



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA E AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

GABRIELA DA CRUZ PINHEIRO

AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DA DESSALINIZAÇÃO DA ÁGUA DO MAR PARA
FINS DE ABASTECIMENTO HUMANO

FORTALEZA
2023

GABRIELA DA CRUZ PINHEIRO

AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DA DESSALINIZAÇÃO DA ÁGUA DO MAR PARA FINS
DE ABASTECIMENTO HUMANO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Graduação em Engenharia Ambiental
do Centro de Tecnologia da Universidade
Federal do Ceará, como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharel em Engenharia
Ambiental.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Ana Barbara de Araújo
Nunes

FORTALEZA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

P719a Pinheiro, Gabriela da Cruz.
Avaliação dos impactos da dessalinização da água do mar para fins de abastecimento humano / Gabriela da Cruz Pinheiro. – 2023.
61 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Ambiental, Fortaleza, 2023.
Orientação: Profa. Dra. Ana Bárbara de Araújo Nunes.

1. Dessalinização. 2. Impactos ambientais. 3. Abastecimento de água. I. Título.

CDD 628

GABRIELA DA CRUZ PINHEIRO

AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DA DESSALINIZAÇÃO DA ÁGUA DO MAR PARA FINS
DE ABASTECIMENTO HUMANO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de graduação em Engenharia Ambiental
do Centro de Tecnologia da Universidade
Federal do Ceará, como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharel em Engenharia
Ambiental

Aprovada em: 13/12/2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof^ª. Dr^ª. Ana Bárbara de Araújo Nunes (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof^ª. Dr^ª. Flávia Telis de Vilela Araújo
Universidade de Fortaleza (UNIFOR)

Prof. Dr. Francisco Maurício de Sá Barreto
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

A Deus.

Aos meus familiares e amigos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus por ter me concedido tantas oportunidades e me abençoado nessa trajetória.

Aos meus pais, Maria Pinheiro e Carlos Pinheiro, pelo incentivo e os esforços para que eu chegasse até aqui.

Aos programas de extensão que fiz parte durante a faculdade, Programa de Educação Tutorial de Engenharia Ambiental e a Empresa Júnior Ciclo Jr, por terem me proporcionado experiências que contribuem para minha vida pessoal e profissional.

Agradeço a todos os professores, em especial a minha orientadora, Prof. Dr. Ana Bárbara, pelas orientações, o apoio e o tempo dedicado a este trabalho.

E a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para a conclusão deste trabalho.

RESUMO

O Ceará sofre constantemente com a escassez de água e, como forma de minimizar as consequências da seca, uma das medidas previstas é a diversificação da matriz hídrica do estado. A dessalinização da água do mar tem sido uma importante alternativa para essa finalidade. Diante disso, a planta de dessalinização de Fortaleza estará localizada no bairro Praia do Futuro em Fortaleza e será a maior usina de dessalinização de água do mar no Brasil com capacidade para produzir 1 m³/s de água doce. O projeto recebeu em 2023, a aprovação do Conselho Estadual de Meio Ambiente (COEMA) para a emissão da licença prévia, que permite a localização e concepção do mesmo. Em vista disso, este trabalho tem por objetivo apresentar uma discussão sobre os impactos ambientais da dessalinização de água marinha para o abastecimento humano, expondo, por meio de uma revisão bibliográfica, os principais métodos e a legislação vigente, além de comparar os métodos da avaliação de impactos da usina de dessalinização de Fortaleza com estudos de usinas de Moncofar na Espanha, da região do Atacama no Chile e de Alkimos na Austrália, bem como os impactos mais significativos desses estudos. Ao todo foram 20 impactos significativos, sendo 14 na fase de construção e 6 na fase de implantação, consistindo em 2 comuns a todos os estudos, 3 comuns em três estudos, 3 impactos comuns a dois estudos e 12 impactos encontrados em apenas um estudo.

Palavras-chave: dessalinização; impactos ambientais; abastecimento de água.

ABSTRACT

Ceará constantly suffers from water shortages and, as a way of minimizing the consequences of the drought, one of the measures planned is the diversification of the state's water matrix. And the desalination of seawater has been an important alternative for this purpose. The Fortaleza desalination plant will be located in the Praia do Futuro neighborhood in Fortaleza and will be the largest seawater desalination plant in Brazil with capacity to produce 1 m³/s of fresh water. The project received, in 2023, the approval of the State Environmental Council (COEMA) for the issuance of the preliminary license, which allows the location and design of the same. Therefore, this work aims to present a discussion on the environmental impacts of seawater desalination for human supply, presenting, through a bibliographical review, the main methods and current legislation, in addition to comparing the methods of assessing impacts of the Fortaleza desalination plant with studies of plants in Moncofar in Spain, the Atacama region in Chile and Alkimos in Australia, as well as the most significant impacts of these studies. In total, there were 20 significant impacts, 14 in the construction phase and 6 in the implementation phase, consisting of 2 common to all studies, 3 common to three studies, 3 impacts common to two studies and 12 impacts found in just one study.

Keywords: desalination; environmental impacts; water supply.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação do sistema adotado pelo programa água doce	18
Figura 2 - Dessalinizadora em Fernando de Noronha (PE).....	19
Figura 3 - Esquema de classificação dos processos de dessalinização.....	20
Figura 4 - Etapas do MSF.....	21
Figura 5 - Método MED	22
Figura 6 - Diagrama esquemático de unidades de VC	23
Figura 7 - Comparativo de Osmose e OR	25
Figura 8 - Estágios de uma planta de dessalinização por OR.....	25
Figura 9 - Processo de nanofiltração	27
Figura 10 - Diagrama esquemático do módulo de ED	27
Figura 11 - Representação do conceito de impacto ambiental	29
Figura 12 - Metodologia.....	32
Figura 13 - Matriz de interação	33
Figura 14 - Layout geral da planta de dessalinização em Fortaleza.....	35
Figura 15 - Áreas de influência	37
Figura 16 - Usina de dessalinização de Moncófar.....	39
Figura 17 - Planta de dessalinização da região do Atacama.....	40
Figura 18 - Usina de Dessalinização da água de Alkimos.....	41

LISTA DE TABELAS

Quadro 1 - Comparação dos processos de dessalinização de água do mar.	24
Quadro 2 - Parâmetros a serem atingidos RDC nº 316, de 17 de outubro de 2019.....	28
Quadro 3. Comparativo – Plantas de dessalinização.....	42
Quadro 4 - Avaliação ambiental da usina de dessalinização de Moncófar.....	43
Quadro 5 - Atributos da Planta de Dessalinização de Fortaleza.....	44
Quadro 6 - Ponderação da magnitude dos impactos	45
Quadro 7 - Ponderação da importância dos impactos	45
Quadro 8 - Ponderação da intensidade dos impactos	46
Quadro 9 - Ponderação do caráter dos impactos	46
Quadro 10 - Ponderação da Intensidade dos impactos.....	47
Quadro 11 - Critérios para determinação do Valor Ambiental por Componente (VAC).	48
Quadro 12 - Escala para atribuir Valor Ambiental por Componente.....	48
Quadro 13 - Resumo do Valor Ambiental por Componente.....	49
Quadro 14 - Escala e valoração de atributos	50
Quadro 15 - Classificação por CAI	52
Quadro 16 - Escala de hierarquia	53
Quadro 17 - Impactos na fase de implantação.....	53
Quadro 18 - Impactos na fase de operação.....	55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADA	Área diretamente afetada
AIA	Avaliação de Impactos Ambientais
AID	Área de influência direta
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
CAGECE	Companhia de Água e Esgoto do Ceará
CAI	Índice de Impacto Ambiental
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
COEMA	Conselho Estadual do Meio Ambiente
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
ED	Eletrodíálise
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
EPA	Autoridade de Proteção Ambiental da Austrália
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
ITA	Instituto Tecnológico da Aeronáutica
LI	Licença de Instalação
LO	Licença de Operação
LP	Licença Prévia
MED	Destilação por múltiplo efeito
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MSF	Destilação por multi estágio flash
NF	Nanofiltração
OR	Osiose Reversa
PAD	Programa de Água Doce
RDC	Resolução de Diretoria Colegiada
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
SEA	Serviço de Avaliação Ambiental do Chile
SEMACE	Secretaria Estadual de Meio Ambiente do Ceará
SRH	Secretaria dos Recursos Hídricos do Ceará
SRHU	Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano
UF	Ultrafiltração

VAC

Valor Ambiental por Componente

VC

Destilação por compressão de vapor

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
1.1 Objetivos.....	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
2.1 A dessalinização no Brasil e no mundo	16
2.2 Processos de dessalinização.....	20
2.2.1 Processos térmicos.....	20
2.2.1.1 Destilação por multi estágio flash	20
2.2.1.2 Destilação por múltiplo efeito	22
2.2.1.3 Destilação por compressão de vapor	23
2.2.2 Processos por membrana	24
2.2.2.1 Osmose Reversa	24
2.2.2.2 Nanofiltração	26
2.2.2.3 Eletrodialise	27
2.3 Legislação vigente no Brasil referente ao processo de dessalinização.....	28
2.4 Impactos Ambientais	29
2.4.1 Aspectos gerais	29
2.4.2 Licenciamento ambiental.....	30
3. METODOLOGIA.....	32
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.1 A Planta de Dessalinização de Fortaleza	35
4.1.1 Áreas de influência	36
4.2 Usina de dessalinização de Moncófar	38
4.3 Planta de dessalinização de água do mar para a região de Atacama	39
4.4 Usina de Dessalinização da água do mar de Alkimos	41
4.5 Métodos de Avaliação de Impactos	42
4.5.1 Usina de dessalinização de Moncófar	42
4.5.2 Planta de dessalinização de Fortaleza.....	43
4.5.3 Planta de dessalinização de água do mar para a região de Atacama	47
4.5.4 Usina de Dessalinização da água do mar de Alkimos	52
4.6 Impactos ambientais	53
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58

1 INTRODUÇÃO

Segundo Mishra et al. (2021), a água é um recurso natural que tem se tornado cada vez mais escasso e degradado para milhões de pessoas em todo o mundo. E um dos principais desafios na atualidade tem sido obter uma água de qualidade adequada para os diversos usos que ela possui na sociedade, que vai do abastecimento humano à produção de alimentos.

De acordo com a Secretaria dos Recursos Hídricos do Ceará (SRH), a evolução das Políticas de Recursos Hídricos do estado está relacionada com os ciclos de seca que ele enfrenta. Diante disso, ações foram iniciadas ao longo das décadas e elas vão desde de construção de grandes açudes, como o Açude Cedro (1890-1906) construído após a seca de 1877-1879 até o lançamento do Plano Estadual de Convivência com a Seca em 2015. Esse plano prevê medidas emergenciais, estruturantes e complementares e foi criado durante o período de seca 2012-2016 que é considerado, segundo a SRH, a pior situação de seca, analisando os dados a partir de 1910. Portanto, ainda de acordo com a SRH, desde de 2015 ações para diversificar a matriz hídrica, como perfuração de poços nas zonas rurais e urbanas, instalações de chafarizes, dessalinizadores e construção de adutoras, foram intensificadas.

Em vista disto, em 2015, de acordo com a Companhia de Água e Esgoto do Ceará, passou-se a estudar o melhor modelo para construção de uma planta de dessalinização no estado. E em 2023 ocorreu a publicação do Estudo de Impactos Ambientais do empreendimento, bem como audiências que resultaram na aprovação da localização e concepção do projeto.

Em estudo publicado em 2019, Jones et.al explanam que haviam 15.906 usinas de dessalinização no mundo com uma capacidade total de aproximadamente 95,37 milhões de m³/dia, sendo que o método usado em 69% da água produzida é a osmose reversa. Para os autores do estudo, a dessalinização para aliviar a carência de água e preservar os recursos hídricos para uso humano não deve ser subestimada.

Sendo a usina de dessalinização de Fortaleza um projeto importante para o abastecimento do estado surge o interesse de conhecer os processos, tanto da produção da água doce como a legislação, assim como suas implicações para o meio ambiente e a população, pois apesar dos benefícios comprovados desse tipo de tratamento de água, existem preocupações relacionadas aos impactos causados nas etapas do processo.

1.1 Objetivos

Objetivo Geral

Apresentar uma discussão sobre impactos ambientais da dessalinização de água marinha para o abastecimento humano.

Objetivos Específicos

- Apresentar os principais processos para produzir água potável a partir da água do mar e onde já são aplicados no Brasil e no mundo;
- Identificar a legislação vigente no Brasil referentes ao processo de dessalinização e qualidade da água produzida;
- Levantar e discutir os impactos ambientais identificados no estudo ambiental do projeto de dessalinização de água marinha de Fortaleza, assim como o método de avaliação utilizado e comparar com outros estudos já desenvolvidos em outros países.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A dessalinização no Brasil e no mundo

A água é uma substância de suma importância para a vida humana, no Brasil ela é consumida principalmente para irrigação de lavouras, abastecimento público, atividades industriais, geração de energia, extração mineral, aquicultura, navegação, turismo e lazer (ANA, 2019). A água também é um recurso abundante na natureza, cobrindo cerca de 71% da superfície da Terra, sendo 97,5 % de água salgada, 1,7% calotas polares e geleiras e 0,77% água doce acessível (GRASSI, 2001). Acrescenta-se que, além da pouca quantidade de água doce disponível, ela é mal distribuída, o que implica em mais de 2 bilhões de pessoas, em várias regiões do mundo, sendo afetadas pelo estresse hídrico, que só tende a aumentar ao longo dos anos (UNITED NATION, 2018). E, diante da crise hídrica, fez-se necessário desenvolver tecnologias para tornar a água do mar, que é disponível em maior quantidade, em uma água própria para o consumo humano.

