



CENTRO UNIVERSITÁRIO CHRISTUS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

SAMUEL DE SOUSA DIÓGENES

**ANÁLISE DAS MINIUSINAS DE DESSALINIZAÇÃO IMPLANTADAS NO SERTÃO
CEARENSE: ALTERNATIVA VIÁVEL E FUNCIONAL PARA OBTENÇÃO DE
ÁGUA PARA COMUNIDADES CARENTES?**

FORTALEZA
2021

SAMUEL DE SOUSA DIÓGENES

ANÁLISE DAS MINIUSINAS DE DESSALINIZAÇÃO IMPLANTADAS NO SERTÃO
CEARENSE: ALTERNATIVA VIÁVEL E FUNCIONAL PARA OBTENÇÃO DE ÁGUA
PARA COMUNIDADES CARENTES?

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado ao curso de Engenharia Civil
do Centro Universitário Christus, como
requisito parcial para obtenção do título de
bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. José Itamar Frota
Júnior

FORTALEZA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Centro Universitário Christus - Unichristus
Gerada automaticamente pelo Sistema de Elaboração de Ficha Catalográfica do
Centro Universitário Christus - Unichristus, com dados fornecidos pelo(a) autor(a)

D278a de Sousa Diógenes, Samuel.
Análise das miniusinas de dessalinização implantadas no sertão cearense: alternativa viável e funcional para obtenção de água para comunidades carentes? / Samuel de Sousa Diógenes. - 2021.
55 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Centro Universitário Christus - Unichristus, Curso de Engenharia Civil, Fortaleza, 2021.

Orientação: Prof. Dr. José Itamar Frota Júnior.

1. Seca. 2. Escassez hídrica. 3. Nordeste Brasileiro. I. Título.

CDD 624

SAMUEL DE SOUSA DIÓGENES

ANÁLISE DAS MINIUSINAS DE DESSALINIZAÇÃO IMPLANTADAS NO SERTÃO
CEARENSE: ALTERNATIVA VIÁVEL E FUNCIONAL PARA OBTENÇÃO DE ÁGUA
PARA COMUNIDADES CARENTES?

TCC apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Christus, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. José Itamar Frota
Júnior

Aprovado em: ___/___/___

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. José Itamar Frota Júnior (Orientador)
Centro Universitário Christus (UNICHRISTUS)

Prof.^a Ma. Paula Nobre de Andrade
Centro Universitário Christus (UNICHRISTUS)

Prof. Dr. Eliezer Fares Abdala Neto
Centro Universitário Christus (UNICHRISTUS)

AGRADECIMENTOS

A minha família que, com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida.

Menção especial ao meu professor orientador, Prof. José Itamar Frota Júnior que não hesitou em me ajudar na elaboração deste trabalho e, que, através da sua experiência e sabedoria soube transmitir o conhecimento adequado para que este trabalho fosse concluído.

Aos meus professores que sempre incentivaram e acreditaram na minha capacidade de concluir mais esta etapa da minha vida profissional e aos demais professores da Banca Examinadora.

A Unichristus e seus professores, coordenadores e funcionários pela oportunidade da realização desta Graduação.

Agradeço aqueles que direta ou indiretamente, deram-me incentivo e me ajudaram a vencer mais esta etapa da vida.

RESUMO

A água é um meio essencial à vida e ao desenvolvimento humano, no entanto, segundo o Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos, relata que 2/3 da população vive em áreas com escassez hídrica ao menos um mês por ano. O Nordeste brasileiro, no qual o Estado do Ceará está localizado, apresenta um histórico crítico de problemas de escassez de água. Diante deste cenário preocupante, percebe-se a importância da busca por novas fontes aquíferas bem como novas tecnologias de tratamento que possibilitem a garantia eficiente da segurança hídrica. A implantação de miniusinas de dessalinização tornou-se uma alternativa de obtenção de água potável para a mitigação da seca, a fim de amenizar os problemas de dessedentação humana no sertão do Ceará e fornecimento de água, objeto desse trabalho. Foi realizada pesquisa bibliográfica com relação ao tema com trabalhos realizados no Estado, revistas, artigos, dissertações e levantamento por meio de entrevistas semiestruturadas. De acordo com as informações obtidas na literatura, a falta de manutenção das unidades dessalinizadoras instaladas, além de problemas técnicos que envolvem a instabilidade de energia elétrica, mão-de-obra especializada e o despejo de rejeitos salinos em algumas comunidades, dificultam a adoção da tecnologia como alternativa viável para a população cearense. Com relação às entrevistas realizadas, os técnicos da SOHIDRA e SRH, afirmaram que a implantação das unidades dessalinizadoras dependiam de uma série de avaliações, dentre elas, a vazão do poço e a qualidade da água, com relação ao envolvimento da população nos projetos, os técnicos destacaram que há relação entre os órgãos e as comunidades beneficiadas, assim como estão em funcionamento 252 unidades. A tecnologia utilizada em todo o Ceará é a Osmose Reversa. Por fim, pode-se destacar a importância da instalação e principalmente da manutenção das unidades de dessalinização para que a comunidade de fato se beneficie das vantagens em possuir acesso a água de qualidade.

Palavras-chave: Seca. Escassez hídrica. Nordeste brasileiro.

ABSTRACT

Water is an essential means of life and human development, however, according to the United Nations World Report on the Development of Water Resources, reports that 2/3 of the population lives in areas with water scarcity for at least one month a year. The Brazilian Northeast, in which the State of Ceará is located, has a critical history of water scarcity problems. In view of this worrying scenario, the importance of searching for new aquifer sources as well as new treatment technologies that enable the efficient guarantee of water security is perceived. The implementation of mini desalination plants has become an alternative to obtain drinking water to mitigate drought, in order to alleviate the problems of human consumption in the Ceará backlands and water supply, the object of this work. A bibliographical research was carried out on the subject with works carried out in the State, magazines, articles, dissertations and a survey through semi-structured interviews. According to information obtained in the literature, the lack of maintenance of the installed desalination units, in addition to technical problems involving the instability of electricity, specialized labor and the disposal of saline waste in some communities, make it difficult to adopt the technology as a viable alternative for the Ceará population. Regarding the interviews carried out, the technicians from SOHIDRA and SRH stated that the implementation of the desalination units depended on a series of assessments, including the well flow and water quality, in relation to the involvement of the population in the projects, the technicians highlighted that there is a relationship between the agencies and the communities benefited, as well as 252 units are in operation. The technology used throughout Ceará is Reverse Osmosis. Finally, the importance of installing and especially maintaining desalination units can be highlighted so that the community can really benefit from the advantages of having access to quality water.

Keywords: Drought. Water shortage. Brazilian Northeast.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	06
1.1	Justificativa.....	09
1.2	Objetivos.....	10
1.2.1	<i>Objetivo Geral.....</i>	10
1.2.2	<i>Objetivos Específicos.....</i>	10
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	11
2.1	Ciclo hidrológico, importância e distribuição hídrica.....	11
2.2	Cenário hídrico brasileiro.....	13
2.3	Cenário hídrico no Nordeste brasileiro.....	15
2.4	Conflitos de uso.....	16
2.5	Legislação brasileira de uso e outorga da água.....	18
2.6	Problemática hídrica no Ceará.....	19
2.7	Dessalinização: definição e histórico.....	22
2.7.1	<i>Impactos ambientais oriundos da dessalinização.....</i>	28
2.7.2	<i>Etapas de tratamento via dessalinização.....</i>	30
2.8	Panorama de utilização de tecnologias de dessalinização do Ceará. 32	32
2.8.1	<i>Tecnologias de dessalinização no Ceará.....</i>	32
2.8.2	<i>Programa Água Doce.....</i>	34
3	METODOLOGIA.....	36
3.1	Classificação do estudo.....	36
3.2	Caracterização da área de estudo.....	37
3.3	Entrevistas semiestruturadas.....	38
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
4.1	Entrevistas estruturadas.....	39
5	CONCLUSÃO.....	45
	REFERÊNCIAS.....	46
	APÊNDICE A – Modelo do questionário das entrevistas.....	53

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, pode ser considerada como um recurso escasso, estratégico e, segundo Villes *et al.* (2019), é um dos principais recursos que, direta ou indiretamente, é usado para fins econômicos e sociais. Devido à questão de segurança hídrica nacional, este recurso natural encontra-se cada vez mais limitado, causando indisponibilidade em diversas regiões do mundo.

Em muitas partes do mundo, a questão escassez hídrica tem sido objeto de preocupação. Algumas regiões do Oriente Médio e da África apresentam uma significativa crise com relação ao abastecimento de água, sendo agravada pela ausência de saneamento básico para a população. Porém, especificadamente em Israel (Oriente Médio), no extremo do deserto Neguev, houve a necessidade de criação de sistemas de fontes de água potável, como a: dessalinização de água salobra, tanto marítima quanto subterrânea e o reuso de águas derivadas de residências.

Devido a essa técnica, a população recebe água durante o dia inteiro, mesmo com o consumo anual populacional de quase o dobro do índice pluviométrico na região. Com isso, a dessalinização em Israel fornece cerca de 70% da água doméstica consumida no Estado (ALBARANES, 2017).

Segundo o Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos elaborado pela Unesco (2017), relata que boa parcela da população, cerca de 2/3, vive em áreas com escassez hídrica ao menos um mês por ano. Além disso, as reservas hídricas do planeta podem reduzir 40% até 2030 (UNESCO, 2015), ano em que a população mundial poderá chegar a 8,5 bilhões de habitantes (ONU, 2017).

Entre os maiores desafios para assegurar água para a população mundial está o seu próprio crescimento. Conforme relatório divulgado pela UNESCO (2015), há água suficiente no planeta para suprir a demanda do aumento da população, no entanto é necessária uma mudança drástica no seu uso, gerenciamento e compartilhamento principalmente em áreas urbanas, que apresentam forte demanda por recursos hídricos e abastecimento de água para fins domésticos. Segundo Silva (2015), a maior demanda por água, bem como a falta saneamento e de tratamento aliadas a mudanças climáticas, diminuirá a capacidade dos ecossistemas em prover água de forma regular e com a qualidade necessária.

Ao contrário de Israel, o governo brasileiro investe mais na construção de reservatórios, adutoras, perfuração dos chamados poços artesianos e utilização intensiva de caminhões-pipa. Entretanto, tais medidas não são suficientes para resolver o problema da escassez de água no Brasil, especialmente no Nordeste.

Segundo a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2017), nos anos compreendidos entre 2013 e 2016, aproximadamente 48 milhões de pessoas foram afetadas pela seca, estando 83% destes situados na Região Nordeste.

A seca no Nordeste é um tema recorrente quando o assunto é crise hídrica no Brasil. No entanto, entre os anos compreendidos entre 2014 e 2016, essa problemática atingiu a região Sudeste do país. Em São Paulo, 37 cidades foram obrigadas a adotar medidas estratégicas mais rígidas como redução da vazão, controle do consumo, diminuição e racionamento para controlar o consumo de água. Essa crise ocorreu devido a combinação de alguns fatores como baixos índices pluviométricos, crescimento da demanda de água, e crucialmente, a ausência de planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos adequados (DIAS *et al.*, 2018).

Atualmente, o país está passando por uma grave crise hídrica, apresentando os menores valores de médias históricas de vazão em algumas bacias hidrográficas das regiões Sul, Sudeste e Centro. A bacia mais afetada é a do rio da Prata, composta pelos rios Paraná, Paraguai e Uruguai, que ocupa cerca de 17% do território brasileiro, abriga 54% da população e a partir dela é gerada aproximadamente 64% da energia elétrica proveniente de fontes hidráulicas (BRASIL, 2021).

O Nordeste apresenta um histórico crítico de problemas de escassez de água devido ao seu clima semiárido e pela região estar localizada sobre rochas cristalinas que provoca a solubilização de íons, levando à consequente salinização das águas (JÚNIOR, 2020). Tais fatores mencionados somados a uma gestão governamental ineficiente dos recursos hídricos disponíveis contribuem para o surgimento de problemas socioeconômicos e ambientais que, por sua vez, corroboram com a miséria na região.

Ainda em relação à questão da água no Ceará, Fagundes e Andrade (2015) comentam que a partir da década de 1990, surgiram preocupações de como gerenciar as demandas dos usuários que se localizam nas regiões circunvizinhas aos reservatórios do Estado.

Freitas e Del Gaudio (2015), mencionam que, especificamente nas cidades do interior no Ceará, falta entendimento da população sobre a exploração das águas subterrâneas. Conforme citado por Dias *et al.* (2018, p. 2), aproximadamente 85% dos poços artesianos que existem no Brasil são clandestinos. Dada a irregularidade da perfuração dos poços, ocorre também a realização desenfreada deste processo, muitas vezes sem o estudo técnico suficiente, passando a ser um problema e ameaça a esse recurso natural.

Diante do exposto surge a seguinte questão de pesquisa:

O uso de dessalinizadores utilizados em comunidades carentes do sertão cearense são eficientes e viáveis como alternativas para obtenção de água potável?

1.1 Justificativa

Diante deste cenário preocupante, percebe-se como é importante a busca por novas fontes aquíferas bem como tecnologias de tratamento que possibilitem a garantia eficiente da segurança hídrica e que não dependam apenas de soluções como carros pipa ou mesmo reservatórios superficiais, principalmente em locais cuja quantidade e qualidade da água são precários.

1.1.1 Objetivo Geral

Analisar o uso de dessalinizadores de águas salobras/salinas para abastecimento humano no interior do Ceará.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Conhecer a tecnologia adotada em dessalinizadores utilizados no sertão cearense;
- Obter informações do número de miniusinas de dessalinização existentes no Ceará

- Entrevistar técnicos de órgãos governamentais responsáveis por questões relacionadas a recursos hídricos no Estado do Ceará;
- Analisar as vantagens e desvantagens do uso dessa tecnologia para obtenção de água potável.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Essa seção tem o objetivo de analisar os meios de extração e obtenção de água potável e avaliar sua aplicação com base em pesquisas bibliográficas e documentais, visando a fundamentação teórica do estudo, dentre eles, a importância da água, cenário e distribuição hídrica, panorama e aprofundamento do processo de dessalinização, e a utilização de técnicas como: osmose reversa, destilação por multiestágios, destilação por multiefeitos, compressão mecânica e destilação solar.

