizador solar (Tuly *et al.*, 2021).

Mevada *et al.* (2019) pesquisaram a combinação da juta preta (fibra vegetal) e de nanofluidos com tubos evacuados em diferentes equipamentos de dessalinização solar. Os autores constataram um aumento significativo da produtividade pela adição desses materiais, uma vez que o aumento nas taxas de absorção e retenção de energia térmica provocou o aumento nas taxas de evaporação, da água no interior dos equipamentos, por mais tempo do que o convencional. Para Selvaraj e Natarajanb (2018) a superfície do interior da bandeja de um dessalinizador solar precisa ser revestida com materiais que absorvem calor. Os autores indicaram a tinta preta fosca anticorrosiva, pois é um material de baixo custo e acessível comercialmente em várias regiões do mundo.

A eficiência de um dessalinizador solar é calculada a partir da razão entre a quantidade de água dessalinizada por dia sobre a área útil do equipamento (área da bandeja que será a superfície de evaporação) vezes a média diária de energia térmica total acumulada. Então, produzir mais água dessalinizada, em uma menor área de superfície de evaporação, a qual absorva e acumule mais energia térmica, é uma das formas para ter equipamentos mais eficientes.

Kabeel *et al.* (2019a) ao analisar dessalinizadores inclinados, identificaram que os modelos mais

eficientes, quando comparados ao um DSC, são o dessalinizador solar em cascata do tipo açude com PCM (que alcançou a produção diária de 6,7 L/m²/dia) e o dessalinizador solar simples de única inclinação com aletas de fixação na bandeja, espelhos retrovisores internos e externos e condensador externo (produção diária de 8,9 L/m²/dia).

Tiwari e Sahota (2017) pesquisaram dessalinizadores solares passivos, que são equipamentos que não recebem energia térmica de uma fonte externa e constataram que o dessalinizador solar de inclinação dupla tem melhor desempenho do que o de inclinação única. Os autores também afirmaram que o primeiro é mais econômico, mais sustentável e tem maior eficiência exergética.

Sathyamurth *et al.* (2017) verificaram que ao integrar o dessalinizador solar inclinado ao DSC o rendimento é aumentado, dado que a alimentação de água salina do deste é feita por gravidade e alimenta o segundo equipamento pelo excedente de água que não evaporou, seguindo o fluxo descendente, assim a massa de água que não evaporou no primeiro equipamento poderá evaporar no segundo. Desse modo, esse sistema não necessita de nenhuma forma de bombeamento adicional para alimentar o segundo dessalinizador.

EL-Sebaili e El-Bialy (2015) identificaram, ao analisar a literatura, que o dessalinizador solar passivo de bandeja tripla; dessalinizador solar escalonado (que apresenta a bandeja em forma de uma cascata, a qual a água escorre, por gravidade, do degrau mais elevado para os degraus inferiores) com refletores internos e material absorvente de calor; dessalinizador solar de bandeja dupla, com cobertura de inclinação dupla e efeito único com pavio; e o dessalinizador solar de bandeja dupla com condensador extra apresentam baixos custos fixos, por litro e rendimentos anuais elevados. De acordo com os autores, o dessalinizador solar passivo de bandeja tripla e o do tipo cascata com refletores internos têm o menor custo de pro-

dução, de cerca de US\$ 0,0099/L e US\$ 0,0197/L (dólares por litro), respectivamente.

Katekar e Deshmukhb (2021) realizaram uma análise técnico-econômica do custo de produção do equipamento pelo litro de água purificada por dia dos dessalinizadores solares ativos e passivos. Os autores concluíram que entre os diversos modelos de dessalinizadores solares passivos, o dessalinizador solar de inclinação única, com uma única bandeja (superfície de evaporação) e espelhos internos, é o projeto mais econômico, cerca de US\$ 0,0955/L/dia. Já para os dessalinizadores ativos, o dessalinizador solar de bandeja única com inclinação dupla e coletor de placa plana é o projeto mais econômico, variando entre US\$ 4,31/L/dia e US\$ 0,0078/L/dia).