Numa tradução direta, a dessalinização é definida no Glossário Internacional de Hidrologia como o “processo pelo qual o teor de sal da água é reduzido o suficiente para torná-la adequada para usos específicos”.

De acordo com Oliveira (2012), a extração do sal de águas marinhas tem sido praticada há anos através do processo de evaporação, contudo o produto principal era o sal extraído e não a água dessalinizada. Ao longo dos anos, em decorrência das crises hídricas sofridas por diversos países, novas tecnologias foram desenvolvidas com o objetivo de se obter água para o consumo a partir da água do mar.

A primeira planta de dessalinização, com a tecnologia utilizada hoje, foi instalada em Curaçao no ano de 1928, o processo utilizado era a destilação artificial e produzia 50 m³ de água potável (TORRI, 2015).

Nos Estados Unidos as primeiras iniciativas para aproveitamento da água marinha datam de 1952, quando foi aprovada uma lei que tinha o objetivo de reduzir os custos da dessalinização da água do mar (TORRI, 2015)

De acordo com Celii (2017, p.32),

O Chile foi um dos países pioneiros na utilização da destilação solar, construindo o seu primeiro destilador em 1961 e a Grã-Bretanha, já em 1965, produzia 74% de água doce que se dessalinizava no mundo, num total aproximado de 190.000 m³ por dia.

Devido a uma crise hídrica sofrida nos anos 2000, Londres também recorreu à construção de uma usina de dessalinização, pois pela proximidade da cidade com o mar, era

mais viável a construção da usina do que transportar água do Norte da Inglaterra. A usina, que foi instalada em 2010, fornece água para 1 milhão de pessoas e chega a produzir até 140 milhões de litros de água potável por dia em funcionamento máximo. E, como forma de reduzir os gastos com energia, é utilizado biodiesel feito de óleo de cozinha, coletado nos restaurantes da cidade (MOREIRA; BEZERRA, 2016).

Uma grande seca que atingiu a Austrália no final dos anos 90 e teve fim no ano 2012, fez com que o país investisse na economia e na infraestrutura do seu sistema hidráulico o que incluiu a construção de usinas de dessalinização. Em 2006 foi instalada a primeira usina na cidade de Perth, que produz 45 bilhões de litros por ano, equivalente a 17% do total usado na cidade. No ano de 2016, a Austrália possuía seis usinas de dessalinização ativas (MOREIRA; BEZERRA, 2016).

Israel, que segundo Sousa et. al (2022), pode ser considerado uma referência mundial na gestão de recursos hídricos, é um país que sofre constantemente com a escassez hídrica e tem ano após ano tornando a dessalinização uma das principais formas de aquisição de água, principalmente para consumo doméstico (SOUSA et. al, 2022).

Instalada em Eilat na década de 1970, a primeira usina de dessalinização de Israel funcionava, principalmente, para água subterrânea salobra. Funcionando até nos dias de hoje, ela produz em torno de 20 milhões de metros cúbicos de água por ano. Nos anos seguintes a uma grave crise hídrica em 1999, o governo israelense adotou uma série de decisões sobre o estabelecimento de várias instalações de dessalinizadores da água do mar, contudo a primeira instalação só ocorreu em 2005 (SOUSA et. al, 2022). Segundo Sousa et.al (2022), “hoje quase 90% da água dessalinizada é produzida em cinco grandes estações de dessalinização de água do mar, cada uma capaz de produzir entre 90 e 150 milhões de metros cúbicos de água por ano[...]”.

No Brasil, segundo Rios (Torri, 2015), em 1970 o Instituto Tecnológico da Aeronáutica (ITA) realizou algumas experiências com destilação solar em São José dos Campos. Entretanto, a dessalinização da água ainda é pouco utilizada e difundida no país e está sendo inserida aos poucos na região nordeste (MOREIRA; BEZERRA, 2016), como forma de tratar as águas de poços, tendo em vista que cerca de 70% dos poços da região semiárida apresentam águas salobras ou salinas (FREITAS, 2019).

O Programa Água Doce (PAD) é uma ação do Governo Federal, coordenado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) através da Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano (SRHU) e o objetivo do programa é de estabelecer uma política pública permanente de acesso à água de boa qualidade para o consumo humano as populações de baixa renda em

localidades difusas do semiárido, promovendo a recuperação e a gestão de sistemas de dessalinização ambiental (Programa Água Doce, 2010, pág 30).

O PAD foi formulado em 2003 e lançado em 2004, fazendo parte 10 estados (Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Maranhão, Minas Gerais, Ceará e Piauí), totalizando 190 instituições envolvidas, com sistema de dessalinização de membranas por Osmose Inversa, alimentado por energia solar (MOREIRA; BEZERRA, 2016). O sistema de dessalinização é a estação de tratamento da água salobra do poço, onde existem etapas que vão tratando e adequando essa água aos Padrões de Potabilidade, o dessalinizador utiliza o processo de Osmose Reversa (OR) no qual membranas semipermeáveis retiram da água salobra ou salina a quantidade de sais necessárias para tornar a água própria para consumo produzindo dois efluentes, o permeado (água dessalinizada) e o concentrado (FREITAS, 2019), conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 - Representação do sistema adotado pelo programa água doce



Fonte: Programa Água Doce – documento base (2010, p. 35)

Em relação às plantas de dessalinização para tratamento da água do mar, durante uma crise hídrica entre os anos 2014 e 2015, uma empresa do litoral de São Paulo montou um sistema de dessalinização com produção de 16 mil litros por dia na qual a água é retirada do mar, a cerca de 30 metros de profundidade, passando por um processo de tratamento de quatro fases. Desse processo são gerados dois produtos: um é a água potável e outro é um soluto com maior concentração de sal que é descartado em vários pontos para não comprometer o meio ambiente (MOREIRA; BEZERRA, 2016).

Outra planta de dessalinização que o Brasil possui está localizada na ilha pernambucana, Fernando de Noronha, essa planta atende 50% do consumo de água potável da ilha (Fernandes; Santos, 2022).

No processo de dessalinização em Fernando de Noronha, a água é captada na praia do

Boldró, bombeada através de bombas de sucção até a Torre de Carga, para o processo de retirada de areia da água, e, posteriormente é armazenada nos dois Tanques Pulmão, que são interligados por um sistema de vasos comunicantes, em seguida quatro bombas alimentadoras fornecem água para os quatro conjuntos dessalinizadores independentes (Figura 2), contando, cada um deles, com 24 membranas, que dessalinizam a água através do processo de OR, sob pressão de, aproximadamente, 54 a 82 atm. Após o processo de dessalinização, a água é armazenada em reservatórios, tendo, o maior deles, capacidade para 750m³. Ao final do processo, 30% da água captada do mar no início do tratamento é aproveitada e o restante, 70%, é descartado no mar com alta concentração de sais, sem nenhum tipo de tratamento (GOUVEIA, 2015).

Figura 2 - Dessalinizadora em Fernando de Noronha (PE)

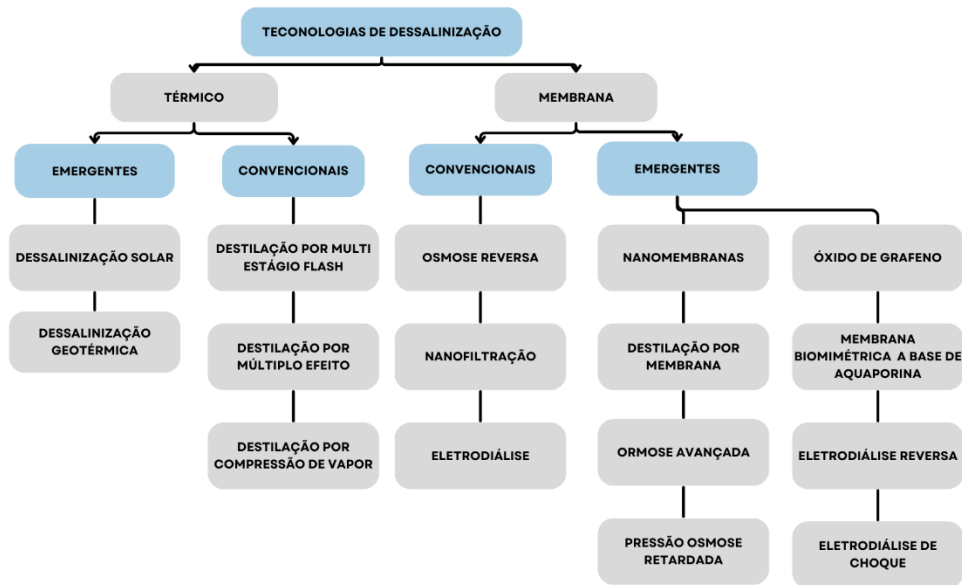


Fonte: Gouveia (2015, p. 28)

2.2 Processos de dessalinização

De acordo com Saavedra, et. al. (2021) na atualidade existem dois principais tipos de tecnologias de dessalinização são os processos térmicos e os processos por membrana e eles são subdivididos em convencionais e emergentes, conforme Figura 3. Neste capítulo, são apresentados os processos convencionais de ambos os tipos de tecnologias.

Figura 3 - Esquema de classificação dos processos de dessalinização



Fonte: Adaptado de Saavedra et al, 2021, p. 2

2.2.1 Processos térmicos

Conforme Gaio (2016) o processo térmico de dessalinização é assegurado por métodos de destilação, baseando-se no ciclo hidrológico. A água do mar ou água salobra é aquecida até temperaturas de ebulição, evapora, posteriormente condensando e precipitando sob a forma de água doce devido ao arrefecimento do vapor.

Para se atingir as temperaturas de ebulição é preciso assegurar a quantidade de energia necessária para o processo. Devido a isso, esses tipos de processos são mais comuns no Oriente Médio, onde há escassez de água, mas abundância em petróleo, que é, muitas vezes, usado como fonte primária para geração de energia elétrica (Gaio, 2016).

2.2.1.1 Destilação por multi estágio flash

De acordo com Gaio:

Na destilação MSF, a água desloca-se através de uma sequência de câmaras com pressões sucessivamente mais baixas. A pressão e a temperatura da água são controladas nas várias câmaras sucessivas de forma a ocorrer a ebulição da água. A evaporação e condensação vão ocorrendo nas várias câmaras consecutivas e o calor latente de evaporação gerado no processo é reutilizado no pré-aquecimento da água que alimenta o processo (GAIO, 2016).

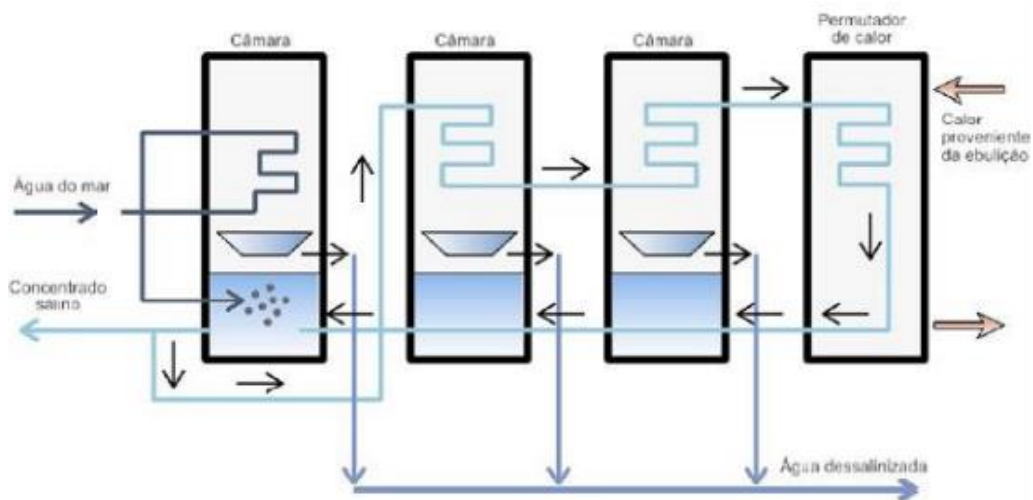
A primeira etapa da MSF consiste na alimentação do sistema com a água salina que é pré-aquecida com altas temperaturas e essa água é transportada no interior das câmaras através de tubos. A diferença de temperatura faz condensar o vapor no interior da câmara e simultaneamente acontece uma troca de calor que pré-aquece a água e alimenta o processo (GAIO, 2016).

Na etapa posterior, ao entrar em contato com uma fonte de calor, a água atinge uma temperatura máxima, ela então é transportada para uma câmara que possui uma pressão suficiente para que a água ao entrar nela vire vapor imediatamente (flash). O vapor sobe até os tubos, arrefece, condensa e o destilado produzido é bombeado para um tanque de armazenamento. Parte da energia térmica utilizada para evaporação na primeira etapa é recuperada, pois os tubos são resfriados pela água salina que alimenta o sistema (GAIO, 2016).

O processo se repete até que “a salmoura atinja a pressão atmosférica e valores de concentração de sais muito elevados” (GAIO, 2016).