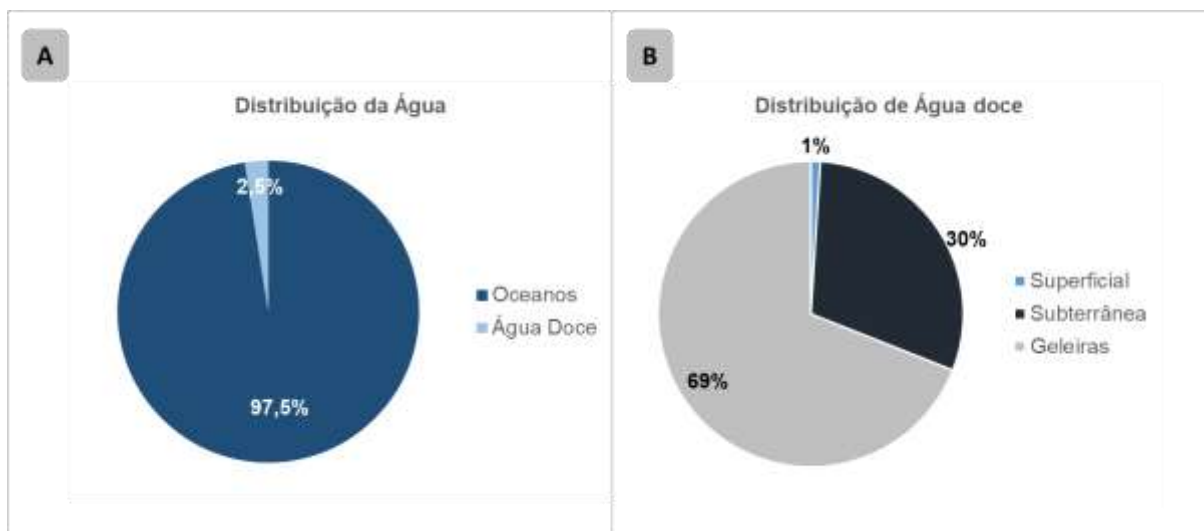
2.1 Ciclo hidrológico, importância e distribuição hídrica

A água é fundamental para a conservação e manutenção da vida no planeta, tendo participação direta e indireta nos processos bioquímicos essenciais à manutenção da vida (SILVEIRA *et al.*, 2015). Presente em cerca de 3/4 da superfície terrestre, a água pode ser classificada em três categorias de acordo com o teor de sais presente em sua composição: doce (baixa salinidade), salobra (médio teor de sais) e salgada, que pode ser encontrada nos oceanos (elevada salinidade).

No entanto, a água está em constante transposição entre si através dos processos conhecidos como evaporação, precipitação e transporte pelos rios e correntes oceânicas e subterrâneas. A essa movimentação das águas dá-se o nome de ciclo hidrológico, composto pelos processos de precipitação, interceptação, infiltração retenção superficial, detenção superficial, percolação, interfluxo, evaporação, transpiração e escoamento superficial (JÚNIOR, 2020). No que se refere ao aspecto ambiental, o ciclo hidrológico está relacionado ao índice de radiação e as mudanças de temperatura na atmosfera (ANA, 2017).

Segundo a ANA (2018), 97,5% da água disponível no planeta encontra-se nos oceanos e, devido a alta concentração de sal, é inapropriada para o uso humano bem como atividades agroindustriais. Sendo assim, restam 2,5% de água doce, e deste apenas 1% é água doce na superfície, visto que 30% são águas subterrâneas e 69% estão situadas em geleiras. Vale ressaltar a necessidade de tratamento da água para adequá-la ao padrão de potabilidade (Figura 1).

Figura 1 – Distribuição de água. a) Visão global; b) Água doce



Fonte: Adaptado de ANA (2018).

No entanto, o seu uso e consumo é essencial para o desenvolvimento socioeconômico (MORALES *et al.*, 2016), dada a sua total importância para a geração de energia, produção de alimentos, atividades agroindustriais e consumo público. Desse modo, historicamente muitas sociedades que se desenvolveram próximo à regiões que eram favoráveis a captação hídrica em quantidade e qualidade adequadas.

Segundo Freitas (2019), 70% da água doce no mundo é utilizada para atividades do setor agropecuário, 22% é utilizada pela indústria e o uso doméstico fica com cerca de 8%. Esses números podem variar de acordo com o país já que os mais industrializados irão alocar seus recursos hídricos com maior intensidade para atividades industriais do que para aquelas relacionadas a agricultura.

Além da qualidade da água, Oliveira (2010) relata que as águas subterrâneas (29% da água doce), são a principal fonte de captação de recursos hídricos no mundo, já os rios e lagos correspondem apenas 0,9% de toda a água potável disponível que precisa ser conservada.

2.2 Cenário hídrico brasileiro

O Brasil detém aproximadamente 13% da reserva de água doce no mundo, atingindo assim, papel destaque no que diz respeito ao consumo e utilização de

recursos hídricos. Além disso, possui o maior rio em volume de água do mundo, o rio Amazonas, que engloba os maiores aquíferos do mundo, o sistema Aquífero Amazonas com uma área de 500.000 km² e Guarani com uma área de 1,2 milhões de km². Em relação a água subterrânea, (REBOUÇAS,1988) acrescenta ainda que a reserva de água subterrânea seja da ordem de 112.000 km³.

A produção hídrica média dos rios brasileiros é de 168.790 m³/s (TUCCI, 2001). É válido destacar que, conforme a ANA (2018), o território brasileiro está dividido em regiões hidrográficas: Amazonas, Atlântico Nordeste Ocidental, Atlântico Nordeste Oriental, Parnaíba, Tocantins-Araguaia, São Francisco, Atlântico Leste, Atlântico Sudeste, Atlântico Sul, Paraguai, Paraná e Uruguai (Figura 2).

Figura 2 – Mapa das bacias hidrográficas do Brasil.



Fonte: ANA (2018).

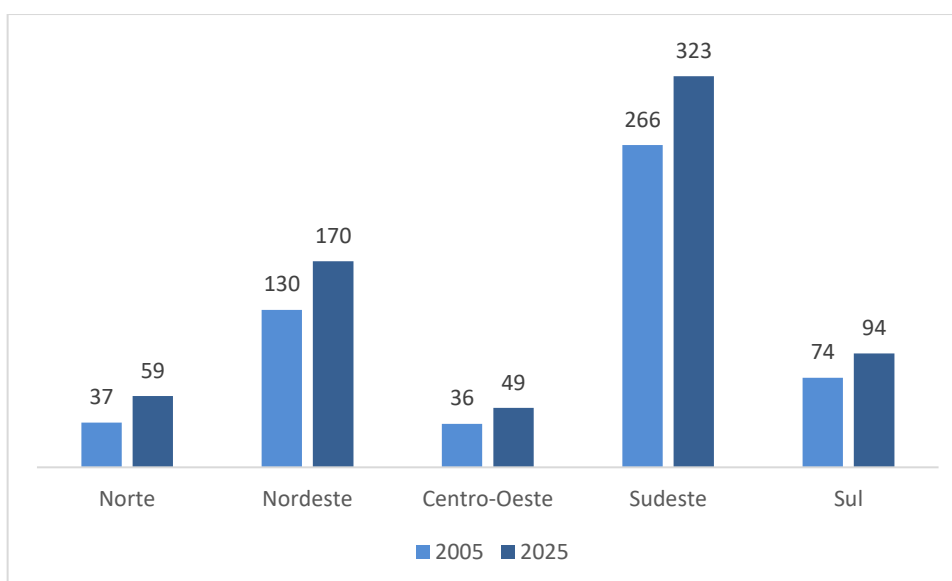
Apesar da riqueza hídrica do país, a falta de água potável ainda é uma realidade em muitos locais devido a distribuição natural desse recurso não ser equilibrada. Dentre as regiões brasileiras, a Norte é detentora da maior parte da água disponível, aproximadamente 80%. No entanto, apenas a pequena parcela de 5% da população brasileira vive nessa região. Enquanto isso, as regiões costeiras do Oceano Atlântico concentram a maior parte da população (mais de 45%) e possuem menos de 3% dos recursos hídricos do país. Além disso, existe um elevado desperdício nas redes de distribuição que em alguns locais chega a 60% de perda de água potável em função de vazamentos nas tubulações e outros problemas técnicos. Esses fatores, juntamente com a má gestão desse recurso, acarreta na escassez e severas crises hídricas (FREITAS, 2019).

Em relação a utilização da água, Bicudo *et al.* (2015) relatam que o setor agrícola é o maior consumidor de água no Brasil consumindo cerca de 68%, seguido do abastecimento público com 18% e indústria com 14%.

Esses altos índices, afirmam os autores, devem-se principalmente devido ao setor da agricultura ser líder no contexto da exportação brasileira. Além disso, soma-se ainda o manuseio improdutivo e utilização da água para irrigação no Brasil, que contribui com o aumento do desperdício. Muito embora a indústria e o uso doméstico representem apenas 32% do consumo de água no Brasil, estas atividades estão concentradas em regiões onde não há grande disponibilidade de água, o que gera grande preocupação por parte do poder público.

De acordo com Oliveira (2010), no Brasil, a distribuição da água ocorre de forma irregular, ou seja, desigual, pois há localidades pouco povoadas e com muitas reservas e outras desfavorecidas nesse aspecto. Em relação à demanda de água no Brasil, segundo as projeções para o ano de 2025 (Figura 3), a região Sudeste consumirá cerca de 47% da demanda brasileira com o estado de São Paulo consumindo cerca de 50% da demanda da região. A região Nordeste aparece em seguida com uma demanda estimada de 24%, com o estado da Bahia respondendo por 27% da demanda dessa região (ANA, 2005).

Figura 3 – Evolução da demanda urbana máxima entre 2005 e 2025.



Fonte: Adaptado de ANA (2005).

Segundo Albano (2018), como alternativa para solucionar a ausência de água superficiais em algumas regiões do país, faz-se o uso de poço para captar águas subterrâneas. Até o ano de 2018, foram cadastrados 303.518 poços no país. Esse recurso é muito utilizado para abastecimento humano e outras atividades que incluem irrigação e lazer. As águas subterrâneas abastecem aproximadamente 61% da população brasileira, com fins domésticos, sendo que 6% se auto-abastece das águas de poços rasos, 12% de nascentes ou fontes e 43% de poços profundos.

2.3 Cenário hídrico no Nordeste brasileiro

Com uma disponibilidade de apenas 3,3% de água doce, a região Nordeste do Brasil historicamente enfrenta um contexto de desequilíbrio entre a oferta e demanda por água (ARCILA, 2014). Outro fator agravante para o contexto hídrico nordestino são as secas recorrentes na região, visto que 87,8% do Nordeste está localizado no Semiárido, que tem como principais características, a irregularidade no regime de chuvas, as baixas amplitudes térmicas, a forte insolação e as altas taxas de evapotranspiração (ANA, 2017).

Suassuna (2002) acrescenta que as massas de ar Equatorial Atlântica e Continental Polar percorrem o interior do Nordeste brandamente, além da influência do *El Niño*, canalizando os chamados ventos alísios, que por sua vez formam corredores, dificultando as precipitações e contribuindo para o volume e o espaçamento temporal das chuvas.

Além dos fatores climáticos supracitados, Dias *et al.* (2018), citam o crescimento populacional como um agravante que trás consequências que influenciam de forma direta na questão hídrica pois, gera a necessidade de ampliação do abastecimento e consequente aumento da ocupação do solo, afetando os níveis de infiltração, percolação e escoamento de águas. Com o aumento da população, também pode ser associado o aumento da poluição e má utilização das águas em função de atividades antrópicas.

A região Nordeste, por muitos anos, teve associado ao seu cenário econômico, o paradigma que associa a miséria e pobreza, com a realidade climática da região, que durante os períodos de estiagem, apresentam diminuição dos níveis e aumento da profundidade dos lençóis freáticos. Contudo, é sabido que muito dessas

associações possuem apenas como finalidade, apresentar uma justificativa para movimentações políticas, em muito dos casos (PIRES, 2012).

Ressalta-se que a utilização dos recursos hídricos superficiais no Nordeste são utilizados principalmente para a agricultura, o que por sua vez contribui para uma exploração intensa e por muitas vezes irregular, o que prejudica a relação oferta-demanda hídrica da região, aumentam os conflitos de interesse pelo uso da água e prejudicam o meio ambiente (VILLES, 2019).

2.4 Conflito de Uso

De acordo com Silva Filho (2018), há dificuldade em associar interesses públicos e econômicos devido à dificuldade da sociedade em perceber a água como um bem público, o que por sua vez leva a conflitos sobre o seu uso. A distribuição desproporcional da água no mundo afeta o cenário político e gera crises que demonstram a necessidade de se estabelecer uma política de gestão global da água capaz de prevenir e reprimir conflitos. Conforme esse entendimento, observa-se que a crise da água é algo que tem afetado o mundo inteiro.

Segundo Rego Filho *et al.* (2014), ao se debater o direito internacional de uso da água, frente às mudanças tanto de consumo relacionado ao crescimento demográfico, quanto pelas questões de variação climática, pode-se ter uma avaliação do referente à associação do recurso hídrico como mercadoria de alto grau de valorização, tendo em vista a forte pressão de uso sobre o recurso a nível mundial. Em seu trabalho, o autor ainda traz à tona o fato de que, países em desenvolvimento serem os principais a sofrerem devido a tal desigualdade de abastecimento, justificado pelo fato de enfrentarem sérios problemas de saneamento, poluição ambiental e infraestrutura.