Ainda de acordo com os autores, comparando todos os projetos de dessalinizadores solares, verificou-se que o dessalinizador solar fotovoltaico-térmico (que utiliza painéis solares para fornecer energia extra ao sistema no pré-aquecimento da água que vai ser dessalinizada) é o projeto mais econômico (US\$ 0,0013/L). Os autores concluem que o dessalinizador solar tubular, com o formato de cilindro reto, sistema de rastreamento do sol e concentrador parabólico (que compreende uma superfície espelhada em formato de uma parábola e com a função de concentrar a radiação solar em um único ponto), é o projeto ideal, dado que alcançou a produtividade de 4,71 L/m²/dia e o custo de US\$ 0,033/L.

Além das análises tecno-econômicas, os dessalinizadores solares também podem ser avaliados pelo grau de potabilidade ou de purificação da água que são capazes de produzir. No estudo de Silva *et al.* (2020) foram avaliados os padrões de potabilidade estabelecidos pela portaria de consolidação n. 005/2017 do Ministério da Saúde, e concluíram que o dessalinizador solar experimental utilizado na pesquisa foi capaz de purificar a água salobra e atender aos padrões brasileiros de potabilidade.

Segundo Brito *et al.* (2020), um equipamento de dessalinização solar eficiente é capaz de remover os sais da água, uma vez que para tornar essa água potável será necessário acrescentar alguns tipos de sais conforme a Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) n. 316, de 17 de outubro de 2019, do Ministério da Saúde.

No Brasil, outras iniciativas de pesquisas com a dessalinização solar também obtiveram resultados promissores. Por exemplo o trabalho de Lied *et al.* (2018), que construiu um dessalinizador solar convencional, em escala piloto, e atingiu

cerca de 0,8 L/m², reduzindo a turbidez acima de 80% e a Demanda Química de Oxigênio (DQO) em 20%. No trabalho de Azevedo *et al.* (2020) foram levantados os benefícios socioeconômicos do uso de dessalinizadores solares em regiões semiáridas. Os autores concluíram que a tecnologia pode ser empregada a um baixo custo mesmo em áreas em vulnerabilidade social.

A Tabela 2 contém uma síntese das informações obtidas dos trabalhos experimentais encontrados a partir da RSL.

Tabela 2 – Síntese dos trabalhos experimentais.

Autor e ano	País	Tipo de dessalinizador	Tecnologias extras envolvidas	Altura da lâmina d'água	Materiais de construção citados	Produtividade	Produtividade em relação ao DSC	Custo de água purificada	Custo de fabricação
Karuppusamy (2012)	Índia	Dessalinizador solar convencional acoplado à tubos evacuados	Emprego do cascalho preto como PCN	-	Alumínio; vidro; espuma de poliuretano	-	> 49,7%	<0,022 US\$/L	>US\$ 212
Ahsan <i>et al.</i> (2013)	Malásia	Dessalinizador solar triangular	-	(1,5; 2,5) cm	Polietileno; Tubos de PVC (policloreto de vinila); polimetilmetacrilato (perspex); Linha de Nylon; Fita adesiva; Madeira	(1,55; 1,60) L	-	-	US\$ 358,72
Singh <i>et al.</i> (2013)	Índia	Dessalinizador solar de inclinação única	Dessalinizador integrado com coletor tubular evacuado	3 cm	Bandeja em concreto, chapa de ferro galvanizado, plástico reforçado com fibra; Cobertura de vidro transparente com grampos de ferro; vedação com massa para janela.	3,8L/m ²	-	-	-
Kumar, Dubey e Tiwari (2014)	Índia	Dessalinizador solar de inclinação única	Integrado com coletor de tubo evacuado; bomba d'água	3 cm	Cobertura de vidro; tubos evacuados concêntricos de borossilicato	3,9L/m ²	-	US\$ 31,02/m ³	-
Bhardwaj, Kortenaar e Mudde (2015)	Países baixos	Dessalinizador solar convencional acoplado a condensadores extras	Aquecedor elétrico; Aumento da área da superfície de condensação; condensador	-	Polimetilmetacrilato (acrílico) para os condensadores extras; Vidro	-	50%	-	-
Kabeel e Abdelgaied (2016)	Egito	Dessalinizador solar convencional	Materiais de mudança de fase (PCN)	2 cm	Aço galvanizado; madeira; vidro; Parafina; tubos de PVC	7,54 L/dia	67,18%	0,032 US\$/L	-

continua...

Tabela 2 - Continuação...