Ainda segundo Gaio, a água dessalinizada produzida pelo processo MSF contém tipicamente 2-10 ppm de sólidos dissolvidos e em sua fase de pós-tratamento a água é remineralizada.

Figura 4 - Etapas do MSF



Fonte: Moreira e Bezerra (2016)

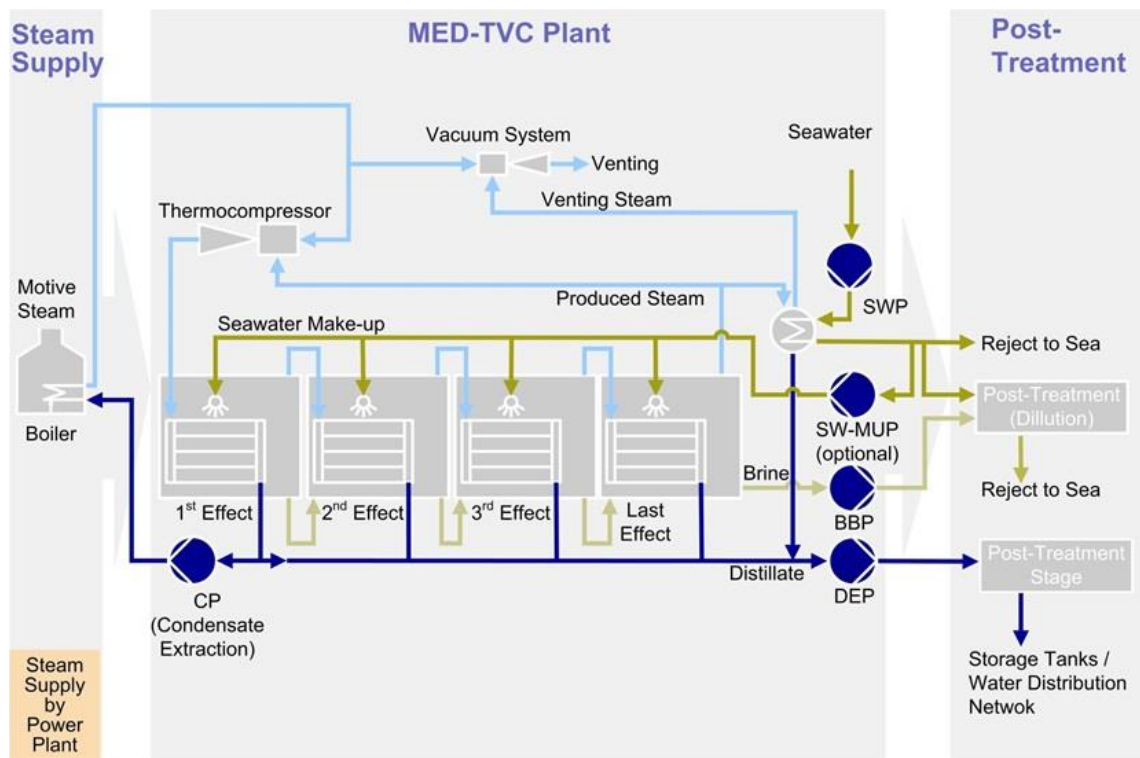
2.2.1.2 Destilação por múltiplo efeito

O processo de destilação de múltiplo efeito (MED) é o método mais antigo de dessalinização e funciona através de evaporadores.

Na primeira etapa desse processo a água salgada fria é introduzida no primeiro evaporador e é pulverizada sobre o exterior de tubulações quentes para que ocorra uma evaporação rápida, o aquecimento dessas tubulações é proveniente de uma fonte externa de calor, podendo ser caldeira ou um vapor extraído de um ciclo combinado. Essa água é separada em duas partes: uma evaporada, que entra em ebulição assim que absorve o calor e a outra é recolhida. O vapor que é obtido nessa etapa é utilizado como fonte de calor no próximo compartimento, que posteriormente é condensado em água pura (GAIO, 2016).

De acordo com Gaio (2016), esse processo pode ser constituído de 2 a 16 evaporadores. Os evaporadores seguintes são aquecidos pelo vapor produzido no evaporador anterior e a pressão vai diminuindo e o procedimento vai se repetindo até que os níveis de concentração de sais desejados sejam atingidos. Na figura 5 é apresentado as etapas deste método.

Figura 5 - Método MED

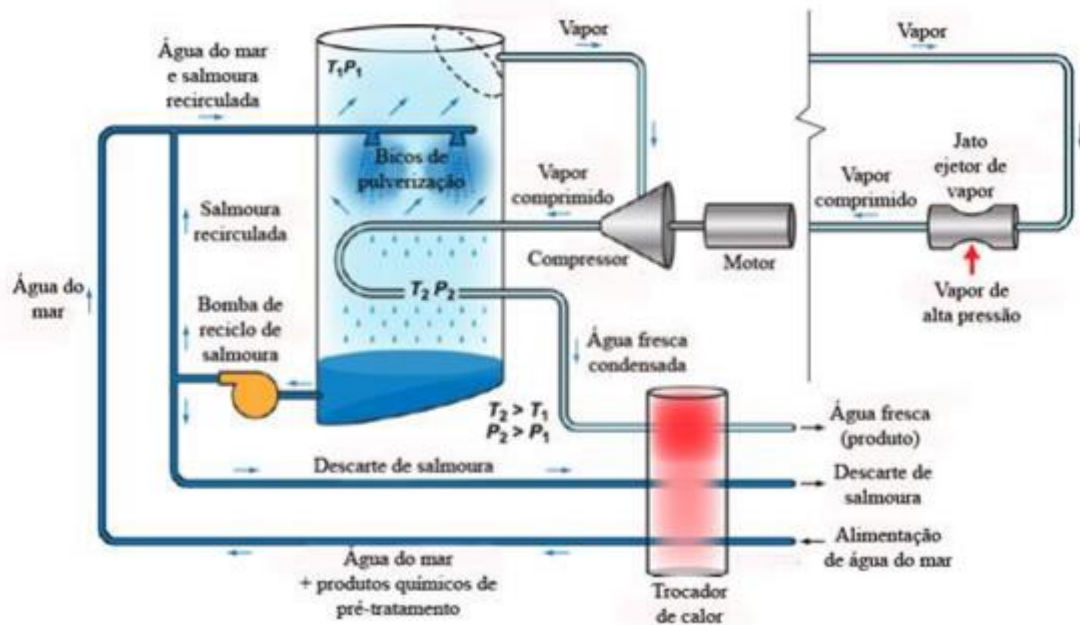


Fonte: Suzer

2.2.1.3 Destilação por compressão de vapor

O processo de destilação por VC é semelhante ao MED, entretanto é utilizado a compressão. Esse método consiste no pré-aquecimento da água salgada que alimenta o sistema pelos fluxos de saída de concentrado e água dessalinizada. A água pré-aquecida é pulverizada em tubos trocadores de calor e conseqüentemente é transformada em vapor, que é aspirado por um compressor e é comprimido. Esse processo aumenta a temperatura de saturação do vapor em quantidade suficiente para que ele seja usado como fonte de calor (GAIO, 2016). A figura 6 mostra o processo de VC.

Figura 6 - Diagrama esquemático de unidades de VC



Fonte: Siqueira et al. (2022)

No Quadro 1 é apresentado um comparativo das tecnologias de dessalinização térmica com a osmose reversa, um processo por membrana, quanto a conversão, consumo de energia e custo de produção.

Quadro 1 - Comparação dos processos de dessalinização de água do mar.

Parâmetro	Processos Térmicos			Osmose Inversa
	Múltiplos estágios com expansão de vapor	Múltiplos efeitos	Compressão de vapor	
Fator de conversão (Água potável/alimentação)	0,10 - 0,20	0,20 - 0,35	0,4	0,45 - 0,55
Consumo de energia térmica equivalente (kWh/m ³)	9,5 - 11,0	4,5 - 6,0	NA	NA
Consumo de energia elétrica (kWh/m ³)	3,2 - 4,0	1,2 - 1,8	8,0 - 12,0	2,5 - 4,0
Consumo total de energia (kWh/m ³)	12,7 - 15,0	5,7 - 7,8	8,0 - 12,0	2,5 - 4,0
Custo de produção de água (US\$/m ³)	0,90 - 4,00	0,70 - 3,50	1,00 - 3,50	0,50 - 3,00

Fonte: CAGECE, 2018

2.2.2 Processos por membrana

Os processos de dessalinização por membrana se utilizam de membranas semipermeáveis que são capazes de filtrar os sais presentes na água. Normalmente, são gerados dois produtos nesses métodos, uma solução com alta concentração de sais e outra com baixa concentração de sais, que após um tratamento adequado é apropriada para o consumo.

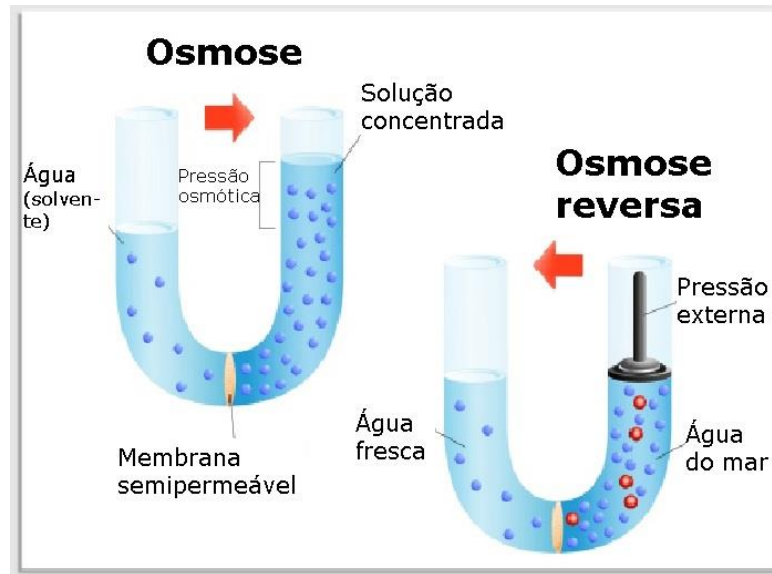
Os principais métodos por membrana são a osmose reversa e a eletrodialise.

2.2.2.1 Osmose Reversa

O processo de osmose é o fenômeno que acontece quando se tem duas soluções, com concentrações diferentes, separadas por uma membrana semipermeável. Como forma de tentar equilibrar as concentrações, o soluto menos concentrado se movimenta para o mais concentrado, se diluindo.

A Osmose Reversa (OR) é o processo inverso. Uma pressão maior que a osmótica é aplicada no soluto com maior concentração, que passa pela membrana semipermeável e se divide em duas soluções: um permeado, com alto grau de pureza, e um rejeito (Silva et.al, 2013). Segundo Silva et.al, “o processo de tratamento remove grande parte dos componentes orgânicos e até 99% dos sais dissolvidos”. Na Figura 7 mostra um comparativo entre os processos.

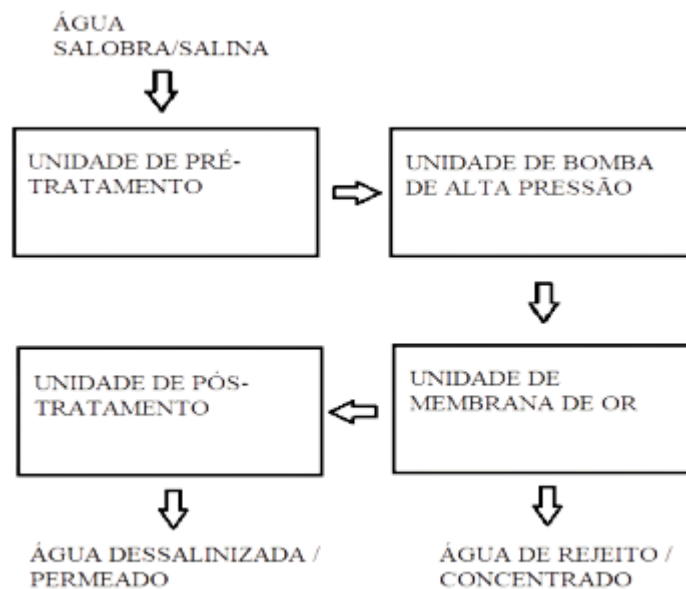
Figura 7 - Comparativo de Osmose e OR



Fonte: Designua/Shutterstock

Segundo Ratamero et.al (2019) “uma planta de OR é, basicamente, constituída por quatro estágios: uma unidade de pré-tratamento, uma unidade de bomba de alta pressão, uma unidade de membrana de OR e uma unidade de pós-tratamento”, conforme a Figura 8.

Figura 8 - Estágios de uma planta de dessalinização por OR



Fonte: Ratamero et al (2019)

A primeira etapa pode ser constituída no armazenamento da água salina, que passa por uma correção do pH e de outros parâmetros e é então introduzida em um sistema de filtros através de uma bomba de baixa pressão, que pode chegar até 25atm (Ratamero et.al, 2019). O objetivo desta etapa é, segundo Moura et.al (2008), “reduzir o potencial de incrustações na água de alimentação do sistema, devido à remoção de partículas micropoluentes e microrganismos, bem como a prevenção da formação de incrustação inorgânica”.

A próxima unidade (bomba de alta pressão) recebe o produto da primeira etapa elevando sua pressão acima da pressão osmótica da membrana chegando a atingir 80 atm (Ratamero et.al, 2019).