A escassez de recurso hídrico tornou-se nas últimas décadas um problema mundial. Em sua maioria, as nações têm encontrado dificuldade em fornecer aos seus habitantes água de qualidade e na quantidade que atenda à demanda. De acordo com a ONU (2017), até o ano de 2025 a quantidade de pessoas que vivem em países onde o recurso hídrico é escasso, passará de aproximadamente 700 milhões para mais de 3 bilhões.

Existe a necessidade de normas de direito internacional com o objetivo de garantir a manutenção do equilíbrio relacionado ao acesso a recursos hídricos bem como sua conservação, principalmente quando se trata de bacias hidrográficas compartilhadas. Diferentemente do comportamento internacional frente a desastres naturais, a crise global por escassez de água não impulsiona ações de concertação, tornando a privação do acesso a esse recurso, uma crise silenciosa (GRANZIEIRA, 2006).

Apesar de haver necessidade de normas, Granziera (2006) explana sobre como a questão hídrica, não foi capaz de manter o acesso da água o suficiente para levar ao estabelecimento de uma convenção internacional sobre gestão de águas. Ressalta também a importância em consolidar o direito à água, e explicita os problemas de sua escassez.

Diante desse contexto ficam evidentes os conflitos em torno da água. Deve-se deixar claro que o acesso a um suprimento adequado hídrico é fundamental a todo aspecto da vida humana, pois uma crise hídrica causaria impactos indesejáveis e irreversíveis na saúde, no bem-estar, no meio ambiente e nas economias no mundo (TUNDISI, 2006).

2.5 Legislação brasileira de uso e outorga da água

De acordo com Dias *et al.* (2018), no Brasil a legislação referente ao uso dos recursos hídricos ocorreu em 1934 com o Código das Águas. Em seu trabalho os autores citam o segundo o Art. 96 do decreto nº 24.643 dispõe: O dono de qualquer terreno poderá apropriar-se por meio de poços, galerias, etc, das águas que existam debaixo da superfície de seu prédio contanto que não prejudique aproveitamentos existentes nem derive ou desvie de seu curso natural águas públicas dominicais, públicas de uso comum ou particulares. Segundo os autores, apesar de ser um avanço significativo, é inadequado considerar a água um bem privado, o que mudou com a Constituição de 1988, na qual a água tornou-se um bem público no art.20, inciso III, que estabelece novas diretrizes para ampliar o sistema de controle e fiscalização do uso das águas.

Posteriormente, no ano de 1997 o Código das Águas foi regulamentado pela Lei Federal 9.433, e passou a chamar-se Lei das Águas. Foi então instituída a

Política Nacional de Recursos Hídricos e criou-se o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) (DIAS *et al.*, 2018).

De acordo com a Lei das Águas, quando ocorre escassez, o uso dos recursos hídricos deve ser priorizado para consumo humano e a dessedentação de animais; e a sua gestão deve ser descentralizada e contar com a participação de todos, ou seja, tanto do Poder Público, como dos usuários e comunidades. Além disso, a utilização de recursos hídricos subterrâneos como a perfuração de poços sem autorização, é considerada infração, sendo necessária uma outorga que assegura o usuário o direito de servir-se de determinado corpo hídrico (como rios, açudes, lagoas etc.) de forma bem definida, ou seja, informando quanto será utilizado e com qual finalidade (DIAS *et al.*, 2018).

Ainda segundo os autores, cada estado e município é responsável por estabelecer suas próprias regras para uso dos recursos hídricos subterrâneos que estão sob sua jurisdição. No Ceará, para conseguir a emissão da outorga, é preciso realizar um Ante-Projeto (projeto de construção) para solicitar a licença para construir um poço tubular e um Projeto do Poço, que deve ser fornecido pela empresa que irá realizar o serviço (que por sua vez, deve ser regularizada junto ao Conselho Regional de Engenharia e Agronomia - CREA).

A outorga pode ser definida como um ato administrativo que quando relacionada ao uso de água no Ceará, deve ser solicitada a Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Ceará e a COGERH (Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos) que são responsáveis por autorizar o uso de acordo com os termos e condições expressas no ato de permitir o uso, obra ou serviço, sem que haja prejuízo das outras formas de licenciamento ambiental a cargo de instituições competentes. Sendo necessária a solicitação da outorga todos os usuários que utilizam a água proveniente de rios, lagoas, açudes, canais, adutoras, poços e nascentes, para qualquer processo (inclusive abastecimento humano) ou que cause interferências que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um determinado corpo hídrico (COGERH, 2020).

2.6 Problemática hídrica no Ceará

O Ceará está entre os estados que compõem o chamado Polígono das Secas ou Zona Semiárida (território reconhecido pela Resolução nº 115 e 107 de julho de 2017 da SUDENE), que abrange também os estados: Piauí, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e extremo norte de Minas Gerais e do Espírito Santo (FREITAS, 2019).

O Polígono das Secas abrange uma área de 969.589 km² (Figura 4). Nessa zona estão presentes 175 dos 184 municípios do estado do Ceará. A Zona Semiárida possui 89,5% de sua extensão localizada na Região Nordeste e apenas 10,5% na Região Sudeste (SILVA, 2018).

O estado faz parte desse território que se caracteriza por estar sujeito a períodos críticos de prolongadas estiagens, regime de chuvas escasso e irregular com precipitações pluviométricas concentradas em um curto período (geralmente dura cerca de três meses), tendo como bioma predominante a Caatinga e elevadas temperaturas (FREITAS, 2019).

Pelo grau de vulnerabilidades, o Ceará é um dos Estados a sofrer os impactos negativos da intensificação das secas. Conforme afirma Costa (2012), a situação de reservas de água e abastecimento à população parece estar prejudicada quanto ao acesso deste recurso devido as características físicas da região.

O Ceará também se encontra em uma região localizada sobre rochas cristalinas, que elevam o teor da salinidade de suas águas subterrâneas e de acordo com Silva (2018), recomenda-se que a concentração de sais seja: até 200 mg/L para sódio, 250 mg/L para cloreto e 100-300 mg/L para cálcio a depender do ânion relacionado. Segundo a autora, a qualidade da água do sertão cearense não atende esses requisitos e encontra-se com valores elevados ao sugestionados pela OMS, comprometendo o sabor, a aparência e conseqüentemente a saúde dos consumidores dessa água caso não seja tratada.

Como forma de resolver a questão de falta d'água no Nordeste, o governo federal faz uso de algumas estratégias para reduzir a vulnerabilidade à seca e por muito tempo essas estratégias baseavam-se em construir reservatórios e outras grandes obras hídricas. Entretanto, a abordagem foi substituída por ações que promovem a geração de empregos para reduzir a pobreza na região. Esses esforços de fato, trouxeram resultados positivos, atenuando os problemas relacionados a

escassez de água, porém, não sanaram por completo a insegurança hídrica (SILVA *et al.*, 2020).

Figura 4 – Delimitação do Semiárido Brasileiro.



Fonte: Adaptado de Silva (2018)

O Canal da Integração (Eixão das águas) merece destaque como ação técnica eficiente, pois foi uma estratégia adotada pelos governos federal e estaduais utilizada para mitigar os impactos das secas na região do Semiárido Brasileiro.

Coordenado pela COGERH, o projeto visou a captação de água do Rio São Francisco para distribuir nas bacias localizadas nos estados do Ceará (onde transporta a água do reservatório do Castanhão por 225 km até a região metropolitana da capital), Paraíba, Pernambuco e Rio Grande do Norte (SILVA *et al.*, 2020; SILVA; LIMA; FILHO, 2017).

Ainda de acordo com os autores Silva *et al.* (2020) e Silva, Lima e Filho (2017), depois de concluída, a obra traz questionamentos relacionados aos impactos que foram causados nos âmbitos ambientais e socioeconômicos nas áreas próximas à obra, além de denúncias do uso irregular dos recursos públicos e incongruências na elaboração e na gestão do projeto, o que reforça a necessidade de melhorar o diálogo entre os gestores governamentais e a população, visto a importância desse recurso para o desenvolvimento social.

2.7 Dessalinização: definição e histórico

Como alternativa à escassez hídrica, há a exploração de águas subterrâneas que ultimamente tem se tornado opção para o abastecimento de água em localidades com essa problemática. Porém, quando há elevados índices de sais dissolvidos presente nestas águas, se faz necessário tratamento para que possam ser utilizadas e daí surgem os processos de dessalinização (JÚNIOR, 2020). A dessalinização remove por meio de membrana porosa, substâncias dissolvidas e em suspensão na água. No fim do processo, tem-se como produtos efluentes: permeado e concentrado (ARAÚJO, 2013).

O início da dessalinização é muito antigo e data de séculos antes de Cristo, quando marinheiros e soldados precisavam obter água doce a partir da água do mar. Na Grécia, Aristóteles (384-332 A.C) era um dos estudiosos dessa técnica, em 721 D.C, foi escrito o primeiro tratado acerca do assunto por um alquimista árabe (ALBANO, 2018).

Alguns anos depois, em 1560, foi instalada a primeira planta de dessalinização localizada na costa da Tunísia, que serviu para abastecer aproximadamente 700 soldados espanhóis que estavam sitiados pelos turcos mas a primeira patente industrial para dessalinização foi emitida apenas em 1676, na Grã-Bretanha (ALBANO, 2018).

As tecnologias de dessalinização tiveram grandes avanços ao longo dos últimos 80 anos. Na década de 1940, o desenvolvimento da dessalinização evoluiu significativamente, visando principalmente serviço a estabelecimentos militares que operavam em áreas áridas e precisavam de um processo para abastecer suas tropas com água potável, durante a Segunda Guerra Mundial (DELYANNIS; BELESSIOTIS, 2010). Desde então a dessalinização ganhou espaço, principalmente em áreas com grande escassez de água potável. Instalações comerciais de dessalinização surgiram na década de 1960 e ao final desse período já tinham presença em várias partes do mundo utilizando, principalmente, processos térmicos em suas instalações. No Brasil, esse desenvolvimento ocorreu em 1986, com certa rejeição em função da tecnologia ter sido considerada complexa e onerosa (ALBANO, 2018).

Atualmente, as tecnologias envolvendo processos de dessalinização vem se desenvolvendo com os objetivos de produzir água potável através de águas subterrâneas salobras e marinhas, para melhorar a qualidade da água doce quer seja para fins de consumo humano como para atividades de irrigação ou industriais e tratar águas residuais provenientes de indústrias (VILLES *et al.*, 2019).

De acordo com Gayo (2016), existem diferentes tecnologias de dessalinização. Este processo consiste em transformar a água de consumo no mais próximo possível do padrão de consumo humano, eliminando possíveis bactérias, vírus e fungos.

Na década de 1980, a dessalinização tornou-se um empreendimento totalmente comercial e as tecnologias térmica e de membrana alavancaram exponencialmente surgindo, assim, usinas de dessalinização de larga escala. (ARAFAT, 2017).

No mundo, existem aproximadamente 17.000 centrais de dessalinização distribuídas em 150 países e que são capazes de produzir cerca de 80 milhões m³/dia de água potável, o que resulta em um abastecimento de mais de 300 milhões de pessoas (VILLES *et al.*, 2019).

Os maiores produtores de água potável são a Arábia Saudita (24,4%), EUA (15,2%) e Emirados Árabes (10,6%). Em Ashkelon (Israel), está localizada a maior instalação de usina dessalinizadora do mundo por Osmose Reversa e reutiliza quase 60% da água para irrigação (VILLES *et al.*, 2019).

Segundo Silva (2015), a demanda por água e a redução de custos e dos impactos ambientais aos processos de dessalinização tem incentivado pesquisas para

desenvolver novas tecnologias. Entre as tecnologias disponíveis para uso, os processos mais utilizados incluem a Osmose Reversa (OR), a Destilação Multiestágios (MSF), a Destilação Multiefeitos (MED) e a Compressão Mecânica de Vapor (MVC). Tais processos, principalmente, quando se utiliza a água do mar como água de alimentação, são altamente dependentes de energia elétrica e os de destilação necessitam, além de eletricidade, de energia térmica (FREITAS, 2019). Considerando o elevado consumo, contribui para que os custos desse insumo representem um custo maior na produção da água, para todos os métodos de dessalinização.

As técnicas de dessalinização por membranas, tem como principais abordagens a Osmose Reversa (OR) e a Eletrodialise (ED). Na primeira é realizado o procedimento por membrana, na qual um fluxo de alimentação flui sob pressão por meio de uma membrana semipermeável. Esse fluxo separa-se em duas correntes aquosas (uma com alto e outra com baixo de sal). A ED é movida à eletricidade, onde uma solução iônica é bombeada por meio de membranas onde ocorre a troca de ânions e cátions dispostas em um padrão alternado entre um ânodo e um cátodo. Assim como na RO, esse contato onde ocorre a troca de contato, gera uma solução salmoura e outra bem diluída. A diferença entre as duas tecnologias é que na OR, a água é movida por meio da membrana e os eletrólitos são retidos, enquanto na ED, os eletrólitos é que são movidos por meio da membrana e a água é a porção retida é parcialmente (MOCOOCK *et al.*, 2018).

A MSF envolve o mesmo processo inicial de evaporação, porém, seguido de destilação em flash de múltiplos estágios e posterior recuperação de calor. O MED possui um conjunto de estágios (efeitos), um condensador e subsistemas para reter a água de alimentação salina e uma fonte de calor (pode ser água quente na forma líquida ou vapor), assim, o concentrado salino é removido. Ambas as formas de destilação, é utilizado vácuo com o objetivo de diminuir a temperatura de ebulição da água. Já com relação ao VC, o princípio de funcionamento se dá de duas maneiras: a compressão do vapor através de um compressor mecânico (MVC) ou a adição de pequenas quantidades de vapor submetidas alta pressão através de um ejetor (TVC) (MOCOOCK *et al.*, 2018).