Autor e ano	País	Tipo de dessalinizador	Tecnologias extras envolvidas	Altura da lâmina d'água	Materiais de construção citados	Produtividade	Produtividade em relação ao DSC	Custo de água purificada	Custo de fabricação
Kumar, Esakkimuthu e Murugavel (2016)	Índia	Dessalinizador convencional com adição de condensador externo e eixo agitador	Emprego da energia solar para alimentar motor do exaustor e eixo agitador	1 cm	Aço galvanizado, vidro; painel de energia solar, exaustor; condensador; eixo agitador	-	30,49%	-	-
Faegh e Shafi (2017)	Irã	Dessalinizador solar equipado com um sistema externo de armazenamento de calor latente e coletores de tubos evacuados	Utilização de PCNs e tubos de termosifão em um taque extra	2 cm	Tubos evacuados; parafina; tubos de termosifão; vidro; aço	6,55 L/dia	86%	0,015 US\$/L	-
Faeilzadeh et al. (2017)	Irã	Dessalinizador solar convencional	Variação de diferentes alturas da parede dos dessalinizadores e suas proporções (comprimento e largura)	2 cm	Vidro com 4mm e alumínio	-	-	-	-
Al-Harahsheh et al. (2018)	Jordânia	Dessalinizador solar convencional com emprego de materiais de mudança de fase	Acoplado a um coletor solar e recirculação da água bruta; Bandeja do dessalinizador revestida com tiossulfato de sódio pentahidratado atuando como PCN; Camada dupla da tampa de cobertura de vidro	(5; 8; 10) cm	Aço inoxidável; Vidro comum, baia e válvula de controle da água; Bobina de alumínio trocadora de calor; coletor solar modelo DSC 25; bomba de recirculação; Tiossulfato de sódio pentahidratado (PCN)	4,3 L/dia	-	0,05 US\$/L	US\$ 2.000
Kabeel, El-Samadony, El-Maghlany (2018)	Egito	Dessalinizador solar convencional; Dessalinizador solar com utilização de materiais de mudança de fase	Utilização de PCN/placas de grafite na bandeja	2 cm	Vidro, madeira, chapa galvanizada	>7 L/dia	74,89% - 80,5%	-	-
Cheng, Huo e Nian (2019)	China	Dessalinizador solar convencional com emprego de materiais de mudança de fase	Utilização de PCN nas placas absorvedoras em substituição à utilização de um metal convencional	2 cm	Vidro; Aço inoxidável	3,41 L/dia	43,30%	0,0243 US\$/L	US\$ 152,00
Kabeel et al. (2019b)	Egito	Dessalinizador solar do tipo pirâmide	Materiais de mudança de fase (PCN)	[1 a 3,5] cm	Vidro; aço; acrílico; madeira	6,6 L/dia	-	0,0107 US\$/L	US\$ 200,00
Kabeel, Abdelaziz e El-Said (2019)	Egito	Dessalinizador solar com refletor interno com material de mudança de fase (PCN)	Materiais de mudança de fase (PCN)	-	Aço galvanizado; madeira; vidro; Parafina; Cascalho preto	3,27 L/dia	-	~0,0014 US\$/L	US\$ 200,00

continua...

Tabela 2 – Continuação...