Na unidade de membrana de OR são gerados dois fluxos, um com a água dessalinizada e outro sendo a água com altas concentrações de sais que pode ser tratada ou descartada (Ratamero et.al, 2019).

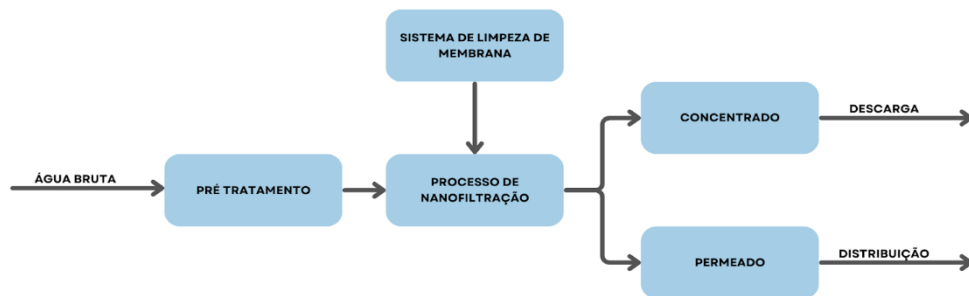
Na última unidade, de pós tratamento, o permeado é armazenado e submetido, se necessário, a processos para correção de pH, adição de flúor e outros compostos para que esteja pronto para o consumo (Ratamero et.al, 2019)

2.2.2.2 Nanofiltração

A nanofiltração (NF) é um processo em que a alimentação, normalmente a água, passa através de uma membrana semipermeável e são gerados dois produtos: o permeado que é a porção filtrada e o concentrado que é a parte não filtrada, conforme Figura 9 (Abdel-Fatah, 2018).

Esse método é intermediário entre a ultrafiltração (UF) e a Osmose Reversa, nele são usadas membranas semipermeáveis que possuem poros que medem entre 0,0001 e 0,001 microns. Tem um processo semelhante ao da OR, entretanto a pressão aplicada é menor, de 4 a 12 bar (CAGECE, 2018). Além disso, esse tipo de membrana, normalmente, apresenta uma rejeição a sais entre 20% a 70% enquanto em membranas de OR essa rejeição é superior a 90% (Baker, 2012). Na figura 9 é apresentado um esquema do processo da nanofiltração.

Figura 9 - Processo de nanofiltração



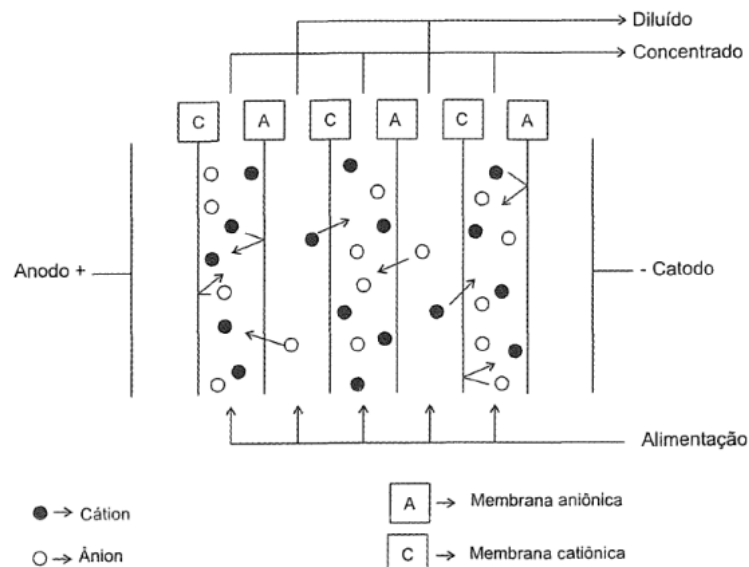
Fonte: Adaptado Abdel-Fatah, 2018

2.2.2.3 Eletrodiálise

A eletrodiálise é um dos principais métodos por membrana para a dessalinização da água do mar. Esse processo consiste na separação de uma solução eletrolítica em uma mais concentrada e outra menos concentrada, por meio de membranas íon seletivas e com a influência de um campo elétrico (Müller, 2013).

No sistema de eletrodiálise, as membranas são estabelecidas de forma alternada e espaçada entre um eletrodo positivo (ânodo) e um negativo (cátion). Portanto, quando uma solução, com espécies iônicas, é inserida nesse sistema e um campo elétrico é formado entre ânodo e cátion, os cátions deslocam para o cátodo e os ânions para o ânodo. Como as membranas catiônicas retém os ânions e repelem, e o mesmo acontece com as membranas aniônicas, como mostrado na Figura 10, em alguns espaçamentos haverá maior concentração de íons e em outros menores concentrações (Müller, 2013).

Figura 10 - Diagrama esquemático do módulo de ED



Fonte: Proença (2022, p. 21)

2.3 Legislação vigente no Brasil referente ao processo de dessalinização

Sendo um processo ainda pouco aplicado no Brasil, há leis de incentivo a dessalinização, mas quanto a qualidade da água dessalinizada ainda existe poucas normas.

A Resolução de Diretoria Colegiada - RDC nº 316, de 17 de outubro de 2019 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), torna a água dessalinizada do mar um dos tipos de água envasada, que, até então, apenas fontes de água doce eram autorizadas. Ela dispõe sobre os requisitos sanitários da água do mar dessalinizada, potável e envasada e conforme seu Art 3º esse tipo de água deve atender aos padrões de potabilidade de água estabelecidos pelo Ministério da Saúde na Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Além de se enquadrar na Portaria nº 2.914, o produto deve cumprir os requisitos de boro, manganês, cálcio, magnésio, dentre outros, conforme o Quadro 2.

Quadro 2 - Parâmetros a serem atingidos RDC nº 316, de 17 de outubro de 2019

PARÂMETRO	VALOR PERMITIDO	UNIDADE
Boro	$\leq 2,4$	mg/L
Manganês	$\leq 0,4$	mg/L
Cálcio	≤ 250	mg/L
Magnésio	≤ 65	mg/L
Potássio	≤ 500	mg/L
Sódio	≤ 600	mg/L
Sais	≥ 30	mg/L
Microcistinas	≤ 1	mcg/L

Fonte: autora

A portaria 2.914/2011 foi revogada em 2017, entrando em vigor a Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017 que tem a lei anterior apresentada em seu anexo XX, anexo esse que posteriormente é alterado pela Portaria do Ministério da Saúde nº 888, de 04 de maio de 2021.

2.4 Impactos Ambientais

2.4.1 Aspectos gerais

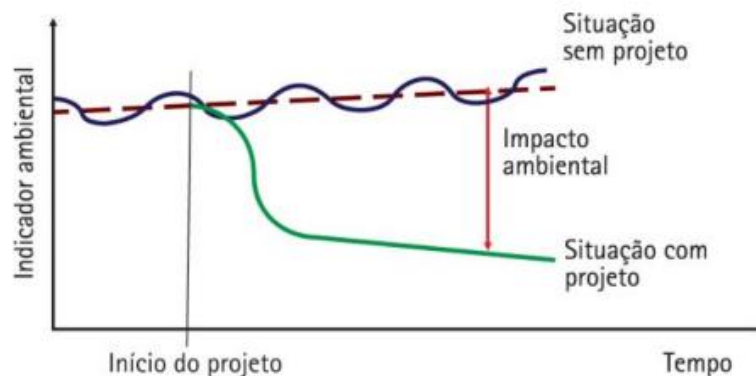
O termo “impacto ambiental” é ouvido com frequência no cotidiano, geralmente associado a algum dano à natureza, como, por exemplo, a morte da fauna silvestre após um vazamento de petróleo (Sanchez, 2020)

Entretanto, essa associação é apenas uma parte da definição de impacto ambiental. Em seu livro Avaliação de Impactos Ambientais, Sánchez cita algumas definições, encontradas na literatura:

- “*Qualquer alteração no meio ambiente em um ou mais de seus componentes - provocada por uma ação humana (Moreira, 1992, p.113).
- *O efeito sobre o ecossistema de uma ação induzida pelo homem (Westman, 1985, p.5).
- *A mudança em um parâmetro ambiental, num determinado período e numa determinada área, que resulta de uma dada atividade, comparada com a situação que ocorreria se essa atividade não tivesse sido iniciada (Wathern, 1988a, p.7).”

Essa última definição é representada pelo gráfico da Figura 11, nela é apresentado como um indicador ambiental seria afetado em duas situações hipotéticas considerando uma determinada área, uma situação é sem o projeto e outra com o projeto, a diferença entre elas é o impacto ambiental.

Figura 11 - Representação do conceito de impacto ambiental



Fonte: Sánchez , 2020.

Outra definição para impacto ambiental é encontrada no artigo 1º do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) 001/86, que trata sobre a avaliação de impacto ambiental:

“qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas

que, direta ou indiretamente, afetam: I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população; II - as atividades sociais e econômicas; III - a biota; IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; V - a qualidade dos recursos ambientais.”

Vale também destacar o conceito de Avaliação de Impactos Ambientais (AIA), que Munn (1975 apud Sánchez, 2020) define como: “Atividade que visa identificar, prever, interpretar e comunicar informações sobre as consequências de uma determinada ação sobre a saúde e o bem-estar humano”.

Moreira (1992, p. 23 apud Sánchez, 2020) a define como:

“Instrumento de política ambiental, formado por um conjunto de procedimentos, capaz de assegurar, desde o início do processo, que se faça um exame sistemático dos impactos ambientais de uma ação proposta (projeto, programa, plano ou política) e de suas alternativas, e que os resultados sejam apresentados de forma adequada ao público a aos responsáveis pela tomada de decisão, e por eles sejam considerados”

Já Morgan (2012, p. 5 apud Sánchez, 2020) define a AIA, como:

“Avaliação de ações propostas quanto às suas implicações em todos os aspectos do ambiente, do social ao biofísico, antes que sejam tomadas decisões sobre essas ações, e a formulação de respostas apropriadas às questões levantadas na avaliação.”

Portanto, a AIA é um instrumento importante para análise das consequências ambientais de atividades potencialmente causadoras de significativa degradação ambiental e a referência nos processos de tomadas de decisão (Souza, 2019).

2.4.2 Licenciamento ambiental

No Brasil, o AIA é vinculado ao processo de licenciamento ambiental que é regulado, essencialmente, pelos órgãos estaduais de meio ambiente (Sánchez, 2020), mas a depender da localização, do tipo de empreendimento e do nível dos impactos causados, a competência passa a ser dos órgãos ambientais do município ou da União (IBAMA).

E em seu Art. 1º, a CONAMA nº 237/97, que dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental, define licenciamento ambiental como:

“procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação

ambiental, considerando as disposições legais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis ao caso.”

Durante o processo de licenciamento o órgão competente (municipal, estadual ou federal) expedirá as licenças Prévia (LP), de Instalação (LI) e de Operação (LO), sejam de forma isolada ou sucessivamente a depender da natureza, características e fase do empreendimento ou atividade (CONAMA, 1997).

No anexo I da CONAMA 237/97 é listado os tipos de atividades sujeitas ao licenciamento, dentre elas estão os serviços de utilidade pública na qual, por se tratar de uma estação de tratamento de água, a planta dessalinização está incluída.

O Estudo de Impacto Ambiental (EIA) é o estudo mais aplicado na Avaliação de Impacto Ambiental no Brasil (Souza, 2019), mas não é exigido para toda e qualquer atividade que necessite de uma licença ambiental. No Art 3º da Resolução do CONAMA nº 237/97 é estabelecido que:

A licença ambiental para empreendimentos e atividades consideradas efetiva ou potencialmente causadoras de significativa degradação do meio dependerá de prévio estudo de impacto ambiental e respectivo relatório de impacto sobre o meio ambiente (EIA/RIMA) [...]

3. METODOLOGIA

A metodologia usada neste trabalho é representada através da Figura 12, que retrata as etapas do processo.

Figura 12 - Metodologia



Fonte: autora

A apresentação do EIA/RIMA da Planta de Dessalinização de Fortaleza foi realizada em agosto de 2023 em uma audiência pública que contou com a participação de líderes comunitários, órgãos ambientais, sociedade acadêmica e civil. E, no mês de novembro do mesmo ano, o projeto teve a aprovação do Conselho Estadual do Meio Ambiente (COEMA), última etapa necessária para adquirir-se a Licença Prévia.

A planta que foi estudada é um projeto de dessalinização da água do mar através de Osmose Reversa que será implantado no bairro Praia do Futuro em Fortaleza com o objetivo de diversificar a matriz hídrica do Estado do Ceará e prevê-se um aumento de 1.000 L/s de água potável injetada no Macrossistema Integrado de Água de Fortaleza e Região Metropolitana.

Portanto, a primeira etapa deste trabalho foi acessar o acervo digital de EIA/RIMAS da SEMACE, onde está disponível o Estudo de Impacto Ambiental da Planta de Dessalinização de Fortaleza.

Ainda na primeira etapa, foi realizado uma revisão bibliográfica sobre os principais processos para produzir água potável a partir da água do mar e onde são aplicados no Brasil e no mundo através de diversos estudos disponíveis de forma digital em plataformas como o

Google Acadêmico e o portal de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Para identificar a legislação vigente no Brasil referente ao processo de dessalinização e a qualidade da água produzida foi realizada uma pesquisa em sites dos Governo Federal e Estadual, além do EIA da Planta de Dessalinização de Fortaleza.