Assim como as técnicas MSF, MED e VC (Compressão de Vapor), a Destilação Solar também pode ser classificada como destilação térmica. Nesse tipo de processo, a água é armazenada em material raso e transparente e é aquecida pela

luz do sol. Após a evaporação, a água é condensada e é recolhida em outro compartimento. A grande vantagem dessa técnica é a fácil replicação, principalmente em pequenas comunidades do semiárido devido aos baixos custos de implantação e manutenção, praticamente sem impacto ambiental, pois produz pouco rejeito salino e não necessita de energia elétrica ou outras fontes de combustíveis não renováveis (MOCOOCK *et al.*, 2018; UCHÔA, 2016).

De acordo com Pinho (2017), além das técnicas já citadas anteriormente no presente trabalho, é possível separar os sais por meio de congelamento. No caso desse processo, a água salobra é congelada parcialmente e suas partículas são removidas. Essa técnica é baseada no conceito de que durante o congelamento, apenas as partículas de água são congeladas, enquanto as partículas de sal, não. Sendo assim, separa-se a parte congelada e após seu derretimento, a água está livre de sais. A vantagem desse processo é o baixo custo de energia, pequeno potencial de corrosão e poucas incrustações. Já a desvantagem está na complexidade de operação do processamento e transporte do gelo.

Há também processos híbridos que combinam os mecanismos de separação térmica e de membrana numa única unidade ou em etapas sequenciadas para produção de água potável. Segundo Arafat (2017) a osmose reversa combinada com MSF ou MED é um exemplo de uma tecnologia híbrida amplamente utilizada comercialmente. Ainda segundo ao autor, muitas das tecnologias emergentes têm maior poder de dessalinização em águas com salinidade consideravelmente acima da média. No entanto, nenhuma tecnologia emergente conseguiu ser suficientemente competitiva a nível comercial e financeiro com as tecnologias maduras, como Osmose Reversa e MED.

A dessalinização vem ganhando destaque no fornecimento de água potável em muitos países do mundo todo. Esta técnica permite melhorar a qualidade da água em certas situações, além de resolver os problemas de escassez. Apesar de atender a demanda de água em quantidade e qualidade, preocupações acerca dos impactos negativos sobre o meio ambiente não podem ser ignoradas no projeto de usinas de dessalinização de água do mar. Alteração da paisagem, redução de *habitats*, danos à biota terrestre e marinha, poluição sonora são alguns dos possíveis impactos ambientais (JERONIMO, 2020).

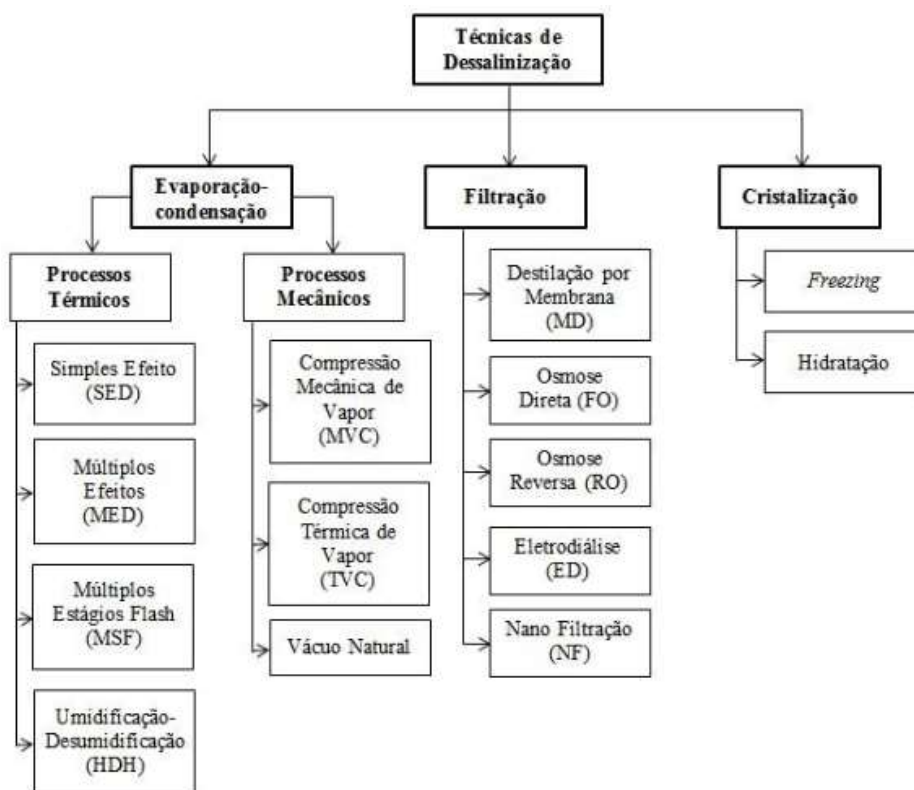
Segundo Torri (2015), para a determinação da tecnologia de dessalinização a ser instalada, deve-se levar em consideração uma série de fatores como:

- Qualidade da fonte de água;
- Energia demandada;
- Custo de instalação;
- Custo de execução;
- Volume de água a ser produzido.

Como proposto por Monteiro (2004), a determinação do melhor processo de dessalinização é um processo que deve ser executado com bastante minuciosidade, haja vista que não existe método melhor ou pior para o processo de dessalinização, e sim o que melhor se enquadra na realidade encontrada na região estudada. Com isso para cada condição encontrada, deve ser realizado uma avaliação individual do processo a ser adotado, onde o principal valor a ser determinado é a concentração de sais, bem como a vazão encontrada nos poços da região.

A seguir, a Figura 5 mostra as principais técnicas de dessalinização:

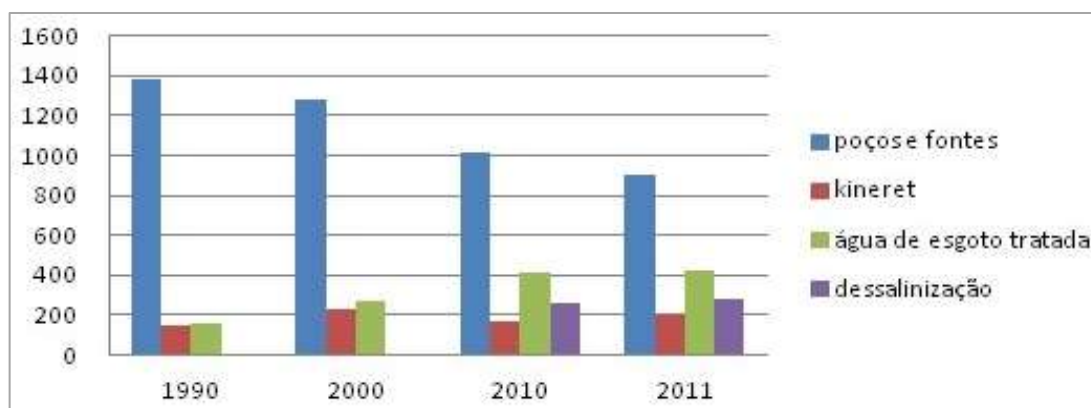
Figura 5 – Técnicas de dessalinização.



Fonte: Portela *et al.* (2020)

Atualmente mais de 120 países utilizam o processo de dessalinização, com uma produção global provenientes de água do mar e o restante de águas continentais subterrâneas. Em 2005, Israel abriu a maior central de dessalinização por osmose inversa do mundo. No mesmo ano, os Emirados Árabes construíram uma central de dessalinização produzindo 454.000m³/dia (Figura 6).

Figura 6 – Origem da água em Israel.



Fonte: Gayo (2016).

A Espanha foi a porta de entrada da indústria de dessalinização na Europa (GAYO, 2016). A China que por motivos de raridade de recursos naturais e a diminuição das chuvas, instalaram estações de dessalinização por osmose inversa com produção de 1.500m³/dia e 1.200m³/dia em regiões específicas, desafogando áreas que possuem maiores dificuldades de obtenção de água. De acordo com dados de Gayo (2016), a dessalinização da água salgada ou salobra, do mar, dos açudes e dos poços, se apresenta como solução para a humanidade.

Segundo Villes *et al.* (2019), outra alternativa é a destilação, que junto com a destilação por osmose reversa, são as técnicas mais utilizadas pelas usinas atualmente por serem viáveis em larga escala, no entanto, deve-se levar em consideração o alto custo para implementar o projeto, os custos de manutenção além de mão de obra técnica para operar e manter o bom funcionamento (BEZERRA *et al.*, 2019).

O processo de destilação trata-se do aquecimento da água em estado líquido para produzir o calor necessário para transformar a água em vapor, onde é resfriado pela própria água do mar ao passar por um condensador, resultando na água destilada que será coletada enquanto os sais ficam retidos. Essa água é considerada pura e pode ser usada em indústrias e laboratórios, contudo, é imprópria para o

consumo humano, pois não é considerada potável já que não contém a quantidade e qualidade adequada de sais que são necessárias para nossa saúde (VILLES *et al.*, 2019; PEREIRA JÚNIOR, 2005).

No Brasil, a Osmose Reversa é mais utilizada. No entanto, essa técnica é mais adequada para água que contém teores de sais relativamente pequenos como é o caso de águas salobras, pois nas águas marinhas, a elevada concentração de sal pode acarretar prejuízos às membranas filtrantes dos equipamentos. A vantagem é que é um processo simples e de menor custo quando comparada a outras técnicas (VILLES *et al.*, 2019).

2.7.1 Impactos ambientais oriundos da tecnologia de dessalinização

Apesar das grandes vantagens do processo de dessalinização na saúde pública, é uma técnica que provoca impactos ambientais negativos se o projeto não for feito de maneira sustentável. Ao implementar uma usina com essa finalidade, o projeto deve incluir medidas que amenizem o consumo de energia elétrica (que depende da queima de combustíveis fósseis o que causa poluição), mitiguem os impactos ecológicos da água de abastecimento, a disposição dos rejeitos e características do ecossistema, bem como avaliar bem a localização da usina (VILLES *et al.*, 2019; FREITAS, 2019).

Um das soluções para abrandar a questão da fonte energética das usinas é o uso de energias renováveis como eólica, solar, geotérmica e energia das marés. Elas evitam a emissão de dióxido de carbono que resulta em poluição ambiental e que também impacta nos custos de produção. Essa alternativa é bastante viável na região Nordeste visto que ela possui grande potencial solar por dispor de níveis de irradiação favoráveis (VILLES *et al.*, 2019; BRITO *et al.*, 2019; FREITAS, 2019).

Estima-se que para cada litro de água potável produzido nas usinas de dessalinização, é gerado em torno de 1,5 litros de líquidos poluídos. A água com alta concentração de sal (rejeito), deve-se destinar de maneira adequada para que não cause erosão, alta salinidade no solo e diminuição dos níveis de oxigênio em ambientes aquáticos, pois isso pode alterar negativamente a vida no ecossistema onde for descartada. Além disso, a água de descarte contém resíduos de produtos tóxicos que normalmente são aplicados na etapa de pré-tratamento da água como

cloro, cobre e biocidas. Uma alternativa para aproveitar esses rejeitos seria vender os tipos de sal como matéria-prima para indústrias como gesso, cloreto de sódio, hidróxido de magnésio, cloreto de cálcio, carbonato de cálcio e sulfato de sódio que podem ser utilizados para diversos fins, como produção de ração animal, compostos químicos e farmacêuticos e isso ainda traria vantagens econômicas (VILLES *et al.*, 2019; FREITAS, 2019; SOARES *et al.*, 2006).

Os impactos causados pela localização das usinas incluem: poluição sonora, emissões gasosas e derramamentos químicos. Quando ocorre a retirada da água do seu local natural, seja subterrânea ou marinha, há também a sucção de organismos aquáticos, afetando, em determinado grau o ecossistema no local de instalação da usina. Esse grau vai variar de acordo com a velocidade e do volume de água que será aspirado pela usina (VILLES *et al.*, 2019).

Segundo Soares *et al.* (2006), nos países desenvolvidos, os resíduos provenientes dos processos de dessalinização, são despejados nos oceanos (pela sua grande capacidade de diluição) ou alocados em poços de grande profundidade. Entretanto, há outras soluções que estão sendo desenvolvidas como o uso de bacias de evaporação, redução de volume do rejeito por plantas aquáticas, bacias de percolação e irrigação de plantas halófitas como a erva-sal (*Atriplex nummularia*).

Apesar do método mais utilizado ser o despejo em água superficiais, deve-se levar em consideração a compatibilidade das águas receptoras, independente do tamanho do projeto para que o alto teor de sal e a presença de compostos químicos não causem maiores prejuízos ambientais em função de alterações na salinidade que podem afetar negativamente a vida aquática e outras que estejam interligadas a ela (SOARES *et al.*, 2006).

No Brasil, a maioria dos rejeitos não recebem qualquer tratamento e são despejados diretamente no solo, o que causa um acúmulo de sais nas camadas superficiais, que por sua vez levam a problemas de erosão e aumento da salinidade nos solos receptores. No Ceará, cerca de 20% dos rejeitos são aproveitados apenas e ainda sem base técnico-científica ou econômica e muitas vezes são reutilizados em lavagem de roupas e automóveis. O aproveitamento para atividades econômicas é feito por curiosidade de produtores que aplicam no cultivo de tilápia (*Oreochromis sp.*) e camarão (*Penaeus vannamei*). Ainda no Estado, são predominantes a drenagem para terrenos próximos ao sistema e para os cursos d'água, sendo esta, a forma mais simples e barata de descarte. Outra alternativa é o retorno do rejeito para o poço,

mesmo sendo mais incomum nas comunidades, pequenas vazões têm impactos considerados desprezíveis de acordo com a literatura (SOARES *et al.*, 2006).