Autor e ano	País	Tipo de dessalinizador	Tecnologias extras envolvidas	Altura da lâmina d'água	Materiais de construção citados	Produtividade	Produtividade em relação ao DSC	Custo de água purificada	Custo de fabricação
Yousef, Hassan e Sekiguchi (2019)	Egito	Dessalinizador solar de inclinação única	Materiais absorventes	-	Vidro; Fibras de malha de aço (um novo meio poroso) e aletas de pino cilíndrico oco como materiais absorventes; forro da bacia em ferro zincado; folha isolante Armaflex como isolante térmico	-	16% com aletas de pino cilíndrico oco e 25% com fibras de lã de aço	0,0416 US\$ (com aletas) e 0,0343 US\$ (com fibras)	-
Yousef et al. (2019)	Egito	Dessalinizador solar de inclinação única	Dessalinizador com PCM; Dessalinizador com dissipador de calor com aletas de pino embutido no PCM	1,5 cm	Vidro; Ferro galvanizado para revestimento da bacia; folha de isolamento Armaflex como isolante térmico; junta de borracha para vedação da tampa; cera de parafina como PCM	-	Dessalinizador com PCM (redução de 7% durante o dia); Dessalinizador com dissipador de calor com aletas de pino embutido no PCM (aumento de 17%)	-	-
Yousef e Hassan (2019a)	Egito	Dessalinizador solar de inclinação única	Dessalinizador com PCM; Dessalinizador com PCM e dissipador de calor com aletas de pino embutido no PCM; Dessalinizador com PCM e fibras de malha de aço	-	Ferro galvanizado para forro da bandeja; isolamento Armaflex; juta de borracha para vedação; cera de parafina como PCM	3,572 – 3,685 L/dia	-	US\$ 0,051 (PCM); US\$0,054 (PCM-PF); 0,05 (PCM-SWF)	-
Wilson et al. (2019)	Índia	Dessalinizador solar de inclinação única	Absorvedor fototérmico	-	Algodão revestido de fuligem de vela como absorvedor	-	-	-	-
Vigneeswaran et al. (2019)	Índia	Dessalinizador solar de inclinação única	Dessalinizador com PCM monofásica (I) e com dois materiais de mudança de fase (II).	-	Bacia com ferro galvanizado; fundo isolado com compensado; folha de borracha abaixo do dessalinizador; cera de parafina como PCM;	I (4,020 L /m ² /dia; II (4,400 L / m ² /dia)	I (42,29%); II(46,29%)	-	-
Abdullah et al. (2020)	Arábia Saudita	DSC; Dessalinizador solar de inclinação única com bandeja solar	Refletores solares (com variação entre modelos e espelhos internos e externos)	(0,5; 1,0; 1,5; 2,0) cm	Aço galvanizado; Vidro; Fibra de vidro	4,5 L/dia	95% a mais do que o DSC	0,021 US\$/L	-
Fang, Mu e Tu (2021)	China	Dessalinizador solar de inclinação única	Três lentes ao redor do dessalinizador; um refletor na parte de trás do dessalinizador	15 cm	Vidro; Lentes de Fresnel	2,5 L/ m ²	32%	0,043 US\$ / kg	US\$ 282,49

Legenda: US\$ = Dólar americano; PCM = Material de mudança de fase; L = Litros; d = dia; kg = quilograma, cm = centímetro, m = metro, m² = metro quadrado.

4 CONCLUSÕES

O interesse da comunidade científica sobre a utilização eficiente dos recursos hídricos é notável pelo crescimento do número de publicações nos últimos anos. A pandemia da covid-19 enfatizou as desigualdades entre os povos no tocante ao acesso à água potável e um problema que já existia foi potencializado. O acesso a recursos hídricos de qualidade está cada vez mais limitado, desse modo tecnologias de purificação de água terão que ser utilizadas com mais frequência. A dessalinização solar é bastante promissora, pois, de forma simples, tenta suprir a demanda d'água purificada de um indivíduo a um custo relativamente baixo.

Porém, os equipamentos de dessalinização solar, pela baixa produção de água purificada por dia, necessitam de mais estudos e novas tecnologias para aumentar a quantidade produzida. Assim, esta RSL se propôs a estudar os parâmetros que influenciam a produtividade de um dessalinizador solar de baixo custo.

Então, esta RSL conclui que:

- Sobre uso de outras tecnologias associadas aos dessalinizadores solares: os materiais de mudança de fase (PCM) foram os mais citados como ferramentas que permitem aumentar a produtividade dos dessalinizadores solares, em que a parafina combinada com outros materiais apresenta melhores resultados;
- Sobre o fornecimento de energia extra ao sistema: foi constatado que os tubos evacuados foram mais eficientes em aumentar a produtividade dos dessalinizadores solares quando comparados a outros equipamentos como concentradores, refletores e coletores solares e ainda condensadores externos;
- Sobre o desenho do equipamento: o dessalinizador solar convencional de uma única inclinação é o mais utilizado, uma vez que permite modificações estruturais e comparações entre essas modifica-

ções e o modelo tradicional. O dessalinizador solar convencional é mais simples e possibilita alterar os materiais de construção, o ângulo de inclinação e o material da cobertura, os tipos de isolantes térmicos, os materiais para a bandeja e paredes do equipamento, a altura de lâmina d'água e o acoplamento a outras tecnologias de forma mais prática;