Para concluir essa etapa, foram realizadas diversas pesquisas em sites de órgãos ambientais de países que já possuem plantas de dessalinização da água do mar com a mesma tecnologia utilizada na planta de Fortaleza, que foram identificados durante as pesquisas de revisão bibliográfica.

Na segunda etapa, foram levantados os métodos de avaliação de impacto utilizados no EIA/RIMA da Planta de Dessalinização de Fortaleza para posterior comparação com outros estudos. Os métodos identificados foram o método espontâneo (Ad hoc) e a Matriz de interação (Matriz de Leopold). O primeiro se trata de uma consulta a especialistas no assunto e o segundo é uma interação bidimensional que relaciona fatores ambientais com ações, como mostrado no exemplo da Figura 13.

Figura 13 - Matriz de interação

MATRIZ DE LEOPOLD ADAPTADA									
Atividades	Aspectos Ambientais							MÉDIAS	ÍNDICE FINAL
	Aspecto Ambiental "1"	Aspecto Ambiental "n"		
Atividade "1"									
.....									
.....									
.....									
Atividade "n"									

Fonte: Silva e Morais (2012), apud Silva et.al (2017).

Na terceira etapa do estudo foram identificados os possíveis impactos da planta de dessalinização da água do mar de Fortaleza e comparados com estudos de outros países. Por tratarem-se de métodos diferentes, a comparação foi realizada através dos impactos na maior

classificação de cada escala, com exceção da planta de Fortaleza que foram usadas as duas maiores classificações.

Os estudos usados para comparação com esse, foram de plantas de dessalinização para fins de abastecimento humano, localizadas na Espanha, no Chile e na Austrália.

O primeiro trata-se do estudo de impacto da usina de dessalinização de Moncófar, disponível no site do Senado da Espanha, que traz os possíveis impactos da usina e de suas tubulações de água bruta, água produto, descarga de rejeição e emissário subaquático. O método de dessalinização usado é a Osmose Reversa e a planta consiste em seis módulos que produzem no total cerca de 695 L/s. Os impactos do projeto foram identificados e avaliados de acordo com a nomenclatura e definição especificada pelo Decreto Real 1.131/1988.

O segundo consiste na extração de água do mar para dessalinização em uma região de Caldera para abastecimento de Caldera, Chañaral, e a instalação Piedra Colgada que abastecerá Copiapó e Tierra Amarilla, no Chile e está disponível no site do Serviço de Avaliação Ambiental do Chile (SEA). Ele é composto por três etapas e a capacidade final da usina de dessalinização por osmose reversa (PTOI) será de 1.200 L/s (GSI Ingenieria, 2014). Os impactos desse projeto foram avaliados através de dois métodos: o Valor Ambiental por Componente (VAC) e o Índice de Impacto Ambiental (CAI).

E, por fim, tem-se a planta de dessalinização da água do mar de Alkimos, disponível no site da Autoridade de Proteção Ambiental da Austrália (EPA). É um projeto ainda em avaliação e consiste na construção e operação de uma usina de dessalinização que produzirá cerca de 3.171 L/s usando o método de osmose reversa e uma estação de tratamento de água subterrânea, na Austrália (WATER CORPORATION, 2022).

O método usado para a avaliação dos impactos, segundo a Water Corporation, foi uma abordagem classificada e baseada no risco antes e depois da mitigação, sendo uma combinação entre os critérios de avaliação de risco para o meio ambiente e amenidade social da própria empresa e a tabela de critérios de risco DWER.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 A Planta de Dessalinização de Fortaleza

A planta de dessalinização de Fortaleza estará localizada numa zona urbana do bairro Praia do Futuro em Fortaleza, Ceará. O projeto terá capacidade de produzir 1.000 L/s de água para abastecimento humano a partir da água do mar, sendo 4 linhas de distribuição. Ao todo, a planta ocupará uma área de 25.672,34 m² que compreende as tubulações de distribuição (22.907 m²) e a área da câmara de captação (2.765,34 m²). Na figura 14 é apresentado o layout geral do projeto da planta de dessalinização, na qual no ponto 1 será a zona de captação, no 2 o ponto de lançamento, no 3 a câmara de carga do emissário submarino, no 4 o sistema de bombeamento de água salgada, no 5 a usina de dessalinização, 6 e 7 os reservatórios do Mucuripe e Aldeota, respectivamente.

Figura 14 - Layout geral da planta de dessalinização em Fortaleza



Fonte: SPE Água de Fortaleza, 2022

O projeto compreende em captar a água do mar através de um crivo submerso que irá direcionar a água bruta para uma adutora de tubo PEAD de diâmetro externo de 1.600 mm que encaminhará a água para uma câmara localizada em terra, nela passará por um sistema de

gradeamento automático para retirada de matéria e então é recalçada para a planta de dessalinização.

No processo de dessalinização, a água bruta será submetida a um pré-tratamento composto por uma bateria de filtros pressurizados seguidos de filtros de cartucho, em seguida pelo sistema de osmose reversa que contém quatro módulos de dessalinização trabalhando em paralelo. Nessa etapa, terá dois produtos: a salmoura e a água permeada.

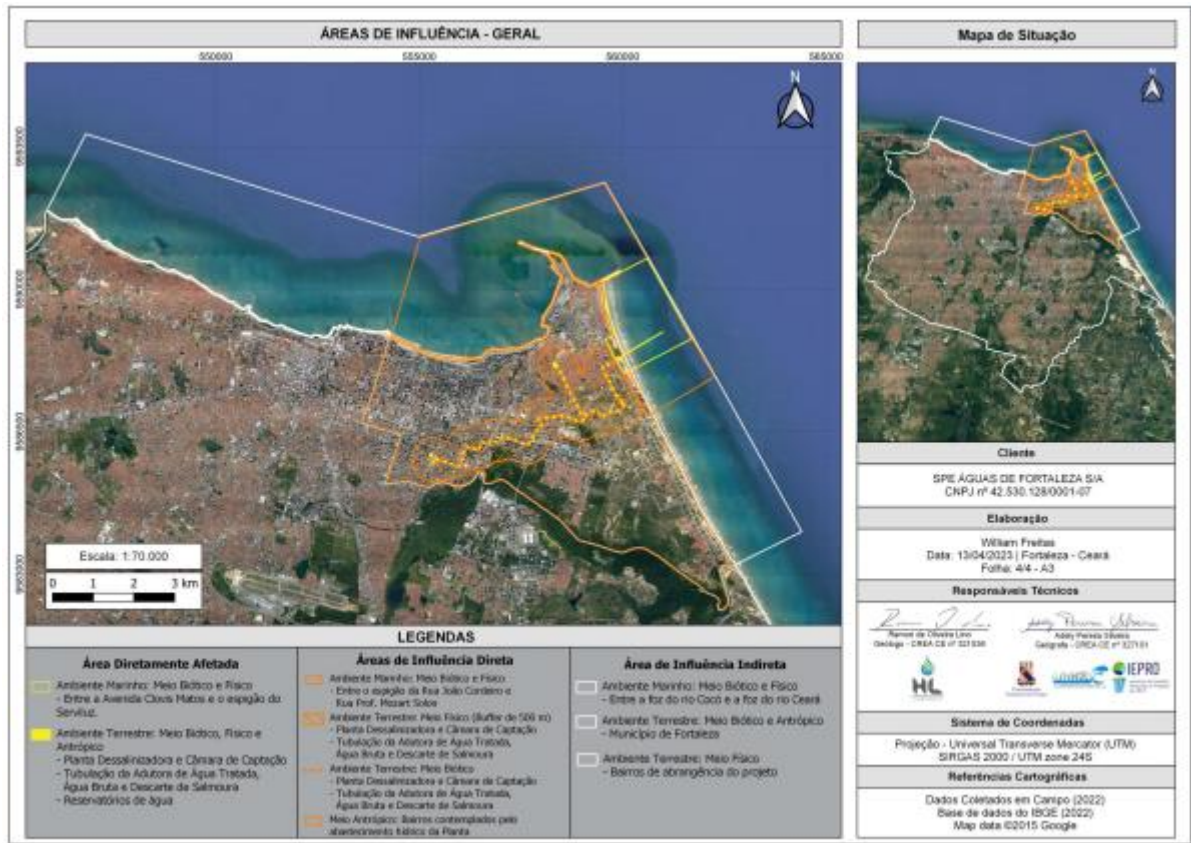
O projeto possui um tanque de salmoura dividido em três módulos, um módulo funciona como reservatório para água de retro lavagem dos filtros pressurizados recebendo tanto água filtrada quanto a salmoura gerada, o outro recebe o resultado da retro lavagem dos filtros pressurizados e o descarte da lavagem das membranas e o último funciona como um canal de mistura da salmoura dos dois primeiros módulos, dosando a mistura de forma a manter a salmoura dentro dos parâmetros legais nacionais, e encaminhando-a para o Emissário Submarino para o descarte no mar.

A água permeada passará por uma remineralização através da adição de uma solução de hidróxido de cálcio e injeção de CO₂, como etapa de pós-tratamento, para ser enquadrada nos padrões de potabilidade do país. O sistema de bombeamento é a etapa posterior ao pós-tratamento e é composto por um reservatório apoiado e uma estação elevatória de água tratada (EEAT) e, a partir dela, a tubulação é dividida em dois trechos: Mucuripe e Aldeota. No Mucuripe, terá uma interligação direto na rede de distribuição do setor São Pedro e outra com o reservatório do Mucuripe que abastece os bairros Papicu, Varjota, Cidade 2000, Praia do Futuro, Caça e Pesca, Cais do Porto (Serviluz) e Vicente Pinzon. Na Aldeota, a interligação será na rede de distribuição do setor que leva o nome do bairro.

4.1.1 Áreas de influência

De acordo com o EIA da Planta de Dessalinização de Fortaleza, para determinar as áreas de influência foi realizada uma análise de todos os elementos envolvidos nos meios físico, biótico e antrópico considerando a significância e magnitude dos impactos. Na Figura 15 são apresentadas as áreas diretamente afetada, de influência direta e influência indireta.

Figura 15 - Áreas de influência



Fonte: HL Soluções Ambientais, 2023

Quanto a área diretamente afetada (ADA), na área marítima a dispersão da pluma foi o fator limitante, que corresponde a uma área de 400 metros da tubulação marítima a leste, ao molhe do Titanzinho a oeste e 600 metros após o final da tubulação. No ambiente terrestre, essa área compreende a região da câmara de captação e suas estruturas, as adutoras de água bruta, salmoura e de distribuição de água tratada até os reservatórios do Mucuripe e Aldeota.

Referente a área de influência direta (AID), a limitação para o ambiente marinho é a Rua Professor Mozart Solon, a leste, a oeste pelo espigão da Rua João Cordeiro e ao nordeste 600 metros após o final da tubulação.

Para o meio biótico do ambiente terrestre a AID adotada corresponde a área diretamente afetada. Para o meio físico desse ambiente adotou-se um buffer de 500 metros a partir da ADA, por não serem previstas alterações dos solos, rochas e relevo fora dessa última. Por fim, para o meio socioeconômico, foram considerados os bairros contemplados com o sistema de abastecimento como a área de influência direta, sendo eles: Varjota, Papicu, Cidade 2000, Praia do Futuro I, Praia do Futuro II (caça e pesca), Cais do Porto (Serviluz), Vicente Pinzon, Manuel Dias Branco (Dunas) e Aldeota.

Para a área marítima que receberá os impactos indiretos do empreendimento os parâmetros foram a foz do rio Cocó, a leste, a oeste a foz do rio Ceará e a nordeste 600 metros após a tubulação. Quanto ao ambiente terrestre considerou-se toda a extensão no município de Fortaleza para os meios biótico e antrópico, para o meio físico a área compreendida é o raio de atuação dos impactos nas residências e no sistema viário limitando ao sul com o rio Cocó.

4.2 Usina de dessalinização de Moncófar

A usina de dessalinização de Moncófar, na Espanha, estará inserida em um terreno dedicado a produção agrícola e o projeto é composto pela usina de dessalinização, um tanque para o armazenamento de água tratada, captação da água do mar, estação de bombeamento, adutoras para distribuição de água, tubulações de rejeito e emissário submarino. A produção de água doce prevista para a central de dessalinização de água através do sistema de osmose reversa é de 60.000 m³/dia.

Para a captação da água do mar, terá uma tubulação de cerca de 3.000 metros que levará a água do fundo do mar até uma câmara localizada em terra firme na qual será instalado um equipamento que bombeará a água até a etapa de pré-tratamento que compreende em processos como floculação, decantação e filtração, posteriormente a água é submetida ao processo de osmose reversa. Como resultado da OR tem-se dois produtos: a água dessalinizada e o concentrado.

A água doce resultante do processo passa por um pós tratamento em seguida é distribuída aos municípios de Moncófar, Chilches e uma ligação a rede do consorcio, através de adutoras de DN 500 e 600. Quanto ao concentrado, ele é usado para a recuperação de energia através das câmaras hiperbáricas e a sua descarga no mar é realizada por meio de um emissário submarino de cerca de 400 metros de comprimento.