2.7.2 Etapas de tratamento via dessalinização

Independentemente da origem e tipo de estação de dessalinização, o tratamento de água para este fim possui cinco elementos prioritários (CANTÍDIO, 2018) (Figura 7).

Figura 7 – Linha de tratamento da água dessalinizada



Fonte: Adaptado de Cantídio (2018).

1. Captação – estruturas que tem por função extrair a água da fonte e bombear para o sistema;
2. Pré-tratamento – onde ocorre a retirada de sólidos suspensos na água e controle do crescimento biológico;
3. Dessalinização – onde há de fato o processo de remoção de sólidos que foram precipitados;
4. Ajuste de pH, onde há incremento de produtos químicos na água que foi produzida para evitar a corrosão nas tubulações;
5. Gerenciamento do Concentrado – gestão, descarte ou reutilização dos resíduos que foram gerados pelo processo;

As usinas exigem um sistema que proporcione a captação eficiente de água e o menor impacto ambiental possível. De acordo com OMS (2007), no projeto da usina, o tipo de tecnologia de captação é um fator determinante, pois impacta em vários parâmetros qualitativos da água originária e o desempenho geral do tratamento.

A qualidade da água de captação irá depender de fatores locais, tais como: profundidade, índice de penetração da luz do sol, movimentação de veículos aquáticos como embarcações, contaminação, condições de vento e marés (OMS, 2007). Os fatores mencionados, alinhados à tecnologia de dessalinização que será utilizada, são importantes para seleção do tipo e nível de pré-tratamento, etapa seguinte.

O objetivo do pré-tratamento é garantir que os sólidos suspensos na água e a concentração de contaminantes também presentes estejam conforme os limites de toleráveis para o correto funcionamento do dessalinizador (NRC, 2008). Após o término das etapas então mencionados, a água é transportada via bombeamento para o processo de dessalinização. Os processos térmicos e tecnológicos de membranas são as técnicas mais utilizadas. O processo térmico tem sua base no ciclo hidrológico natural, no qual ocorrem os processos de evaporação, condensação e precipitação da água, como também na técnica de destilação.

No processo térmico, quando a solução salobra está em ebulição, a água sofre o processo de vaporização, ao passo que os sólidos dissolvidos e sais permanecem no concentrado. Dessa maneira, ao entrar em contato com outra superfície mais fria, o vapor de água sofrerá condensação, produzindo água doce.

No entanto, de acordo com Guerreiro (2009), o processo térmico necessita de uma grande quantidade de energia para sua manutenção e garantia da temperatura adequada à evaporação da água. Desse modo, como o Oriente Médio utiliza o petróleo, que possui grande quantidade de energia de ativação, como fonte de produção de energia elétrica é mais comum que ocorra este processo.

Em relação aos térmicos, a Destilação Multiestágio Flash é a mais utilizada mundialmente e com maior confiabilidade (TORRI, 2015). O método tem fundamentação na ebulição da água em estágios sucessivos, com controle de temperatura e pressão (ARAÚJO, 2013). Como a pressão reduz a cada etapa, na medida que a água salgada passa entre as câmaras, parte dela vaporiza instantaneamente e através disso, se obtém a água pura. Quanto maior o número de estágios na planta, maior será a sua eficiência e, conseqüentemente, o seu custo (KHAWAJI *et al.*, 2008).

O processo de membranas permite a passagem da água do meio hipertônico para o meio hipotônico (menos soluto), no entanto impede o fluxo de partículas maiores e não proveitosas como sais, ou bactérias. A escolha dessa

película tem como premissa alguns fatores como: estabilidade de pH, vida útil, resistência mecânica e eficiência para remoção de solutos.

A Osmose Inversa é o mais usado mundialmente (TORRI, 2015). Neste processo ocorre a aplicação de uma pressão maior que a pressão osmótica, que por sua vez tem relação direta à concentração de sais na água que será dessalinizada (TORRI, 2015). Dessa maneira, sucede na passagem de moléculas do solvente do meio hipertônico para o hipotônico sem consumo de energia térmica, visto que não há mudança de estado físico da água.

2.8 Panorama de utilização de tecnologias de dessalinização do Ceará

2.8.1 Tecnologias de dessalinização no Ceará

Recentemente, em fevereiro de 2020, foi anunciado pelo governo federal um investimento de R\$ 10,9 milhões autorizado pela Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (Sedec), do Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), para instalação de uma usina de dessalinização no estado, mais precisamente no município de Caucaia no bairro Pacheco (BRASIL, 2020).

O projeto visa abastecer com água potável (para consumo humano) aproximadamente 12 mil famílias, o que corresponde a cerca de 11% da população do município, um equivalente a 40 mil habitantes. A produção deverá ser de 1.200 metros cúbicos a partir da água do mar (BRASIL, 2020).

Ainda de acordo com as informações publicadas pelo governo, a tecnologia do dessalinizador será do tipo *plug & play*, que envolve a técnica osmose reversa. Segundo as informações publicadas no site da Associação das Empresas do Complexo Industrial e Portuário do Pecém (AECIPP), essa obra é muito importante, ainda mais por se tratar do primeiro município brasileiro a operar com este sistema de dessalinização da água do mar. Após o tratamento da água, será feita a distribuição na rede da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (Cagece) (AECIPP, 2020).

Enquanto a obra na Caucaia já começou, outro projeto está previsto para 2025. Trata-se da usina de dessalinização que será implantada na Praia do Futuro, em Fortaleza e abastecerá 19 municípios do Ceará, incluindo a capital e a Região Metropolitana (Aquiraz, Caucaia, Cascavel, Chorozinho, Eusébio, Guaiúba, Horizonte, Itaitinga, Maracanaú, Maranguape, Pacajus, Pacatuba, Paracuru, Paraipaba,

Pindoretama, São Luís do Curu, São Gonçalo do Amarante e Trairi). A tecnologia utilizada também será de osmose reversa (MAGNO, 2021).

A usina de Fortaleza contará com um investimento de R\$ 3,2 bilhões e será a maior do país. Terá linhas adutoras de água tratada que serão capazes de ofertar os volumes produzidos nos reservatórios do Morro Santa Terezinha e da Aldeota. O projeto terá capacidade de produção de água de 1 m³/s, aumentando a oferta de água na Capital e na Região Metropolitana em 12%, a partir de 2025, beneficiando aproximadamente 720 mil pessoas em Fortaleza, mais especificamente nos bairros Papicu, Varjota, Cidade 2000, Praia do Futuro, Caça e Pesca, Cais do Porto, Serviluz, Vicente Pinzón, Dunas, Aldeota e adjacências (CEARÁ, 2021).

As obras supracitadas são de grande porte, no entanto, elas ainda não são realidade no interior do Estado. Alternativas de cunho social são desenvolvidas e estudadas para suprir a demanda das comunidades do semiárido.

A dessalinização solar vem chamando a atenção como tecnologia social devido a sua simplicidade e eficiência, vem sendo desenvolvida em diversos trabalhos na Paraíba como apresentado na revisão de Bezerra *et al.* (2020). A Secretaria de Desenvolvimento Agrário (SDA) está estudando junto a Universidade Federal da Paraíba a possibilidade de implementar essa técnica no interior do Ceará para comunidades onde a escassez hídrica ainda é um grave problema. Além de retirar os sais, a luz do sol ainda é capaz de eliminar os micro-organismos patógenos tornando a água potável (CEARÁ, 2019).

2.8.2 Programa Água Doce

O Programa Água Doce (PAD), surge como uma iniciativa do Governo Federal com o objetivo de estabelecer um programa administrativo de obtenção de água através do aproveitamento das águas subterrâneas. Desde os anos 90, o processo de implantação de unidades de dessalinização já ocorria no semiárido nordestino. Entretanto, devido à carência técnica e da falta de atenção socioambiental, muitas dessas unidades deixaram de operar e, as que continuaram em operação, realizaram seus processos sem o devido cuidado ambiental (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL, 2020).

Lançado em 2004, o PAD surge como uma releitura do Programa Água Boa (PAB), desenvolvido em 1996, que apresentava igual objetivo de levar água doce para as comunidades do Semiárido, através de unidades de dessalinização, que utilizavam como fonte de abastecimento, poços tubulares. Com isso, o Programa Água Doce surge com a intenção de corrigir as falhas encontradas no Programa Água Boa, onde as questões de participação social e proteção ambiental havia sido deixado de lado, trazendo inovação e ampliação no processo de oferta de água para as populações rurais (AZEVEDO, 2012).

A partir do ano de 2011, o PAD foi incorporado ao Programa Água Para Todos e com parcerias firmadas com os governos estaduais da região Nordeste, totalizando a implantação de 891 unidades de dessalinização, que visam garantir até 4.000 litros de água por dia, considerando sua utilização com um poço de vazão média de 1.000 litros/hora, sendo essa a realidade de grande parte dos poços encontrados na região. Essas estruturas são capazes de atender a comunidades de até 400 pessoas, garantindo um fornecimento diário médio de 10 litros de água doce para cada residente rural (MDR, 2020).

Com o objetivo de ampliar os horizontes do PAD para implantação das unidades de dessalinização, o programa recebeu uma estruturação dividida em 6 componentes centrais, como descrito no Documento Base do Programa Água Doce (MMA, 2012):

- Gestão
- Estudo/pesquisa e projeto;
- Sustentabilidade ambiental;
- Mobilização social;
- Sistema de dessalinização;
- Unidade de aproveitamento do concentrado.

Para implantação das unidades de dessalinização do PAD, cada sistema de dessalinização conta com modelo padrão de instalação (Figura 8), contendo os seguintes itens (MMA, 2012):

- Dessalinizador;
- Abrigo de proteção para o dessalinizador;
- Tanque para armazenamento do concentrado;

- Chafariz;
- Poço;
- Abrigo de proteção de bombas;
- Cercamento do sistema.

Figura 8 – Desenho esquemático de uma unidade de dessalinização do PAD



Fonte: Brasil (2021)

Com isso, tendo em vista que na região Nordeste, onde a escassez hídrica permite o acesso à água em sua maioria apenas através do uso de águas subterrâneas, onde 70% dos poços possuem água salobra, o que as tornam impróprias para o consumo direto. Desse modo, a implantação das estruturas pelo PAD, são capazes de proporcionar, além de uma água de qualidade para o consumo humano, uma ampliação de seus múltiplos usos, onde a água residual gerada pelo processo de osmose inversa pode ser aplicada também tanto para a produção de peixes, como a tilápia do Nilo, como também ser destinada a fertilização de áreas rurais com espécies adaptadas às características físicas e químicas da água (MDR, 2020).

3 METODOLOGIA

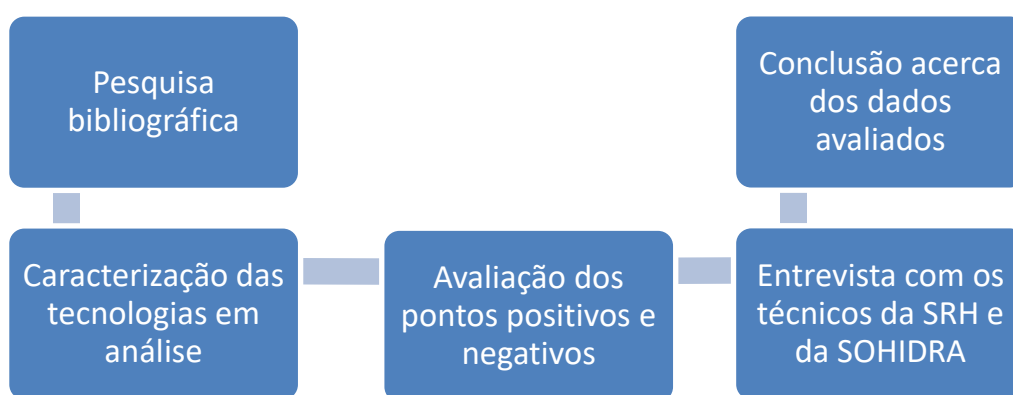
3.1 Classificação do estudo

O estudo possui uma abordagem qualitativa, quanto aos objetivos: pesquisa exploratória, pesquisa descritiva, quanto aos procedimentos técnicos, é classificado como: estudo de caso, levantamento e pesquisa bibliográfica e

documental. O processo de revisão de literatura exercido no presente estudo, foi embasado na técnica de estudo narrativo, como proposto por Ferenhof (2016). No levantamento narrativo, o processo de pesquisa é realizado de maneira arbitrária, onde se é valorizado para material de pesquisa, fontes de informação que sigam a linha de coerência do pesquisador.

Para realização da pesquisa, foi seguido um plano de execução dividido em 4 etapas, como exemplificado no fluxograma metodológico abaixo (Figura 9):

Figura 9 - Fluxograma de pesquisa bibliográfica



Fonte: O Autor (2021).

3.2 Caracterização da área de estudo

O estado do Ceará está localizado ao norte da região Nordeste do Brasil, com regiões mais secas distribuídas a oeste e sudeste do estado, regiões subúmidas pelo litoral e nas adjacências das chapadas e serras. O Ceará apresenta um índice pluviométrico médio de 600.7mm, apresentando distribuição irregular pelo estado (IPECE, 2017).

Sendo o 17º maior do país, o estado do Ceará ocupa 1,75% da área territorial brasileira. A população estimada é de 9.187.103 pessoas, tendo a sua densidade demográfica de 56,76 hab/km² e Índice de Desenvolvimento Humano de 0,682 (IBGE, 2020). O clima predominante do Ceará é o tropical quente semiárido, o que contribui para fenômenos ambientais como a seca (IPECE, 2017).

Somando a má gestão pública de convivência com a seca aos baixos índices pluviométricos mal distribuídos pelo estado, pode-se constatar a criação de uma sociedade vulnerável à escassez hídrica, onde quadros históricos retratam grandes devastações provocadas por esses fatores (NUNES, 2020).