- Sobre os materiais de construção: a madeira é o material mais utilizado para compor a carcaça do equipamento. O aço galvanizado é o material mais frequente para construir a bandeja e reforçar as estruturas dos dessalinizadores solares. O vidro incolor não temperado (vidro comum) de espessura de 4 mm é o mais utilizado para a tampa de cobertura dos dessalinizadores solares. A tinta preta fosca foi apontada como preferível para pintar a bandeja do equipamento, porém poucos estudos relacionavam a adição de partículas absorvedora de energia térmica a essa tinta. A maioria dos autores preferem utilizar materiais de fácil disponibilidade para atenuar os custos de construção dos dessalinizadores solares.

- A altura da lâmina d'água ideal é por volta de 2 cm e as paredes do equipamento devem ter alturas próximas aos 10 cm para evitar sombreamento. As dimensões do equipamento devem seguir a orientação de manter a proporção de 0,40 entre o comprimento e a largura.

Por fim, a RSL cumpriu seu objetivo, uma vez que de posse dessas informações é possível elaborar um projeto de dessalinizador solar baseado na ciência já conhecida sobre a tecnologia, otimizando assim os recursos e tempo para o desenvolvimento de um equipamento de baixo custo e mais eficiente.

5 CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

Conceitualização, Rocha LO, Lima CAP e Medeiros KM; **Metodologia**, Silva JMN e Farias LMS; **Investigação**, Rocha LO, Farias LMS Borges e Lima CAP; **Redação – Primeira versão**, Rocha LO, Farias LMS Borges e Lima CAP; **Redação – Revisão &**

Edição, Rocha LO, Farias LMS e Silva JMN; **Aquisição de Financiamento**, Rocha LO, Farias LMS e Medeiros KM; **Supervisão**, Lima CAP e Medeiros KM.