Figura 16 - Usina de dessalinização de Moncófar

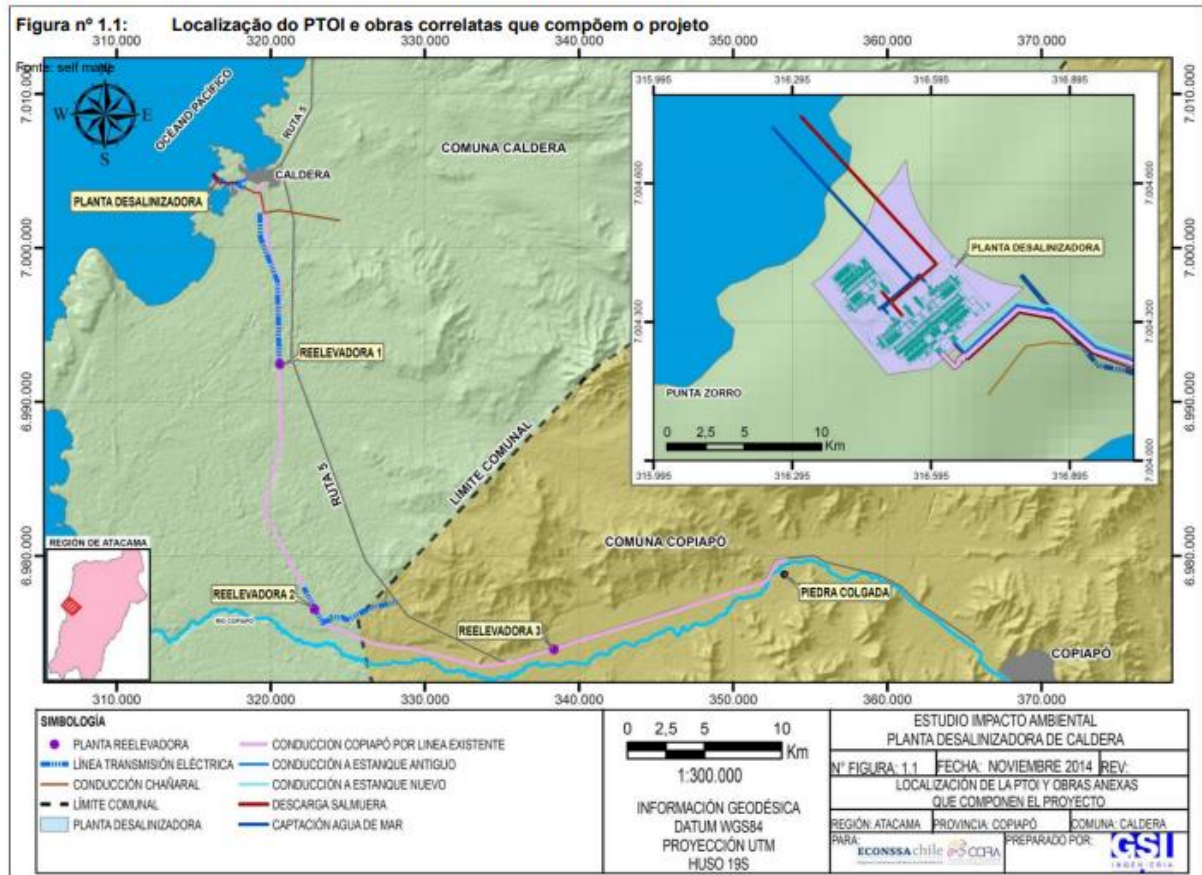


Fonte: ACUAMED, 2007

4.3 Planta de dessalinização de água do mar para a região de Atacama

A Planta de dessalinização de água do mar para a região de Atacama, no Chile, nas províncias de Copiapó e Chañaral, é um projeto que em sua primeira etapa objetivava alcançar a capacidade de 450 L/s, na segunda etapa 900 L/s e ao final uma capacidade de 1.200 L/s. Além da planta de dessalinização por osmose reversa, o projeto é composto pela condução e elevação da água tratada e de linhas de transmissão elétrica, conforme mostrado na Figura 17.

Figura 17 - Planta de dessalinização da região do Atacama



Fonte: GSI Ingenieria, 2014

Os processos contemplados na planta de dessalinização são:

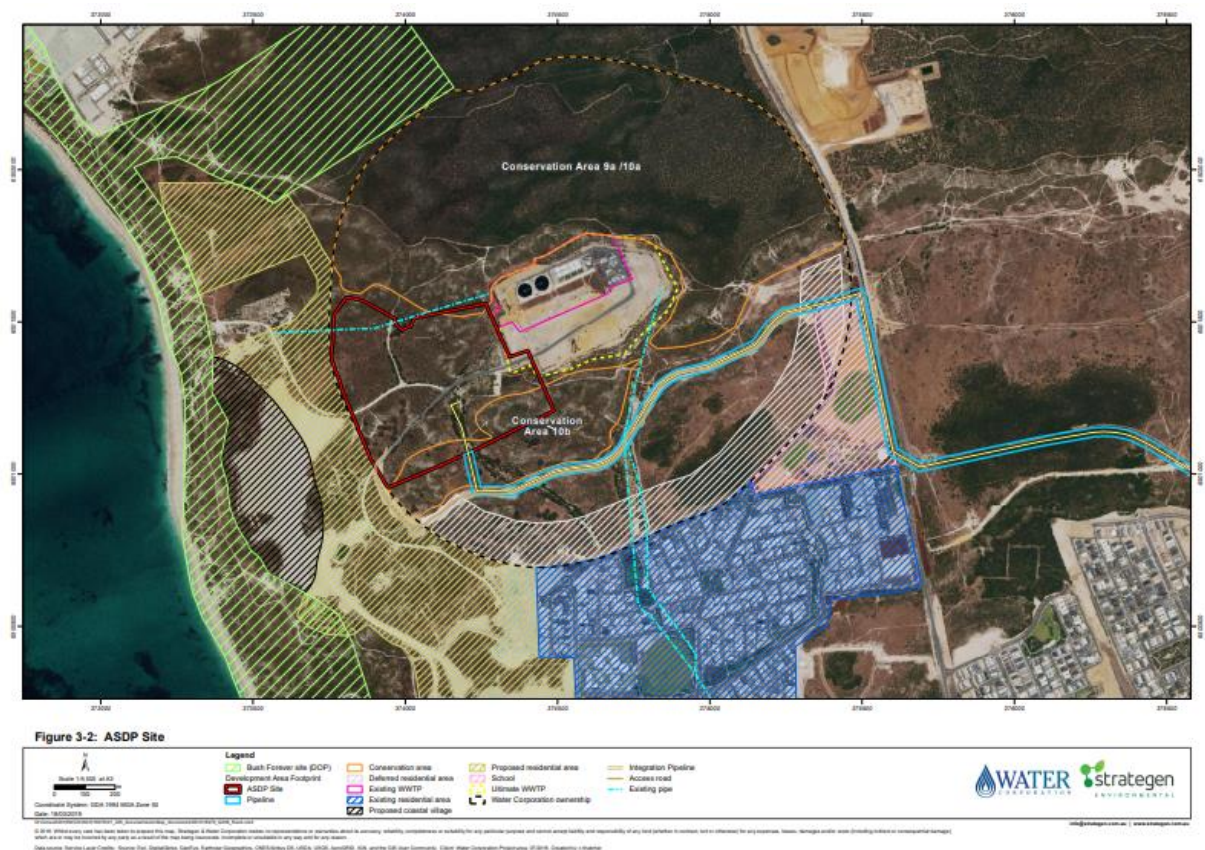
- Captação e elevação de água do mar;
- Estação de tratamento por osmose reversa;
- Lagoa de acumulação de água tratada;
- Estações elevatórias de água tratada;
- Câmara de carga e emissário de descarga de salmoura.

As linhas de distribuição para condução e elevação da água tratada são: duas tubulações sairão da PTOI até as tubulações de entrada dos reservatórios em Caldera, da PTOI uma tubulação até a adutora existente que conduz a água até Chañaral, na etapa I, uma tubulação irá do PTOI até a tubulação existente que atualmente transporta água de Copiapó a Chañaral e Caldera. Na etapa II, uma tubulação irá do PTOI até o local de Piedra Colgada paralelo ao existente a ser utilizado na etapa I e também estão contempladas três estações de elevatórias localizadas na rota para Piedra Colgada.

4.4 Usina de Dessalinização da água do mar de Alkimos

Esta usina é localizada na Austrália e trata-se da construção e operação de uma planta dessalinizadora de água do mar de 100 GL/s se será co-localizada com a estação de tratamento de água subterrânea de 6GL/s de Eglinton, além de 35 km de tubulação para conectar a planta ao sistema de abastecimento. Ao todo o projeto ocupa uma área de 155,7 há subdividido entre a usina de dessalinização, a estrutura marítima e a tubulação de integração. Na Figura 18 são mostradas as áreas do projeto, as tubulações e os acessos a rodovia.

Figura 18 - Usina de Dessalinização da água de Alkimos



Fonte: WATER CORPORATION adaptado, 2022

O processo consiste na captação da água do mar que passa por uma estação de bombeamento que direciona a água bruta para um pré-tratamento com a adição de produtos químicos e em seguida para filtros de cartucho. A água então é encaminhada para o processo de osmose reversa que resulta em dois produtos: o permeado e a salmoura.

A salmoura é direcionada para o emissário submarino e difundida na água do mar. O permeado passa por um pós tratamento que inclui, por exemplo, CO₂ e cloro e então é levada a um reservatório e bombeada para o abastecimento.

No Quadro 3 é mostrado um comparativo entre as plantas de dessalinização.

Quadro 3. Comparativo – Plantas de dessalinização

Projeto	País	Ano	Tecnologia	Capacidade (L/s)
Usina de dessalinização de Moncófar	Espanha	2007	Osmose Reversa	695
Usina de dessalinização de Fortaleza	Brasil	2023	Osmose Reversa	1.000
Usina de dessalinização da região de Atacama	Chile	2014	Osmose Reversa	1.200
Usina de dessalinização de Alkimos	Austrália	2022	Osmose Reversa	3.171

Fonte: autora.

4.5 Métodos de Avaliação de Impactos

4.5.1 Usina de dessalinização de Moncófar

Os impactos do projeto foram identificados e avaliados de acordo com a nomenclatura e definição especificada pelo Decreto Real 1.131/1988. Nomenclaturas essas que são:

Compatível: a incidência do impacto é controlada uma vez que as obras são concluídas e é reversível, incluindo impactos que não tem significância.

Moderado: impacto cuja recuperação não requer medidas protetivas corretivas intensivas e o cumprimento das condições ambientais iniciais requer um certo tempo.

Severo: impacto em que ocorre a recuperação das condições ambientais prévias, requer a adaptação de medidas protetivas ou corretivas e mesmo com essas medidas a recuperação pode requerer um longo período e por vezes não será total.

Crítico: quando a magnitude do impacto é superior ao limite aceitável. Produz perda permanente nas condições ambientais.

Para essa avaliação os atributos levados em consideração foram: o caráter (positivo ou negativo), intensidade, extensão (porcentagem da área que o impacto se manifesta) e duração.

Quadro 4 - Avaliação ambiental da usina de dessalinização de Moncófar

Impacto	Avaliação
Disponibilidade de água	Positivo
Gerência de água	Positivo
Aumento nas extrações	Inexistente
Águas subterrâneas	Compatível
Descargas de rejeição	Moderado
Modificação Topográfica	Compatível
Cobertura Vegetal	Compatível

Fonte: ACUAMED adaptado, 2007

4.5.2 Planta de dessalinização de Fortaleza

Conforme mencionado na planta de dessalinização de Fortaleza, os impactos ambientais identificados e/ou previstos para a área afetada em todas as fases do empreendimento, foram resultantes de debates baseados na experiência e considerações de uma equipe multidisciplinar (Ad hoc).

Na matriz modificada de Leopold apresentada, são expressos os aspectos, impactos, a fase do empreendimento, sistema impactado (antrópico, biótico e físico), a caracterização do impacto, a valoração dos impactos e as principais medidas ambientais propostas.

Para a caracterização dos impactos são considerados os atributos: caráter, intensidade, relevância, duração, reversibilidade, ordem, temporalidade, escala, probabilidade, cumulatividade e sinergia, seus parâmetros e símbolos são apresentados no Quadro 5.

Quadro 5 - Atributos da Planta de Dessalinização de Fortaleza

Atributos	Parâmetro	Símbolo
Caráter	Benéfico	+
	Adverso	-
Intensidade	Pequena	P
	Média	M
	Grande	G
Relevância	Não significativa	NS
	Moderada	Md
	Significativa	S
Duração	Curta	DC
	Média	DM
	Longa	DL
Reversibilidade	Reversível	O
	Irreversível	ϕ
Ordem	Direta	D
	Indireta	I
Temporalidade	Temporário	T
	Permanente	P
	Cíclico	C
Escala	Local	L
	Regional	R
Probabilidade	Alta	PA
	Média	PM
	Baixa	PB
Cumulatividade	Cumulativo	Ct
	Não cumulativo	NCt
Sinergia	Sinérgico	Sr
	Não sinérgico	NSr

Fonte: autora, adaptado de HL Soluções Ambientais, 2022

Quanto a valoração dos impactos, adotou-se as variáveis magnitude (VMAG), importância (VIMP), intensidade (VINT) e caráter (VCAR).

Para a VMAG são atribuídos valores de 1 a 3 para os atributos que determinam a amplitude e extensão dos impactos (ordem, escala, temporariedade e duração). A soma dos valores atribuídos é o resultado da variável. Analisando o Quadro 6 que traz a pontuação para cada atributo, vê-se que o maior valor total será de 13 e o menor de 5.