O estudo foi realizado por meio de aplicação de questionários estruturados e/ou semi-estruturados a dois técnicos dos seguintes órgãos: SOHIDRA E SRH.

Além do levantamento, o estudo também utilizou a pesquisa bibliográfica e documental por meio de artigos relacionados ao tema e que foram realizados no sertão nos seguintes municípios: como Quixeramobim, Canindé, Pentecoste, Redenção, Ocara e outros que podem ser destacados durante o processo de revisão de literatura.

Desse modo, foram destacados trabalhos realizados no interior do Ceará onde foram implantadas miniusinas de dessalinização, outros relacionados a avaliação dos custos de implantação, bem como os custos de execução, análise da viabilidade socioeconômica de projetos de dessalinização e a relação das comunidades beneficiadas com o uso da água e dos dessalinizadores.

3.3 Entrevistas semiestruturadas

As entrevistas foram realizadas com base em programas governamentais de utilização de dessalinizadores de água, com ênfase para a dessedentação humana. Foram entrevistados 2 técnicos que trabalham na SOHIDRA e na SRH. As perguntas estão listadas no Apêndice A do presente trabalho.

A primeira entrevista foi realizada presencialmente na própria SOHIDRA e a segunda, por meio remoto por meio do programa Google Meet.

As perguntas em ambos os órgãos abordaram os seguintes aspectos: o processo de implementação das unidades dessalinizadoras nas comunidades, o seu funcionamento, a manutenção, aspectos da qualidade da água, reuso ou destino dos rejeitos, envolvimento das comunidades no projeto, dentre outras informações obtidas ao longo de cada entrevista.

Foram documentadas as respostas dessas perguntas e informações adicionais obtidas durante as visitas aos órgãos ou por telefone.

No Apêndice A há o conteúdo das principais perguntas feitas durante as entrevistas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Entrevistas semiestruturadas

4.1.1 Questionamentos relativos ao questionário com perguntas estruturadas,

4.1.1.1 Como é o processo para implementar os projetos nas comunidades? Desde quem solicita, até quem elabora e implanta.

Com relação a implementação dos projetos nas comunidades, um técnico da SOHIDRA informou que é realizado uma análise da vazão do poço que deve ter no mínimo 1000 litros/hora (para aproveitar 40%, ou seja, 400 litros/hora), feita por teste de vazão. É realizado também a medição do TDS (Totais de Sais Dissolvidos), geralmente é maior que 700 ppm, feito por análise físico-químico. O TDS (aparelho medidor) da SOHIDRA só mede até 10.000 ppm. Acrescentou que um dessalinizador por osmose reversa que extrai 1000 litros, tem 2 membranas e os dessalinizadores são locados em regiões que de fato não tenham alternativas para obtenção de água potável, especialmente no sertão cearense.

Na segunda fase, é feita a seleção das comunidades baseada nas informações dos diagnósticos considerando alguns fatores como energia, TDS (acima 1000 ppm), sódio (acima de 200 ppm), Índice de desenvolvimento humano – IDH, ranking ICAA Condições de acesso a água (incluindo todas as fontes), disponibilidade de terreno (a área do terreno tem que ser doada pela comunidade ou pelo órgão público no caso de assentamento ou áreas de domínio do município) e o tamanho da área que consta no projeto. Na terceira fase, é feito o projeto executivo e por último, a quarta fase consiste na contratação de uma Construtora para execução dos projetos.

O trabalho de Monteiro e Vieira (2001) comprovou que há uma relação entre os níveis de salinidade e a presença de comunidades com baixos níveis sócio-econômicos, demonstrando a vulnerabilidade das pessoas que moram nas comunidades carentes de água de qualidade. E segundo os autores é com base nesses aspectos que devem ser consideradas as decisões de prioridade de

implantação de unidades dessalinizadoras. De fato, boa parte das unidades dessalinizadoras locadas no Ceará, encontram-se em áreas carentes e/ou com baixa qualidade e quantidade de água disponível, como nos sertões do estado.

4.1.1.2 Quais as etapas do processo de dessalinização das tecnologias utilizadas no Estado do Ceará?

De acordo com ambos os técnicos, as etapas do processo de dessalinização das tecnologias utilizadas no Estado do Ceará estão no Quadro 1 abaixo:

Quadro 1 – Etapas do processo de dessalinização de acordo com os entrevistados

Etapa	Processo
1	Extração ou captação de água do poço (chamada água bruta)
2	Pré-filtro (filtros de cartucho de 5 micra para reter pó de pedra e alguns sólidos)
3	Membrana semipermeável (onde é retido o sal)
4	Divisão de água salgada e doce (armazenamento)
5	Cloração
6	Distribuição via chafariz eletrônico.

Fonte: O Autor (2021).

A seguir, a Figura 10, mostra um exemplo de dessalinizador localizado na SOHIDRA com destaque para a parte superior e inferior do equipamento.

Figura 10 – Unidade demonstrativa de dessalinização



Fonte: Autor (2021)

4.1.1.3 Como é feito o controle de qualidade da água nas comunidades beneficiadas com os projetos?

Segundo o técnico da SOHIDRA, o controle de qualidade da água nas comunidades beneficiadas com os projetos é feito apenas pela medição do TDS que cai de 700 ppm para 30 a 35 ppm, sendo que para consumo humano, o TDS máximo pode chegar até 200 ppm.

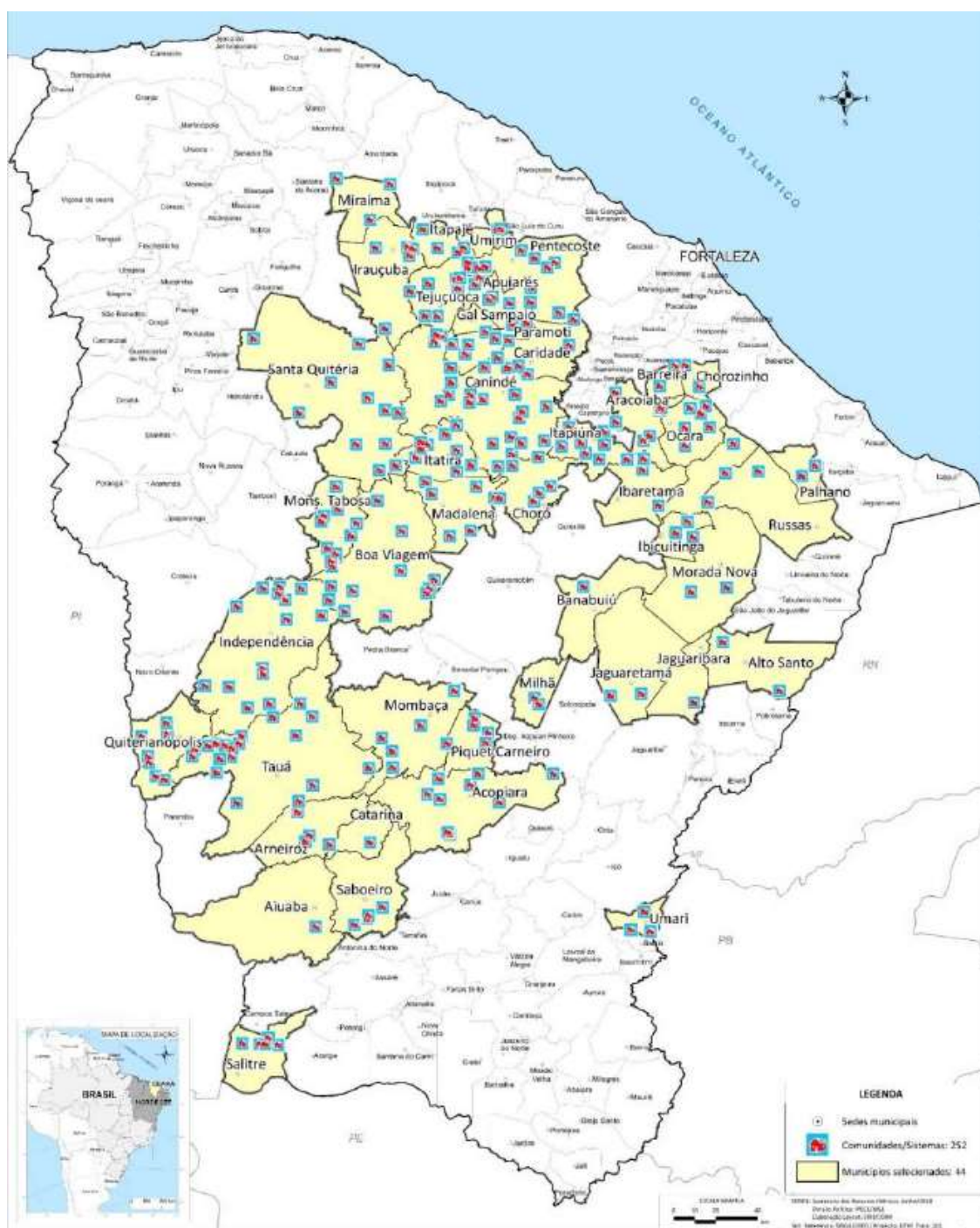
De acordo com o Relatório de Gestão de Recursos Hídricos (CEARÁ, 2020), repassado pelo técnico da SRH, foram implantadas 252 unidades de dessalinização em 44 municípios cearenses (Figura 11) que foram selecionadas por meio de avaliações técnicas com base em níveis críticos socioambientais e salinidade nos poços. Segundo o técnico, existem aproximadamente 8 sistemas que não estão funcionando normalmente devido à problemas relacionados à falta de energia ou relativos aos próprios poços.

Ainda de acordo com as informações contidas no Relatório, as atividades do Programa tiveram foco no monitoramento e manutenção das unidades já existentes que juntas, produzem um total de 151.600 litros de água por hora, beneficiando aproximadamente 12.057 famílias do semiárido do estado do Ceará. Ademais, as próximas metas do PAD para os anos dentro do período de 2020 a 2024, incluem além das manutenções dos sistemas já implantados, a implantação de 100 novos sistemas de dessalinização com energia solar fotovoltaica e a Instalação com energia solar fotovoltaica em 75 sistemas já implantados, tornando as produções cada vez mais sustentáveis.

Das unidades ativas, são feitas análises físico-químicas (diversos parâmetros como alcalinidade, dureza e pH) e bacteriológicas (bactérias heterotróficas, quantificação de Coliformes Totais e quantificação de *Escherichia Coli*). As coletas de amostras de água para análises são realizadas três vezes ao ano.

A parcela das pessoas que utiliza água dessalinizada, afirma que o fornecimento não constante ao longo do ano e as unidades dessalinizadoras se encontram em condições precárias de manutenção e segundo Campos, Gomes e Campos (2004), as comunidades estudadas (municípios de Quixeramobim e Canindé) não tinham uma clara percepção dos prejuízos a saúde causados pela ingestão de água não tratada e nem conhecimento de formas de tratamento adequada da água.

Figura 11 – Sistemas dessalinizadores do PAD no Ceará



Fonte: Relatório de Gestão de Recursos Hídricos (CEARÁ, 2020)

Um estudo mais recente de Neves *et al.* (2017), no qual os autores identificaram que dos oito dessalinizadores instalados no município de Pentecoste, no Ceará, somente metade estavam em funcionamento e a outra parcela estava desativada devido a problemas técnicos relacionados a energia elétrica ou por falta de manutenção dos equipamentos.

Acerca da manutenção dos projetos, conforme entrevista, a população faz limpeza periódica, com lavagem do pré-filtro e lavagem das membranas para retirada de sais. Antigamente a SOHIDRA fazia limpeza química com ácido cítrico e soda cáustica em escama 90%.

A falta de manutenção dos equipamentos de dessalinização e a falta de energia elétrica são recorrentes nos estudos de caso encontrados na literatura. Outro exemplo disso são os resultados obtidos por Costa (2019) que no município cearense de Redenção, apenas oito, de um total de dezoito equipamentos de dessalinização implantados por meio do Programa Água Doce em parceria com a SRH e a Prefeitura Municipal, estão em funcionamento, sendo que parte deles só funcionam parcialmente, outros foram desativados há alguns anos por falta de manutenção e outro ainda não foi ativado por falta de energia elétrica. Em alguns poucos casos, a unidade foi desativada porque a Cagece conseguiu ofertar o recurso.

4.1.1.3 Como é feita a escolha da técnica de dessalinização? É a mesma em todas as comunidades?

De acordo com os técnicos, a tecnologia de dessalinização utilizada é a mesma em todas as comunidades, ou seja, a técnica utilizada no Estado é somente por osmose reversa que foi definida pelo Ministério do Meio Ambiente – MMA para todos os sistemas do programa Água Doce, sendo que os equipamentos possuem diferentes capacidades (400, 800 e 1200 litros por hora).

Outros projetos de dessalinizadores podem ser encontrados no Pecém, no entanto a SOHIDRA não participa desse projeto. De acordo com o técnico da SRH, outros modelos de dessalinizadores são implantados pela SOHIDRA vinculada a SRH e que alguns já foram implementados pelo DNOCS, Defesa Civil juntamente com a SOHIDRA.

4.1.1.4 O que é feito com os rejeitos oriundos da dessalinização?

De acordo com ambos os técnicos (SOHIDRA e SRH), conforme os projetos, a água do concentrado é direcionada para dessedentação animal e o excedente é direcionado para um tanque revestido com geomembrana com capacidade para 540 mil litros. Atualmente os tanques são utilizados para evaporação

do concentrado, considerando que os sais ficam retidos no fundo do tanque. Além disso, os resíduos podem ser reaproveitados para criação de tilápias e plantação de cana de açúcar e erva-sal segundo Soares *et al.* (2006) citado anteriormente no presente trabalho.