6 REFERÊNCIAS

- ABDULLAH, A. S. *et al.* New design of trays solar still with enhanced evaporation methods—Comprehensive study. **Solar Energy**, Amsterdã, v. 203, p. 164-174, 2020.
- ABUJAZAR, M. S. S. *et al.* The effects of design parameters on productivity performance of a solar still for seawater desalination: A review. **Desalination**, Berlim, v. 385, p. 178-193, 2016.
- AHSAN, A. *et al.* Parameters affecting the performance of a low cost solar still. **Applied energy**, Amsterdã, v. 114, p. 924-930, 2014.
- AL-HARAHSEH, M. *et al.* Solar desalination using solar still enhanced by external solar collector and PCM. **Applied Thermal Engineering**, Amsterdã, v. 128, p. 1030-1040, 2018.
- ARUNKUMAR, T. *et al.* A review of efficient high productivity solar stills. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Amsterdã, v. 101, p. 197-220, 2019.
- AZEVEDO, P. V. *et al.* Potencial de produção de água potável e benefícios socioeconômicos advindos do uso de dessalinizadores solar. **Revista geográfica acadêmica**, Boa vista, v. 14, n. 2, p. 73-87, 2020.
- BRITO, Y. J. V. *et al.* Estudo experimental de um dessalinizador solar do tipo bandeja com dupla inclinação para potabilização de água no semiárido paraibano. **Revista Águas Subterrâneas**, São Paulo, v. 34, n. 2, p. 156-165, 2020.
- BHARDWAJ, R.; TENKORTENAAR, M. V.; MUDDE, R. F. Maximized production of water by increasing area of condensation surface for solar distillation. **Applied energy**, Amsterdã, v. 154, p. 480-490, 2015.
- CHENG, W.; HUO, Y.; NIAN, Y. Performance of solar still using shape-stabilized PCM: Experimental and theoretical investigation. **Desalination**, Amsterdã, v. 455, p. 89-99, 2019.
- DONATO, H.; DONATO, M. Stages for undertaking a systematic review. **Acta medica portuguesa**, Lisboa, v. 32, n. 3, p. 227-235, 2019.
- EKUMAH, B. *et al.* Disparate on-site access to water, sanitation, and food storage heighten the risk of COVID-19 spread in Sub-Saharan Africa. **Environmental research**, Nova York, v. 189, 2020.
- EL-SEBAIL, A. A.; EL-BIALY, E. Advanced designs of solar desalination systems: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Amsterdã, v. 49, p. 1198-1212, 2015.
- ELTAWIL, M. A.; ZHENGMIN, Z.; YUAN, L. A review of renewable energy technologies integrated with desalination systems. **Renewable and sustainable energy reviews**, Amsterdã, v. 13, n. 9, p. 2245-2262, 2009.
- FAEGH, M.; SHAFII, M. B. Experimental investigation of a solar still equipped with an external heat storage system using phase change materials and heat pipes. **Desalination**, Amsterdã, v. 409, p. 128-135, 2017.
- FANG, S.; MU, L.; TU, W. Application design and assessment of a novel small-decentralized solar distillation device based on energy, exergy, exergoeconomic, and enviroeconomic parameters. **Renewable Energy**, Amsterdã, v. 164, p. 1350-1363, 2021.
- FARIAS, L. M. S. *et al.* Criteria and practices for lean and green performance assessment: Systematic review and conceptual framework. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdã, v. 218, p. 746-762, 2019.
- GARZA-REYES, J. A. Lean and green—a systematic review of the state of the art literature. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdã, v. 102, p. 18-29, 2015.
- JANI, H. K.; MODI, K. V. A review on numerous means of enhancing heat transfer rate in solar-thermal based desalination devices. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Amsterdã, v. 93, p. 302-317, 2018.
- KABEEL, A. E.; ABDELGAIED, M. Improving the performance of solar still by using PCM as a thermal storage medium under Egyptian conditions. **Desalination**, Amsterdã, v. 383, p. 22-28, 2016.
- KABEEL, A. E.; ABDELAZIZ, G. B.; EL-SAID, E. M. S. Experimental investigation of a solar still with composite material heat storage: energy, exergy and economic analysis. **Journal of cleaner production**, Amsterdã, v. 231, p. 21-34, 2019.
- KABEEL, A. E.; EL-SAMADONY, Y. A. F.; EL-MAGHLANY, W. M. Comparative study on the solar still performance utilizing different PCM. **Desalination**, Amsterdã, v. 432, p. 89-96, 2018.
- KABEEL, A. E. *et al.* Performance enhancement of solar still through efficient heat exchange mechanism—a review. **Applied Thermal Engineering**, Amsterdã, v. 114, p. 815-836, 2017.
- KABEEL, A. E. *et al.* A review on different design modifications employed in inclined solar still for enhancing the productivity. **Journal of Solar Energy Engineering**, Nova York, v. 141, n. 3, p. 1-10, 2019a.
- KABEEL, A. E. *et al.* Effect of water depth on a novel absorber plate of pyramid solar still coated with TiO₂ nano black paint. **Journal of cleaner production**, Amsterdã, v. 213, p. 185-191, 2019b.
- KARUPPUSAMY, S. An experimental study on single basin solar still augmented with evacuated tubes. **Thermal science**, [S. l.], v. 16, n. 2, p. 573, 2012.