Quadro 6 - Ponderação da magnitude dos impactos

ATRIBUTO	PONTUAÇÃO		
	1	2	3
Ordem	Indireta	Direta	-
Escala	Local	Regional	-
Temporariedade	Temporário	Cíclico	Permanente
Duração	Curto	Médio	Longo
Cumulatividade	Não Cumulativo	-	Cumulativo

Fonte: HL Soluções Ambientais, 2022

A VIMP é composta dos atributos que relacionam o fator ambiental afetado a outros impactos identificados, sendo eles: relevância, reversibilidade, probabilidade e sinergia. Assim como a variável anterior, nesta também são atribuídos valores de 1 a 3, sendo a soma mínima total 4 e a máxima 12, conforme o Quadro 7.

Quadro 7 - Ponderação da importância dos impactos

ATRIBUTO	PONTUAÇÃO		
	1	2	3
Relevância	Não Significativa	Moderada	Significativa
Reversibilidade	Reversível	-	Irreversível
Probabilidade	Baixa	Média	Alta
Sinergia	Não Sinérgico	-	Sinérgico

Fonte: HL Soluções Ambientais, 2022.

Na VINT é levado em consideração apenas o atributo intensidade, no qual são dados valores de acordo com o nível, sendo 1 para pequena, 2 para média e 3 para grande (Quadro 8).

Quadro 8 - Ponderação da intensidade dos impactos

ATRIBUTO	PONTUAÇÃO		
	1	2	3
Intensidade	Pequena	Média	Grande

Fonte: HL Soluções Ambientais, 2022

Para a última variável, VCAR, o atributo considerado é o caráter, sendo atribuído +1 para benéfico e -1 para adverso, conforme Quadro 9.

Quadro 9 - Ponderação do caráter dos impactos

ATRIBUTO	PONTUAÇÃO	
	+1	-1
Caráter	Benéfico	Adverso

HL Soluções Ambientais, 2022.

Tendo um valor para cada variável, é realizado uma equação de multiplicação entre elas, como a seguinte equação:

$$S = VMAG \times VIMP \times VINT \times VCAR \quad (1)$$

Sendo:

S = significância;

VMAG = variável magnitude;

VIMP = variável importância;

VINT = variável intensidade;

VCAR = variável caráter.

Sendo S, o valor de significância que é classificada entre muito baixa e muito alta, como mostrado no Quadro 10.

Quadro 10 - Ponderação da Intensidade dos impactos

CLASSE DA SIGNIFICÂNCIA (CG)	VALORES ABSOLUTOS (+ ou -)
Muito Baixa - MB	20 a 109
Baixa - B	110 a 199
Moderada - M	200 a 289
Alta - A	290 a 379
Muito Alta - MA	380 a 468

Fonte: HL Soluções Ambientais, 2022.

4.5.3 Planta de dessalinização de água do mar para a região de Atacama

Quanto ao método de avaliação de impacto usado nessa planta, primeiramente foi realizado uma avaliação de relevância ambiental dos componentes suscetíveis de receber impactos, organizados em ecossistemas, atmosfera, litosfera, hidrosfera, meio ambiente, patrimônio humano, paisagístico, cultural e uso territorial, nos quais foram classificados através do Valor Ambiental por Componente (VAC) que é determinado pela média dos critérios mostrados no Quadro 11, critérios esses que possuem uma escala que varia de 1 a 10, Quadro 12.

Quadro 11 - Critérios para determinação do Valor Ambiental por Componente (VAC).

Critério	Definição
Singularidade (Si)	Valor adicional para o estatuto de distinto
Fragilidade (Fr)	Fraqueza, vulnerabilidade e natureza perecível da qualidade do fator
Abundância (Ab)	Em grandes quantidades no meio ambiente
Naturalidade (Na)	Pertencente ou relativo à natureza ou de acordo com a qualidade ou propriedade das coisas
Raridade (Ra)	Não é comum no meio ambiente
Diversidade (Di)	Abundância de diferentes elementos no ambiente
Resiliência (Re)	Possibilidade de qualquer alteração ser assimilada pelo meio ambiente devido a mecanismos de autopurificação
Interesse Ecológico (IE)	Devido à sua peculiaridade ecológica
Interesse Histórico-Cultural (IHC)	Pela sua peculiaridade histórico-monumental-cultural
Relevância (Re)	Importância para a área envolvente

Fonte: adaptado de GSI Ingenieria, 2014

Quadro 12 - Escala para atribuir Valor Ambiental por Componente.

VAC	Valor numérico
Muito Alta	9-10
Alta	7-8
Média	5-6
Baixo	3-4
Muito baixo	1-2

Fonte: adaptado de GSI Ingenieria, 2014

No Quadro 13 é apresentado um resumo com o VAC dos componentes avaliados, aqueles cujo valor for menor ou igual que 3 não é considerado na classificação do impacto.

Quadro 13 - Resumo do Valor Ambiental por Componente

Partes	VAC		
	Planta dessalinizadora	Condução e elevação	Linha elétrica
Ecosistemas terrestres			
Solo	3	3-3*	
Flora terrestre	6	8	
Fauna terrestre	7	7-6*	
Ecosistemas marinhos			
Biota	9	-	-
Coluna de água do mar	8	-	-
Sedimentos marinhos	9	-	-
Atmosfera			
Qualidade do ar	3	3	3
Ruído	6	4	4
Litosfera			
Geomorfologia	3	5	4
Vibrações	3	4	4
Hidrosfera			
Hidrologia	-	1	-
Meio humano			
Dimensão antropológica	6	3	-
Dimensão básica de bem-estar social	7	5	5
Dimensão demográfica	5	4	4
dimensão socioeconômica	9	5	5
Grupos indígenas	-	8	-
Patrimônio cultural			
Patrimônio arqueológico subaquático	2	-	-
Patrimônio arqueológico terrestre	5	8	-
Patrimônio paleontológico	6	7	-

Paisagem			
Paisagem	3	-	-
Uso do território			
Uso do território	2	2	2

Fonte: adaptado de GSI Ingenieria, 2014

*Esses valores de VAC correspondem aos dois setores em que esta avaliação foi dividida para componentes do ecossistema terrestre (disposição desértica e disposição do vale do rio Copiapó).

Com isso, os atributos usados para avaliar cada impacto e determinar o Índice de Impacto Ambiental (CAI), são: Caráter (Ca), magnitude (M), Intensidade (In), extensão (Ex), duração (Du), reversibilidade (Re) e o fator de certeza (Ce). A escala de cada um desses atributos é mostrada no Quadro 14.

Quadro 14 - Escala e valoração de atributos

	Escala	Critério	Valor numérico
CARÁTER	Benéfico ou positivo	O impacto melhora as condições ambientais atuais	+1
	Adverso ou negativo	O impacto degrada as condições ambientais atuais	-1
CERTEZA	Verdadeiro	Há uma certeza absoluta de que o impacto se manifestará.	1
	Altamente Verdadeiro	Existe uma alta certeza de que o impacto se manifestará.	0,75
	Meia verdade	Há uma certeza média de que o impacto se manifestará	0,5
	Não é verdade	Há uma certeza baixa de que o impacto irá ocorrer	0,25
	Muito pouca verdade	Há muito pouca ou nenhuma certeza de que o impacto irá ocorrer	0,1
INTENSIDADE	Alto	Quando o impacto produz um grau significativo de alteração e se manifesta com uma modificação do Meio Ambiente	2
	Médio	Quando o impacto produz uma alteração entre os graus de alta e baixa intensidade e que pode ser admissível através da	1

		introdução de medidas corretivas	
	Baixo	Quando o impacto produz um grau mínimo ou pequeno de alteração	0
EXTENSÃO	Maior extensão	Quando o impacto se manifesta fora da sub-bacia ou a nível regional	4
	Extensão média	Quando o impacto se manifesta cobrindo uma superfície maior que o entorno imediato, mas menor que uma sub-bacia ou província.	3
	Extensão menor	Quando o impacto se manifesta no ambiente imediato	2
	Pontual	Quando o impacto se manifesta no setor onde está localizada a fonte	1
DURAÇÃO	Longo prazo	O impacto permanece após a conclusão da obra	2
	Médio prazo	O impacto permanece por algum tempo após a conclusão da obra	1
	Curto prazo	O impacto permanece enquanto durar a ação que o gera	0
REVERSIBILIDADE	Irreversível	Não é revertido naturalmente ou por meio de ações corretivas uma vez terminada a ação que o gerou.	2
	Parcialmente irreversível	Não reverte naturalmente, mas pode ser revertido por ações corretivas	1
	Reversível	O impacto é revertido naturalmente após o término da ação geradora	0

Fonte: Adaptado de GSI Ingenieria 2014

O CAI é determinado pela equação:

$$CAI = VAC * M \quad (2)$$

onde,

$$M = Ca * Ce * (In + Ex + Du + Re) \quad (3)$$

Sendo:

CAI = Índice de Impacto Ambiental;

VAC = Valor Ambiental por Componente;

Ca = atributo caráter;

Ce = atributo fator de certeza;

In = atributo intensidade;

Ex = atributo extensão;

Du = atributo duração;

Re = atributo reversibilidade.

O índice pode ser classificado entre positivo e negativo muito alto, conforme o Quadro 15.

Quadro 15 - Classificação por CAI

Escala de cor	Hierarquia	Intervalo numérico
	Positivo	1 a 100
	Negativo muito baixo	-20 a -1
	Negativo baixo	-30 a -21
	Médio negativo	-50 a -31
	Negativo alto	-75 a -51
	Negativo muito alto	-100 a -76

Fonte: Adaptado de GSI Ingenieria, 2014

4.5.4 Usina de Dessalinização da água do mar de Alkimos

O método usado para a avaliação dos impactos, segundo a Water Corporation, foi uma abordagem classificada e baseada no risco antes e depois da mitigação, sendo uma combinação entre os critérios de avaliação de risco para o meio ambiente e amenidade social da própria empresa e a tabela de critérios de risco DWER. Os atributos considerados para determinar a significância foram: localização do impacto, magnitude, resiliência, duração, reversibilidade e escala de remediação necessária. Os critérios de risco são apresentados no Quadro 16.

Quadro 16 - Escala de hierarquia

ESCALA DE COR	HIERARQUIA
	Significante
	Maior
	Moderado
	Menor
	Insignificante

Fonte: WATER CORPORATION adaptado, 2022

4.6 Impactos ambientais

Neste capítulo serão apresentados e comparados os impactos mais recorrentes levantados nos quatro estudos das plantas de dessalinização. No Quadro 17 são apresentados os impactos na fase de implantação. As marcações em destaque correspondem aos impactos de maior classificação em cada planta.

Quadro 17 - Impactos na fase de implantação

Fase	Impacto	Planta de dessalinização			
		Moncófar	Fortaleza	Caldera	Alkimos
IMPLANTAÇÃO	Perturbação de terra e remoção de vegetação		x	x	x
	Perturbação de terra resultando em perda de fauna habitat e fragmentação de habitat.			x	x
	Perda e/ou danos aos valores patrimoniais.		x	x	x
	Alteração do habitat de organismos devido à construção de adutoras de água tratada em trecho do vale do rio Copiapó.			x	
	Possível diminuição de indivíduos da fauna devido à instalação de obras fixas no setor PTOI			x	
	Possível diminuição de indivíduos da fauna devido às obras do PTOI.		x	x	

Possível diminuição de indivíduos da fauna devido à construção de um gasoduto até Chañaral.			X	
Possível diminuição de indivíduos da fauna devido à construção de adutora até Piedra Colgada			X	
Possível diminuição de indivíduos da fauna devido à construção da linha de energia para elevação 2			X	
Alteração do habitat da vida selvagem devido à construção da linha de energia para elevação 2			X	
Mudanças na integridade do patrimônio arqueológico terrestre devido à construção de tubulações que transportam água tratada até a Caldera			X	
Mudanças na integridade do patrimônio arqueológico terrestre devido à construção de adutoras para conduzir água tratada ao sítio Piedra Colgada			X	
Transtornos à população e ao sistema de trânsito	X	X	X	X
Dinamização da economia regional	X	X	X	X

Fonte: autora

Nessa fase de construção, encontra-se dois impactos comuns aos estudos, sendo eles, os transtornos à sociedade e ao sistema de trânsito que se dá pelo aumento do fluxo de caminhões e maquinário nas regiões das implantações, mas principalmente pela construção das tubulações que transportam a água entre os sistemas de captação, lançamento e distribuição, devido a necessidade de interditar os locais que os tubos serão assentados o que afetará a logística de acesso e a localidade do entorno. E, o outro impacto, a dinamização da economia regional isso porque o fluxo de pessoas tende a aumentar o que movimentará o comércio local, além da necessidade de contratação de serviços e compra de materiais.

Os impactos comuns a três estudos, nessa fase, são: perturbação de terra e remoção de vegetação e perda e/ou danos aos valores patrimoniais. O primeiro é devido a limpeza de vegetação para a construção das usinas dessalinizadoras, os prédios administrativos e das tubulações, por ser uma atividade necessária e fundamental é inevitável a perda da vegetação, em Alkimos a obra impactará diretamente uma reserva de conservação. O segundo é motivado pela movimentação e escavações fundamentais durante a construção oferecendo risco ao patrimônio histórico e até arqueológico, no caso de Alkimos, as tubulações marinhas poderão evitar recifes, uma formação comum no país e fundamental para o ecossistema marinho.