Neves *et al.* (2017) afirmam que a maior parte dos resíduos gerados pelos dessalinizadores é aplicado na alimentação animal e a maioria da comunidade não tem conhecimento se esses rejeitos causam danos à saúde humana ou tem qualquer efeito no meio ambiente, reforçando a importância da comunicação entre o governo e as pessoas que são beneficiadas sobre educação ambiental e outras questões relacionadas ao uso consciente da água.

4.1.1.5 Existem parcerias com instituições privadas relacionadas ao projeto de dessalinização ou para o aproveitamento de resíduos?

Os técnicos afirmam que há existência de parcerias com instituições privadas, o entrevistado da SOHIDRA relatou conhecimento apenas do Banco Mundial e FECOP para compra do dessalinizador de uma fábrica localizada no município de Russas. Já o outro, falou sobre parcerias com instituições públicas como a Universidade Federal do Ceará e a EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária).

Quando se fala acerca de investimento em projetos que viabilizam o acesso a recursos hídricos, embora seja muito importante a análise de viabilidade econômica, os projetos são pouco avaliados do ponto de vista financeiro, ou seja, existem poucos trabalhos relacionados a esse aspecto específico do tema. Essa análise é fundamental pois é uma ferramenta de suporte ao planejamento, gestão e para a determinação dos benefícios do investimento que garantem o atendimento da demanda dos recursos hídricos (SALES *et al.*, 2017).

De acordo com Villes *et al.* (2019), os custos de instalação e de operação de estações dessalinizadoras são altos devido ao custo do aço inoxidável que compõe os tubos, bombas e reservatórios por conta da elevada alcalinidade da água salgada corroer, formar placas e entupir os componentes dos equipamentos, além do custo energético necessário para o funcionamento das unidades e mão de obra especializada.

Ainda conforme os autores, os custos para produzir água doce, em usinas de grande capacidade localizadas em regiões favoráveis para o projeto, ficam em torno de U\$ 0,50/m³ (o que representa um valor entre R\$ 2,00 e R\$ 3,00). Dependendo das condições, caso não sejam favoráveis esse custo pode dobrar em função dos custos com transporte da água ou que requerem mais obras como construção de barragens reservatórios ou canais de transferências. Outros fatores que influenciam esse valor são as formas de produção que envolvem diferentes fontes de energia como as renováveis, tarifas operacionais e valores de depreciação ou amortecimento dos equipamentos. De modo geral, o custo em alguns estados nordestinos como Ceará, Paraíba e Rio Grande do Norte fica próximo a U\$ 2,00/m³, ou seja, quase R\$ 10,00/m³ em valores atuais, demonstrando que o processo de dessalinização só é uma opção viável economicamente em casos que não é possível o acesso a água doce de outras maneiras.

Sales *et al.* (2017) fizeram uma análise financeira comparativa dos custos de projeto de poços, dessalinizadores (PAD) e cisternas de placas. No caso da perfuração de poços o preço pode variar com a característica da região (cristalina, sedimentar ou mista) e de acordo com a pesquisa dos autores com valores de referência de 2015, o investimento fica em torno de R\$ 20.300,00 com custos de manutenção e operação de R\$ 4.950,00/ano. De acordo com outros fatores analisados no trabalho, os autores consideraram o investimento viável financeiramente com um custo de R\$ 14,05/m³.

Os autores também avaliaram o sistema de dessalinizadores por osmose reversa instalados pelo PAD e encontraram o valor de R\$ 113.960,03. É importante ressaltar que esse custo pode variar de acordo com o tamanho do projeto, salinidade da água de captação e exigências de infraestrutura. Em relação aos custos de operação e manutenção que incluem os mensais (energia elétrica, salário do operador, manutenção da bomba e da tubulação), semestrais (anti-incrustante para membranas e limpeza química) e trimestrais (técnico) por ano são gastos em média R\$ 18.603,50. Isso sem contar com a troca de membranas que é feita a cada cinco anos no valor de R\$ 15.615,29. Segundo os autores, esses projetos não são viáveis financeiramente quando analisados apenas do ponto de vista de um investidor privado, o que está de acordo com outros autores citados previamente no presente trabalho. O custo do m³ da água nesse sistema é de R\$ 25,00 e para que fosse viável, esse valor teria que subir para R\$ 41,29/m³.

Já os custos com construção de cisternas de placa foram de R\$ 3.171,95 e os de operação R\$ 77,20/ano. Esses projetos são bem mais baratos visto a simplicidade do trabalho e dos materiais que são utilizados, sendo uma ótima tecnologia social. No entanto, não apresentam viabilidade financeira em função do baixo preço do m³ da água de R\$ 14,05 que gera baixos benefícios quando analisados unicamente do ponto de vista de um investidor privado. Para que fosse viável, o preço do m³ deveria ser de R\$ 31,05.

Há outras opções de abastecimento de água nas comunidades rurais cearenses como carros-pipa que pode ser feita de modo privado ou por meio do setor público, que no caso, é o Exército Brasileiro (SALES *et al.*, 2017).

4.1.1.7 Como as pessoas da comunidade estão envolvidas no projeto?

De acordo com o técnico da SRH, isso é elaborado por meio de um acordo de gestão para cada um dos sistemas, onde foram envolvidas a SRH, as prefeituras e a comunidade.

No Relatório de Gestão de Recursos Hídricos, as informações são de que existem técnicos responsáveis pela mobilização social que se reúnem com as pessoas das comunidades e realizam reuniões em que são feitos os Acordos de Gestão Compartilhada dos sistemas que serão implantados. São decididos então, um gestor que deve ser eleito pela comunidade, responsável pelo pagamento da energia, distribuição da água, taxas e medidas práticas relacionadas as regras de funcionamento dos sistemas. Essas decisões, no entanto, são tomadas de acordo com o que for decidido em assembleia com a participação da comunidade. Além disso, também são realizadas oficinas de capacitação com os moradores para formar recursos humanos locais que sejam capazes de gerir as unidades dessalinizadoras.

Na pesquisa de Paulino (2019) sobre o Assento rural Che Guevara (Ocara, Ceará), observou-se grande influência da realidade da população em relação a gestão e manejo dos recursos hídricos. Os hábitos da comunidade associados a falta de conhecimento, acompanhamento técnico e resistência a mudança, dificultam a adaptação do uso da água de maneira sustentável. O autor conclui com a necessidade do desenvolvimento de uma consciência coletiva, responsabilidade não somente do governo, mas com participação social também, para evitar o êxodo rural ao melhorar a qualidade de vida da sua população através da democratização do acesso a água

com o uso de políticas públicas que possam garantir a segurança hídrica que é direito de todos os cidadãos brasileiros.

5 CONCLUSÃO

Diante do exposto, pode-se destacar a importância da instalação e principalmente da manutenção das unidades de dessalinização além disso, o investimento também em saúde e educação para que a comunidade de fato se beneficie das vantagens de possuir acesso a água de qualidade.

No entanto, a literatura aborda sérios problemas no que tange ao manuseio dessas miniusinas, seja por deficiência da manutenção, pessoal qualificado e até mesmo problemas ambientais, tendo em vista possivelmente a escassez de visitas periódicas de inspeção por órgãos responsáveis pelos programas ou mesmo a dificuldade da eletricidade, peças de reposição, embora, na maior parte das comunidades abordadas na bibliografia destaque a importância do uso desses equipamentos pelo fato da ausência de outras opções que captem água para uso doméstico.

Importante destacar a dificuldade de acesso aos documentos atualizados relacionados ao tema de extrema importância para traçar um perfil mais atualizado de onde esses equipamentos estão funcionando e servindo às comunidades.

O questionamento inicial do presente trabalho com relação a eficiência e viabilidade financeira do uso de dessalinizadores em comunidades carentes do sertão cearense é pertinente, pois ainda se trata de um investimento significativo, onde comunidades carentes não teriam condições de aquisição e até mesmo de financiamento dos equipamentos, isso também relacionado à manutenção e aquisição das peças de manutenção.

Embora seja um investimento alto, a tecnologia adotada é fundamental, haja vista que as comunidades não teriam outra fonte hídrica de qualidade, porém no caso dessas comunidades carentes, se faz necessário, programas governamentais, a aquisição dos equipamentos, assim como, um maior acompanhamento e treinamento do pessoal envolvido no manuseio, além de resolução quanto aos possíveis problemas e necessárias trocas de peças do sistema para que essas unidades instaladas sejam mais funcionais.

É notória a necessidade de realizar mais estudos relacionados ao tema, visto a relevância da questão dos recursos hídricos para a sociedade, principalmente para as comunidades do sertão cearense que sofrem bastante com a falta de água doce.

Sugere-se também que sejam feitas mais pesquisas com diferentes abordagens relacionadas às usinas de dessalinização, desde a viabilidade econômica, relação entre a comunidade e os projetos já implementados, levantamento do estado atual das usinas com fim de monitoramento e o reaproveitamento dos materiais de descarte que podem trazer benefícios às comunidades e tornar o projeto sustentável, além de buscar novas tecnologias que permitam a evolução das usinas de maneira mais eficiente e sustentável.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Caderno de Recursos** Hídricos. Disponibilidade e Demandas de Recursos Hídricos no Brasil. Brasília: ANA, 2005.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Balanço das Águas**. Publicação Anual do balanço das águas no Brasil, n. 4, junho, 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Água no mundo**: Situação da Água no Mundo. 2018. Acesso em: 12 abr. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Conjuntura dos Recursos Hídricos 2017: Relatório Pleno**. Brasília: ANA, 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Conjuntura dos Recursos Hídricos 2018: Informe Anual**. Brasília: ANA, 2018.

AECIPP. Associação das Empresas do Complexo Industrial e Portuário do Pecém. **CEARÁ: Obra da primeira usina de dessalinização de água do mar do Brasil é iniciada em Caucaia**. Disponível em: <http://www.aecipp.com.br/pt-br/noticias/ceara-obra-da-primeira-usina-de-dessalinizacao-de-agua-do-mar-do-brasil-e-iniciada-em>. Acesso em: 14 set. 2021.

ALBANO, D. M. **Dessalinização da água subterrânea no município de Guaiúba no estado do Ceará**. 2018. 62 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Elaboração e gerenciamento de projetos para a gestão municipal de recursos hídricos) – Curso de Especialização em Elaboração e gerenciamento de projetos para a gestão municipal de recursos hídricos, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Fortaleza, 2018.

ALBARANES, Boaz. **Israel apresenta tecnologia e métodos que tornaram o país referência no uso da água**. 2017. Revista TAE. Acesso em: 07 abr. 2021.

ARAFAT, Hassan A. **DESALINATION SUSTAINABILITY: A Technical, Socioeconomic, and Environmental Approach**. Abu Dhabi: Elsevier, 2017.

ARAÚJO, A. C. S. P. de A. **Contribuição para o Estudo da Viabilidade/Sustentabilidade da Dessalinização enquanto Técnica de Tratamento de Água**. 125 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia do Ambiente, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2013.

ARCILA, R. I. A. **Gestão de recursos hídricos: governança e gerenciamento de conflitos pelo uso da água em região do Semiárido Nordestino**. 2014. 146 f. Tese (Doutorado) - Curso de Desenvolvimento e Meio Ambiente, Centro de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.

AZEVEDO, A. C. **Avaliação de políticas públicas para o desenvolvimento regional /local: o caso do Programa Água Doce no semiárido paraibano**. 157 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional), Universidade Estadual da

Paraíba. 2012.

BEZERRA, V. R.; LIMA, C. A. P.; MONTERO, L. R. R.; MEDEIROS, K. M. Proposta de um prototipo de dessalinização artesanal solar híbrido de água salobra para o semiárido nordestino. *In: Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade. Anais [...]* João Pessoa, 2019. Disponível em: <http://eventos.ecogestaobrasil.net/congestas2019/trabalhos/pdf/congestas2019-et-02-017.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2021.

BEZERRA, V. R.; SARMENTO, K. K. F.; SOUZA, J. E. S.; MEDEIROS, K. M.; LIMA, C. A. P. Uso da dessalinização solar no semiárido paraibano: uma revisão de literatura. *In: Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências. Anais [...]* Digital Edition, 2020. Disponível em: http://editorarealize.com.br/editora/anais/conapesc/2020/TRABALHO_EV138_MD4_SA23_ID1016_11112020143131.pdf. Acesso em: 14 set. 2021.

BICUDO, C. E. M.; TUNDISI, J. G.; SCHEUESTUHL, M. C. B. Síntese. *In: BICUDO, C. E. M.; TUNDISI, J. G.; SCHEUENSTUHL, M. C. B., orgs. Águas do Brasil: análises estratégicas.* São Paulo: Instituto de Botânica, 2010. p. 219 – 221. Acesso em: 17 dez. 2015.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Crise hídrica no Brasil: o uso das águas subterrâneas como reforço no abastecimento público.** Rio de Janeiro: Ministério de Minas e Energia, 2021.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. **Caucaia (CE) receberá R\$ 10,9 milhões para instalar usina de dessalinização de água.** Brasília, 18 fev. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/noticias/caucaia-ce-recebera-r-10-9-milhoes-para-instalar-usina-de-dessalinizacao-de-agua>. Acesso em: 14 set. 2021.

BRITO, Y. J. V.; CARDOSO, M. K. B.; LIMA, C. A. P.; LIMA, G. G. C.; MEDEIROS, K., M. Coeficientes de transferência de calor de um dessalinizador tipo telhado em condições climáticas no nordeste brasileiro. *In: IV Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências. Anais [...]* Campina Grande, 2019. Disponível em: https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/conapesc/2019/TRABALHO_EV126_MD4_SA6_ID1783_28062019151205.pdf. Acesso em: 25 ago. 2021.

CAMPOS, R. T.; GOMES, R. K. G.; CAMPOS, K. C. A crise da água no setor agrícola do ceará: a busca de solução por meio de sistemas de dessalinização. Congresso Brasileiro De Economia e Sociologia Rural (SOBER), 2004, Cuiabá. **[Anais...]** Brasília: SOBER, n. 42. p. 1-13, 2004.