- KATEKAR, V. P.; DESHMUKH, S. S. Techno-economic review of solar distillation systems: A closer look at the recent developments for commercialisation. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdã, v. 294, 2021.
- KHALIFA, A. J. N. On the effect of cover tilt angle of the simple solar still on its productivity in different seasons and latitudes. **Energy conversion and management**, Amsterdã, v. 52, n. 1, p. 431-436, 2011.
- KUMAR, H. A. *et al.* Recent advancements, technologies, and developments in inclined solar still—a comprehensive review. **Environmental Science and Pollution Research**, Amsterdã, v. 28, n. 27, p. 35346-35375, 2021.
- KUMAR, R. A.; ESAKKIMUTHU, G.; MURUGAVEL, K. K. Performance enhancement of a single basin single slope solar still using agitation effect and external condenser. **Desalination**, Amsterdã, v. 399, p. 198-202, 2016.
- KUMAR, S.; DUBEY, A.; TIWARI, G. N. A solar still augmented with an evacuated tube collector in forced mode. **Desalination**, Amsterdã, v. 347, p. 15-24, 2014.
- LIED, E. B. *et al.* Destilador solar convencional para efluente agroindustrial. **Revista DAE**, São Paulo, v. 66, n. 211, p. 62-73, 2018.
- MEVADA, D. *et al.* Applications of evacuated tubes collector to harness the solar energy: a review. **International Journal of Ambient Energy**, Londres, v. 43, n. 1, p. 1-18, 2019.
- NAYI, K. H.; MODI, K. V. Pyramid solar still: a comprehensive review. **Renewable and sustainable energy reviews**, Amsterdã, v. 81, n. 1, p. 136-148, 2018.
- NOUGRIAYA, S. K. *et al.* Influence of basin water depth and energy storage materials on productivity of solar still: A review. **Materials Today: Proceedings**, Nova York, v. 44, n. 1, p. 1589-1603, 2021.
- ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000-2017: special focus on inequalities**. Nova York: OMS, 2019.
- PANCHAL, H. N.; PATEL, S. An extensive review on different design and climatic parameters to increase distillate output of solar still. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Amsterdã, v. 69, p. 750-758, 2017.
- PRÜSS-USTÜN, A. *et al.* Burden of disease from inadequate water, sanitation and hygiene for selected adverse health outcomes: an updated analysis with a focus on low- and middle-income countries. **International journal of hygiene and environmental health**, Jena, v. 222, n. 5, p. 765-777, 2019.
- SELVARAJ, K.; NATARAJAN, A. Factors influencing the performance and productivity of solar stills—A review. **Desalination**, Amsterdã, v. 435, p. 181-187, 2018.
- SILVA, A. O. *et al.* Potabilização de água salobra por meio de um dessalinizador solar portátil com refletores de radiação integrados. **Revista Águas Subterrâneas**, v. 34, n. 3, p. 285-295, 2020.
- SHAHZAD, M. W. *et al.* Energy-water-environment nexus underpinning future desalination sustainability. **Desalination**, Amsterdã, v. 413, p. 52-64, 2017.
- SHARSHIR, S. W. *et al.* Factors affecting solar stills productivity and improvement techniques: a detailed review. **Applied Thermal Engineering**, Amsterdã, v. 100, p. 267-284, 2016.
- SINGH, A. K. *et al.* Performance analysis of specially designed single basin passive solar distillers incorporated with novel solar desalting stills: A review. **Solar Energy**, Amsterdã, v. 185, p. 146-164, 2019.
- SINGH, R. V. *et al.* Performance of a solar still integrated with evacuated tube collector in natural mode. **Desalination**, Amsterdã, v. 318, p. 25-33, 2013.
- TIWARI, G. N.; SAHOTA, L. Review on the energy and economic efficiencies of passive and active solar distillation systems. **Desalination**, Amsterdã, v. 401, p. 151-179, 2017.
- TULY, S. S. *et al.* Effects of Design and Operational Parameters on the Performance of a Solar Distillation System: A Comprehensive Review. **Groundwater for Sustainable Development**, Amsterdã, v. 14, 2021.
- VELMURUGAN, V. *et al.* Single basin solar still with fin for enhancing productivity. **Energy Conversion and Management**, Amsterdã, v. 49, n. 10, p. 2602-2608, 2008.
- VIGNESWARAN, V. S. *et al.* Augmenting the productivity of solar still using multiple PCMs as heat energy storage. **Journal of Energy Storage**, Amsterdã, v. 26, 2019.
- WILSON, H. M. *et al.* Ultra-low cost cotton based solar evaporation device for seawater desalination and waste water purification to produce drinkable water. **Desalination**, Amsterdã, v. 456, p. 85-96, 2019.
- YADAV, S.; SUDHAKAR, K. Different domestic designs of solar stills: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Amsterdã, v. 47, p. 718-731, 2015.
- YOUSEF, M. S.; HASSAN, H. Energetic and exergetic performance assessment of the inclusion of phase change materials (PCM) in a solar distillation system. **Energy conversion and management**, Amsterdã, v. 179, p. 349-361, 2019a.
- YOUSEF, M. S.; HASSAN, H.; SEKIGUCHI, H. Energy, exergy, economic and enviroeconomic (4E) analyses of solar distillation system using different absorbing materials. **Applied Thermal Engineering**, Amsterdã, v. 150, p. 30-41, 2019.
- YOUSEF, M. S. *et al.* An experimental study on the performance of single slope solar still integrated with a PCM-based pin-finned heat sink. **Energy Procedia**, Amsterdã, v. 156, p. 100-104, 2019.