Quanto aos impactos comuns a duas plantas, tem-se: perturbação de terra resultando em perda de fauna habitat. Esse é referente ao desmatamento, necessário para a obra, mas que removerá habitats importantes para a fauna das regiões.

Para finalizar a fase de implantação, observa-se que os impactos presentes apenas em um estudo, apresentam características específicas da região de implantação e da própria planta de dessalinização.

Os impactos levantados na fase de operação são apresentados no Quadro 18.

Quadro 18 - Impactos na fase de operação

Fase	Impacto	Planta de dessalinização			
		Moncófar	Fortaleza	Caldera	Alkimos
OPERAÇÃO	Emissão de ruídos		x	x	x
	Aumento da disponibilidade hídrica para a população da região	x	x		
	Segurança hídrica em eventuais períodos de seca e redução do risco de racionamento de água		x		
	Redução da pressão sobre mananciais superficiais para abastecimento público		x		
	Incremento tecnológico no âmbito de abastecimento hídrico por meio de dessalinização		x		

Fonte: autora

Analisando os maiores impactos previstos na fase de operação, encontra-se um impacto comum nos três estudos, sendo ele a emissão de ruídos causado pela própria operação da planta

de dessalinização. É um impacto que é encontrado também na fase de construção devido ao tráfego de caminhões e as atividades da fase, entretanto não é considerado de alto impacto.

O aumento da disponibilidade hídrica para a população da região é um impacto positivo e de suma importância, encontrado em dois dos estudos.

Os impactos presentes apenas em um estudo são: segurança hídrica em eventuais períodos de seca e redução do risco de racionamento de água, redução da pressão sobre mananciais superficiais para abastecimento público, incremento tecnológico no âmbito de abastecimento hídrico por meio de dessalinização e destaque do Ceará no contexto nacional e internacional de abastecimento hídrico. São impactos encontrados na Planta de dessalinização de Fortaleza, que é localizado em um estado que sofre com a escassez hídrica, portanto a usina trará um alívio aos mananciais que abastecem o estado.

Uma questão levantada relacionada a planta de dessalinização de Fortaleza, é o impacto da usina nos cabos de fibra óptica, pois na região em que será implantada está localizado um hub de cabos submarinos. A princípio, a distância da tubulação de captação seria cerca de 40 metros, entretanto, após um parecer contrário da Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL), fez-se necessário o afastamento da captação em mais de 500 metros, chegando a 567 metros de distância. Apesar da contínua objeção das empresas de telecomunicação a usina, não é previsto nenhum impacto quanto aos cabos submarinos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho pretendeu avaliar os impactos da dessalinização da água do mar para fins de abastecimento humano, através de pesquisas bibliográficas sobre a temática e a comparação dos métodos de avaliação usados nos estudos de impactos ambientais das plantas de dessalinização de Fortaleza, Alkimos, Caldera e Moncófar.

Existem diversos métodos de dessalinização, e nesse estudo foram apresentados seis métodos: destilação por multi estágio flash, destilação por múltiplo efeito, destilação por compressão de vapor, osmose reversa, nanofiltração e eletrodialise. Dentre eles, verificou-se que o mais utilizado é a osmose reversa que, no geral, tem um bom fator de conversão, de 45 a 55, e possui o custo mais baixo se comparado a alguns métodos.

Quanto a legislação, ainda há poucas normas quanto a qualidade da água dessalinizada. Uma das encontradas, é de 2019 e refere-se aos padrões da água dessalinizada envasada.

Comparando os estudos das plantas de Fortaleza, Moncófar, Caldera e Alkimos, verifica-se que os métodos de avaliação usados são distintos, o que pode explicar os poucos impactos significativos comuns entre eles, outro motivo seria a localização das plantas pois se encontram em regiões diferentes, e conseqüentemente com a geografia, os tipos de fauna e flora, dentre outros fatores distintos. Apesar disso, são encontrados impactos comuns, como perda de fauna, perda de patrimônios, emissão de ruídos, aumento na disponibilidade hídrica, transtorno ao sistema de trânsito e dinamização da economia. Sendo esses últimos comuns a todos os estudos.

Sugere-se, para futuros estudos, pesquisas sobre os impactos causados pelos resíduos gerados no processo de dessalinização da água do mar pois os estudos ambientais analisados neste trabalho não trazem essa questão como sendo significativa mesmo com lançamento de poluentes químicos e da salmoura.

Por fim, espera-se que os planos e programas propostos para o monitoramento dos impactos ambientais sejam realizados e fiscalizados para evitar e minimizar os impactos previstos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDEL-FATAH, Mona A. Nanofiltration systems and applications in wastewater treatment: Review article. **Ain Shams Engineering Journal**, Cairo, v. 9, ed. 4, p. 3077-3092, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2090447918300534?via%3Dihub>. Acesso em: 17 set. 2023.

ACUMED. **Estudio de Impacto Ambiental**: Planta de ósmosis de moncófar y mejora de gestión de aguas salobres en el sur de la comarca de la plana (castellón). 2007. Disponível em: <https://www.senado.es/web/expedientappendixblobservelet?legis=12&id1=38406&id2=1>. Acesso em: 30 set. 2023

ANA, Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **A dessalinização no Brasil e no mundo usos da água**, 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/usos-da-agua>. Acesso em: 02 set. 2023.

BAKER, Richard W. **Membrane Technology and Applications**. Chennai, India, ed. 3, p. 90, 2012.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **RESOLUÇÃO - RDC n. 316, de 17 de outubro de 2019, dispõe sobre os requisitos sanitários da água do mar dessalinizada, potável e envasada**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 18 out. 2019. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-rdc-n-316-de-17-de-outubro-de-2019-222640232>. Acesso em: 2 set. 2023

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n.237, de 22 de dezembro de 1997. Regulamenta os aspectos de licenciamento ambiental estabelecidos na Política Nacional do Meio Ambiente**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 22 dez. 1997. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html>. Acesso em: 17 set. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017, consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde**.

Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/sectics/farmacia-popular%20old/legislacao/prc-5-portaria-de-consolida-o-n-5-de-28-de-setembro-de-2017.pdf/view>. Acesso em: 07 set. 2023

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021, altera o anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017.** Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 7 mai. 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>. Acesso em: 17 set. 2023

CAGECE. **Planta de dessalinização de Fortaleza** - Projeto Referencial. Fortaleza, 2018.

CAGECE. **Projeto**, 2023. Disponível em: <https://dessaldoceara.com.br/projeto/>. Acesso em: 23 dez. 2023

CELLI, Robson. Modelos de dessalinização e sua eficiência: comparativo entre tecnologias. **Revista eletrônica dos cursos de engenharia: Gestão, Tecnologia e Inovação**, Curitiba v 01, n.1, p. 31-38, jan-abr. 2017

Destilação de efeitos múltiplos. Sulzer. s.d. Disponível em: <https://www.sulzer.com/pt-br/brazil/shared/applications/multi-effect-distillation-med>. Acesso em: 2 out. 2023

FERNANDES, J.G; SANTOS, P.R. Uso racional dos recursos hídricos. **O desenvolvimento rural sustentável e a agropecuária em Pernambuco**. Recife. p. 65-83. 2022.

FREITAS, Douglas Oliveira. **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). Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2019.

GAIO, Susana Sofia Marques. **Produção de água potável por dessalinização: tecnologias, mercado e análise de viabilidade econômica**. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia da Energia e do Ambiente). Universidade de Lisboa. 2016.

GOUVEIA, M. A. C. **Disponibilidade, Demanda Hídrica E Problemáticas Socioambientais:** Arquipélago de Fernando de Noronha/PE. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Geografia). Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2015.

GRASSI, M. T. As águas do planeta terra. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola.** Edição especial – Maio 2001.

GSI Ingenieria. **Estudio de Impacto Ambiental:** Planta Desalinizadora de Agua de Mar para la Región de Atacama, Provincias de Copiapó y Chañaral. 2014. Disponível em: <https://infofirma.sea.gob.cl/DocumentosSEA/MostrarDocumento?docId=fd/ea/0ec100815c4199fbe243a81c9d756c282ebf>. Acesso em: 23 set. 2023

HL Soluções Ambientais. **Estudo de impacto ambiental** - Sistema de Abastecimento de Água Dessalinizada do Macrossistema Integrado de Distribuição de Água de Fortaleza. 2023. Disponível em: https://lookerstudio.google.com/u/0/reporting/b5bded30-e57a-4ab3-84f6-dalebe3878d3/page/p_bfk1y59ptc. Acesso em: 29 ago. 2023

JONES, E.; QADIR, M.; VLIET, M. T. H. ; SMAKHTIN, V; KANG, S. The state of desalination and brine production: A global outlook. **Science of the Total Environment**, 657, p. 1343–1356, 2019.

MISHRA, B.K.; KUMAR, P.; SARASWAT, C.; CHAKRABORTY, S.; GAUTAM, A. Water Security in a Changing Environment: Concept, Challenges and Solutions. **Water** 2021, 13, 490. <https://doi.org/10.3390/w13040490>

MOREIRA, T. M.; BEZERRA, S. R. A. **Dessalinização:** um recurso para o enfrentamento da escassez hídrica. In: 10º Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental. ABES-RS. 19 a 21 de outubro de 2016, Porto Alegre.

MOURA, J.P.; MONTEIRO, G.S.; SILVAa, J.N.; PINTO, F.A.; FRANÇA, K.P. Aplicações do processo de osmose reversa para o aproveitamento de água salobra do semi-árido nordestino. **Águas Subterrâneas**, 2008. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23343>. Acesso em: 3 set. 2023.

MÜLLER, Franciélli. **Membranas poliméricas íon seletivas aniônicas e catiônicas para uso em eletrodialise**. 2013. Tese (Doutorado em engenharia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

OLIVEIRA, Fernando Freitas. **Avaliação de filtros lentos de areia como pré-tratamento para o controle de *biofouling* em plantas de osmose reversa aplicadas na dessalinização de água do mar**. 2012. Dissertação (Mestre em Biotecnologia). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

PROENÇA, Meiryellen Cristina Vargas. **Sistema de pré-tratamento convencional seguido de eletrodialise aplicados à simulação da dessalinização de águas salobras**. 2022. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária e Ambiental). Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2022.

RATAMERO, L. A.; NETO, A. J. S.; OLIVEIRA, V. P. S. O.; COSTA, D. A.; FERREIRA, A. S. Tecnologias de dessalinização de águas por osmose reversa: pesquisa bibliográfica e de patentes. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**, v. 13, n. 2, p. 246-260, jun./dez, 2019.

SAAVEDRA, A.; Valdés, H.; Mahn, A.; Acosta, O. Comparative Analysis of Conventional and Emerging Technologies for Seawater Desalination: Northern Chile as A Case Study. **Membranes** 2021, 11, 180. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2077-0375/11/3/180>. Acesso em: 03 set. 2023.

SÁNCHEZ, Luis Enrique. **Avaliação de Impacto Ambiental: conceitos e métodos**. 3. ed. atual. aprimorada. São Paulo: Oficina de Textos, 2020.

SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS. **Histórico**. Disponível em: <https://www.srh.ce.gov.br/historico/>. Acesso em: 23 nov. 2023.

SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS E AMBIENTE URBANO. **Programa Água Doce - Documento base**. Brasília/DF, 2010

SILVA, D. A. C.; SANTOS, E. B. S.; DUARTE, J. A. Utilização de osmose reversa para tratamento de águas. **Revista Eletrônica e-F@tec**, v. 3, n. 1, 2013.

SILVA, R. C. F.; MOTA, S. A. M.; MÜLLER, S. B.; TORRES, T. B.; DELONGUI, L. **Proposta de ferramenta de inspeção qualitativa multicritério para sinalização viária em rodovias**. IN: XXXI Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes - ANPET, out. 2017, Recife, PE.

SIQUEIRA, A. M. de O.; MARTINS, A. L. S.; VIANA E. E. D.. Princípios de funcionamento de diferentes métodos de dessalinização de água do mar e análise paramétrica de um dessalinizador de múltiplo efeito (MED). **The Journal of Engineering and Exact Sciences – jCEC**, V. 08 n. 01, 13833-1 (2022). Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/jcec/article/view/13833>. Acesso em: 3 set. 2023.

SOUZA, Bárbara Almeida. **EIA-RIMA: Estrutura geral e relações**. Editora Senac São Paulo, 2019.

SOUSA, D. L.; ARAÚJO, R. B. A.; STUDART, T. M. de C. O exemplo de Israel: técnicas para o combate à seca no estado do Ceará. **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade, Curitiba**, v. 11, n. 23, p. 72-88, 2022.

TORRI, Júlia Betina. **Dessalinização de água salobra e/ou salgada: métodos, custos e aplicações**. 2015. Trabalho de conclusão de curso (Diplomação em Engenharia Química) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

UNITED NATION. **The Sustainable Development Goals Report**. New York: United Nations Publications, 2018. 14 p. Disponível em: <https://unstats.un.org/sdgs/files/report/2018/thesustainabledevelopmentgoalsreport2018-en.pdf>. Acesso em: 08 set. 2023.

WATER CORPORATION. **Alkimos Seawater Desalination Plant**. 2022. Disponível em: <https://www.epa.wa.gov.au/proposals/alkimos-seawater-desalination-plant>. Acesso em: 25 set. 2023

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO). **International glossary of hydrology**. Switzerland, 2012. 83 p. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000221862/PDF/221862qaa.pdf.multi>. Acesso em: 08 set. 2023.