CANTÍDIO, Maria Clara de Medeiros. **ESTUDO DA VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE DESSALINIZAÇÃO DE ÁGUA EM MUNICÍPIO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE.** 2018. 20 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.

CEARÁ. Secretaria do Desenvolvimento Agrário. **SDA estuda implementar no CE projeto de dessalinizador solar da Paraíba,** 2019. Disponível em:

<https://www.sda.ce.gov.br/2019/01/04/sda-estuda-implementar-projeto-de-dessalinizador-solar-na-paraiba/>. Acesso em: 14 set. 2021.

CEARÁ. Governo do Estado. **Governo do Ceará autoriza construção da maior usina de dessalinização de água do mar do País**, 2021. Disponível em: <https://www.ceara.gov.br/2021/07/20/governo-do-ceara-autoriza-construcao-da-maior-usina-de-dessalinizacao-de-agua-do-mar-do-pais/>. Acesso em: 22 nov. 2021.

CEARÁ. Governo do Estado. Relatório de Gestão de Recursos Hídricos, 2020.

COGERH. Outorga, 2020. Disponível em: <https://portal.cogerh.com.br/outorga-2/>. Acesso em: 09 set. 2021.

COSTA, Luís Ricardo Fernandes da. **Clima e a problemática das secas no Ceará: um novo olhar sobre os grandes reservatórios e o avanço da desertificação**. REVISTA GEONORTE, Edição Especial 2, V.2, N.5, p.1034 – 1042, 2012.

COSTA, Maria das Dores Gonçalo. **Dessalinização de águas no município de barreira: o cenário atual e suas projeções numa perspectiva sustentável**. 90 f. Dissertação (Mestrado) – Curso em Sociobiodiversidade e Tecnologias Sustentáveis (MASTS), da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-brasileira, Redenção, 2019.

DELYANNIS, E.; BELESSIOTIS, V.. Desalination: **The recent development path**. *Desalination*, [s.l.], v. 264, n. 3, p.206-213, dez. 2010.

DIAS, Ana Carla Holanda et al. **Perfuração Indiscriminada de Poços em Iracema/CE: Um Estudo Sobre o Paradoxo da Atual Crise Hídrica**. Seção Estudos de Caso e Notas Técnicas, 2018. Editora Universidade, p.335-372, 2018.

FAGUNDES, João Paulo Rocha; ANDRADE, Alcilene Lopes de Amorim. **Poços Artesianos: Uma reflexão na perspectiva da sustentabilidade**. UNIPAC, Juiz de Fora. Artigo científico. 2015.

FERENHOF, H. A.; FERNANDES, R. F. **Desmistificando a revisão de literatura como base para redação científica: método ssf**. Revista ACB: Biblioteconomia em Santa Catarina, Florianópolis, SC: v. 21, n. 3, p. 550-563, ago./nov., 2016.

FREITAS, D. O. **A dessalinização no contexto da gestão de águas em Israel: comparação com o caso brasileiro**. 2019. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia de Recursos Hídricos e do Meio Ambiente) – Curso de Engenharia de Recursos Hídricos e do Meio Ambiente, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2019.

FREITAS, Eliano de Souza Martins; GAUDIO, Rogata Soares Del. **Crise ecológica, escassez hídrica e ideologias: uma análise crítica da Carta de 2070**. Soc. nat. vol.27 no.3 Uberlândia set./dez. 2015.

GAYO, Susana Sofia Marques. **Produção de água potável por dessalinização: tecnologias, mercado e análise de viabilidade económica.** Universidade de Lisboa, 2016.

GRANZIERA, Maria Luiza Machado. **Direito de Águas:** Disciplina Jurídica das Águas Doces. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

GUERREIRO, M. L. F. B. **DESSALINIZAÇÃO PARA PRODUÇÃO DE ÁGUA POTÁVEL.** Perspectivas para Portugal.. 2009. 80 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil - Especialização em Hidráulica, Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Porto, Porto, 2009.

IPECE. **Perfil Básico Municipal.** 2017. Disponível em: https://www.ipece.ce.gov.br/wpcontent/uploads/sites/45/2018/09/Tamboril_2017.pdf. Acesso em: 07 abr. 2021.

JERONIMO, Alana Rayza Vidal et al. **POSSÍVEIS IMPACTOS AMBIENTAIS GERADOS PELA IMPLANTAÇÃO DE USINA DE DESSALINIZAÇÃO DE ÁGUA DO MAR NO RIO GRANDE DO NORTE;** 2020. Disponível em: <https://www.finersistemas.com/atenaeditora/index.php/admin/api/artigoPDF/34546>. Acesso em: 08 abr. 2021.

JÚNIOR, J. E. **A importância das técnicas e uso da dessalinização da água.** Universidade Federal Rural Do Semiárido – UFERSA. Curso de bacharelado em Ciência e Tecnologia. Trabalho de Conclusão de Curso, 2020.

KHAWAJI, A. D.; KUTUBKHANAH, I. K.; WIE, J. Advances in seawater desalination technologies. In: DIRECT, Science. **Desalination.** 221. ed. [s.l]: El Sevier, 2008. p. 47-69.

MAGNO, Alan. Usina de dessalinização de água tem construção autorizada e abastecerá 19 municípios do Ceará. **O Povo**, Fortaleza, 20 jul. 2021. Disponível em: <https://www.opovo.com.br/noticias/economia/2021/07/20/ceara-cagece-usina-dessalinizacao-agua-mar-praia-futuro-fortaleza-construcao.html>. Acesso em: 14 set. 2021.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL (MDR). **Programa Água Doce (PAD).** Brasília, 2020.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Documento Base – Programa Água Doce.** Brasília, DF. 321 p. 2012.

MOCOCK, J. F. B.; PESSÔA, C. N.; MONTEIRO, A. T. S.; TORRES, A. S. C. G.; E. R. K. Estudo comparativo entre os principais métodos de dessalinização de águas subterrâneas: revisão de literatura. In: XX Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. **Anais [...]** São Paulo, 2018. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/29287/18891>. Acesso em: 13 set. 2021.

MONTEIRO, V. P.; PINHEIRO, J. C. V.. **Critério para implantação de tecnologias de suprimentos de água potável em municípios cearenses afetados pelo alto teor de sal.** Revista de Economia e Sociologia Rural, v. 42, p. 365-387, 2004.

MONTEIRO, V. P.; VIEIRA, J. C. **Dessalinização: critérios sócio-econômico para definir prioridades na instalação de dessalinizadores no Ceará.** *In:* Encuentro de las aguas, 3, Santiago, Chile, 2001, v. 3, p.1-11, 2001.

MORALES, Maria Aparecida Martins *et al.* **Importancia da água para vida e garantia da manutenção da sua qualidade.** 2016. 14 f. Monografia (Especialização) - Curso de Biociências, Unesp, Paulínia, 2016. Disponível em: <https://conexaoagua.mpf.mp.br/arquivos/artigos-cientificos/2016/10-importancia-da-agua-para-a-vida-e-garantia-de-manutencao-da-sua-qualidade.pdf>. Acesso em: 21 abr. 2021.

NEVES, A. L. R.; ALVES, M. P.; LACERDA, C. F.; GHEYI, H. R. Aspectos socioambientais e qualidade da água de dessalinizadores nas comunidades rurais de Pentecoste-CE. **Ambiente & Água**, v. 12, n. 1, 2017.

NRC (NATIONAL RESEARCH COUNCIL). **Desalination: A National Perspective.** National Research Council Of The U.S. National Academies: Comitee On Advancing Desalination Technology, 2008.

NUNES, L. F. C. V., MEDEIROS, P. H. A. **Análise histórica da severidade de secas no Ceará: efeitos da aquisição de capital hidráulico sobre a sociedade.** Revista de gestão de água da América Latina. 17, e.18, 2020.

OLIVEIRA, Marize Luciano Vital Monteiro de Oliveira. **Águas do Ceará: Política Pública de Territorialidades Conflituosas.** São Cristóvão – Sergipe, 2010.

ONU (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS). **World Population Prospects.** 2017. Acesso em: 12 abr. 2021.

PAULINO, Lindenber Costa. **Gestão das águas no semiárido brasileiro: o caso do Assentamento rural Che Guevara em Ocara, Ceará.** 2019. 66 f. Monografia (Graduação) Curso de Agronomia, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, 2019.

PEREIRA JÚNIOR, J. S. **Dessalinização de água do mar no litoral nordestino e influência da transposição de água na vazão do rio São Francisco.** Biblioteca Digital da Câmara dos Deputados, fev. 2005.

PINHO, Diego Caetano. **Avaliação de um dessalinizador solar com recuperação de calor com novo arranjo do circuito de aquecimento para operação com óleo térmico.** 2017. 81 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

PIRES, A. P. V., FERREIRA, I. M. **Cercas e secas: reflexões sobre a água no nordeste semiárido.** XIII Jornada do trabalho. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. 2012.

PORTELA, L. W. C. B., ALMEIDA, A. F. L., BARBOSA, E. S., CEZAR, K. L. Uma revisão sobre as tecnologias de dessalinização térmica associadas a concentradores solares parabólicos. *In: VIII Congresso Brasileiro de Energia Solar. Anais [...]* Fortaleza, 2020. Disponível em:

<https://anaiscbens.emnuvens.com.br/cbens/article/view/797>. Acesso em: 23 ago. 2021.

REBOUÇAS, A. C. 1988. **Ground water in Brazil**. Episodes 11(3): 209-214

REGO FILHO, M. T. N.; BRAGA, A. C. R.; CURTI, C. R. **A dimensão da disponibilidade hídrica: uma análise entre a conjuntura brasileira e o relatório de desenvolvimento mundial da água**. *Ambiência Guarapuava (PR)* v.10 n.1 p. 111 - 124 Jan./Abr. 2014

SALES, Maria Leiliane de Sousa et al. Avaliação financeira das ações de captação, acumulação e suprimento de água no Estado do Ceará. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 48, n. 4, p. 139-154, 2017.

SILVA, E. N.; LIMA, P. V. P. S.; RODRIGUES, M. I. V.; KHAN, A. S.; FILHO, F. C. Redes sociais na gestão dos recursos hídricos do semiárido: o caso do Projeto de Integração do Rio São Francisco no Estado do Ceará. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Edição especial - Sociedade e ambiente no Semiárido: controvérsias e abordagens, v. 55, p. 117-140, dez. 2020.

SILVA, E. N.; LIMA, P. V. P. S.; RODRIGUES, M. I. V.; FILHO, F. C. Contextualizando a transposição do rio São Francisco: considerações sobre a integração entre o projeto e demandas das comunidades rurais. **Enciclopédia biosfera**, Centro Científico Conhecer, v.14, n.25, p. 1772, 2017.

SILVA FILHO, Erivaldo Cavalcanti e. **A crise mundial da água: uma análise política sobre o cenário atual e os efeitos de sua gestão global**. Vol.02, n°.25, Curitiba, 2018. pp. 123-148.

SILVA, F. R. P. C. **Avaliação dos sistemas de dessalinização do programa água doce em Tejuçuoca, Ceará**. 2018. 53 f. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

SILVA, J. F. A. **Panorama global da distribuição e uso de água doce e análise de custos de uma planta de osmose reversa acionada com diferentes fontes de energia**. **Multitemas**, Orientador: Roberto Guimarães Pereira. 2015. 237 fl. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Gestão) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, 2015.

SILVEIRA, A. P. P.; NUVOLARI, A.; DEGASPERI, F.T; FIRSOFF, W. **Dessalinização de Águas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. 188 p.

SOARES, T. M.; SILVA, I. J. O.; DUARTE, S. N.; SILVA, E. F. F. Destinação de águas residuárias provenientes do processo de dessalinização por osmose reversa. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 3, 2006.

SUASSUNA, João. **Nordeste: oh, que lindo!**, 2002. Acesso em 12 abr. 2021.

TORRI, J. B. **Dessalinização de Água Salobra e/ou Salgada: Métodos, Custos e Aplicações**. 2015. 50 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

TUCCI, C. E. M. **Gestão da água no Brasil**. Brasília: UNESCO, 2001. 156p.

TUNDISI, J. G. **Novas perspectivas para a gestão de recursos hídricos**. Revista USP, n. 70, p. 24-35, 2006.

UCHÔA, T. R. **Pesquisa ação participativa em Sistema de dessalinizador solar associado a coletor de águas pluviais para fornecer água potável**. 2016. 62 f. Monografia (Especialização) – Curso de Especialização em Agroecologia da Universidade Federal da Paraíba, Lagoa Seca, 2016.

UNESCO (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA). **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos: Águas Residuais o Recurso Inexplorado**. [s.l.], 2017.

UNESCO (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA). **World Water Assessment Programme**. 2015.

VILLES, Valesca Schardong *et al.* **Água como bem econômico: dessalinização para o combate da escassez hídrica no agronegócio**. Multitemas, Campo Grande, MS, v. 24, n. 57, p. 217-231, maio/ago. 2019.



APÊNDICE A - Modelo do questionário das entrevistas estruturadas

- 1) Como é o processo para implementar os projetos nas comunidades? Desde quem faz a solicitação até quem elabora e implanta.
- 2) Quais as etapas do processo de dessalinização das tecnologias utilizadas no Estado do Ceará?
- 3) Como é feito o controle de qualidade da água nas comunidades beneficiadas com os projetos?
- 4) Como é feita a escolha da técnica de dessalinização? É a mesma em todas as comunidades?
- 5) O que é feito com os rejeitos oriundos da dessalinização?
- 6) Existem parcerias com instituições privadas relacionadas ao projeto de dessalinização ou para o aproveitamento de resíduos?
- 7) Como as pessoas da comunidade estão envolvidas no projeto?
- 8) Tem algum projeto em paralelo com o do (PAD) Dessalinização por Osmose Reversa? E tem algum voltado para Indústria e Comércio?