

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ  
PRÓ-REITORIA DE ENSINO  
DIRETORIA DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ELABORAÇÃO E GERENCIAMENTO  
DE PROJETOS PARA A GESTÃO MUNICIPAL DE RECURSOS HÍDRICOS**

Djalma Mourão Albano

**DESSALINIZAÇÃO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NO MUNICÍPIO DE  
GUAÍÚBA NO ESTADO DO CEARÁ**

**FORTALEZA - CE**

**2018**

Djalma Mourão Albano

**DESSALINIZAÇÃO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NO MUNICÍPIO DE  
GUAÍUBA NO ESTADO DO CEARÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao curso de Especialização em Elaboração e gerenciamento de projetos para a gestão municipal de recursos hídricos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE – Campus Fortaleza, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista.

Orientadora: Dra. Helba Araújo de Queiroz Palácio.

FORTALEZA - CE

2018

---

Página reservada para ficha catalográfica.

---

DJALMA MOURÃO ALBANO

# DESSALINIZAÇÃO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NO MUNICÍPIO DE GUAÍÚBA NO ESTADO DO CEARÁ

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao curso de Especialização em Elaboração e gerenciamento de projetos para a gestão municipal de recursos hídricos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE – Campus Fortaleza, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista.

Aprovado em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_.

## BANCA EXAMINADORA

---

Profa. Dra. Helba Araújo de Queiroz Palácio. (Orientadora)  
Instituto Federal do Ceará (IFCE) - Campus Iguatu

---

Prof. Dr. José Ribeiro de Araújo Neto  
Instituto Federal do Ceará (IFCE) - Campus Iguatu

---

Profa. Dra. Waleska Martins Elói  
Instituto Federal do Ceará (IFCE) - Campus Fortaleza

## **DEDICATÓRIA**

À Deus, o que seria de mim sem a fé que tenho nele.

Aos meus pais, que foram responsáveis pela minha formação moral e educacional.

A minha esposa, sempre presente apoiando as minhas conquistas.

Aos meus filhos, dedicados e esforçados em suas batalhas diárias, fonte de minhas inspirações e orgulho.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao IFCE, pelo apoio, por me proporcionar o acesso ao conhecimento, em um ambiente virtual, criativo e didático, com encontros presenciais dinâmicos e esclarecedores. Sou grato a cada membro do corpo docente, à direção e a administração dessa instituição de ensino.

A Profa.Dra. Helba Araújo de Queiroz Palácio, pela excelente orientação, suporte, correções e incentivo.

Aos professores participantes da banca examinadora Prof. Dr. José Ribeiro de Araújo Neto e Profa. Dra. Waleska Martins Elói, pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

Aos colegas da turma da especialização, pelas reflexões, críticas e sugestões recebidas.

“Devido a sua escassez  
A água tem se tornado  
Um elemento de disputa  
Inclusive cobijado  
Entretanto o brasileiro  
Segue privilegiado..”

Autor: Antônio Barreto

## RESUMO

O suprimento de água de Guaiúba é garantido através do manancial denominado açude Acarape do Meio, que pertence à bacia Metropolitana, porém nesses períodos de chuvas escassas ou inexistentes, os pequenos mananciais superficiais geralmente secam e os grandes chegam a atingir níveis críticos, provocando muitas vezes colapso no abastecimento de água. Dentro desse panorama aumenta a importância da água subterrânea, que representa, muitas vezes, o único recurso disponível para o suprimento da população e dos rebanhos. Para tornar-se apropriada ao consumo humano, entretanto, a(s) água(s) deste(s) manancial(ais) precisa(m) ser submetida(s) a um tratamento de forma a adequá-la(s) ao padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria 2914/11 do Ministério da Saúde. Objetivou-se com esse trabalho avaliar a utilização de dessalinizadores por osmose reversa, no município de Guaiúba, considerando a qualidade da água gerada na captação através de poços profundos escavados no cristalino e a percepção socioambiental dos usuários desse sistema. A metodologia consiste em realizar um diagnóstico técnico dos sistemas de dessalinização instalados no município e após essa etapa, implantar os serviços de recuperação, instalação e manutenção dos dessalinizadores. Com isso pretendemos oferecer a população de áreas remotas, água de boa qualidade em quantidade suficiente para abastecer grande parte da população rural, cujo o acesso a água fornecida pela empresa responsável pelo abastecimento de água no município é limitada. Os dessalinizadores de água salobra de poços são bastante utilizados para dotar as comunidades rurais do semiárido brasileiro com água potável, sendo considerada uma tecnologia social de convivência com a seca. É preciso analisar as alternativas de obtenção de água para usos diversos. Em contraposição às formas tradicionais de acumular água em pequenos reservatórios de superfície (açudes) e perfuração de poços no cristalino, têm-se buscado alternativas como poços de grande profundidade nas áreas sedimentares, metodologias para redução da evaporação e controle da salinização, destinação e uso de efluentes.

**Palavras-chave:** Cristalino, Rejeito, Poços Artesianos, Osmose Reversa



## **ABSTRACT**

The Guaiúba water supply is guaranteed through the well known as the Acarape do Meio reservoir, which belongs to the Metropolitan basin, but in these periods of scarce or nonexistent rainfall, small surface water sources usually dry up and large ones reach critical levels, often provoking collapse in the water supply. Within this scenario, the importance of groundwater increases, which is often the only available resource for the population and herds. To become suitable for human consumption, however, the water (s) of this well (s) must be subjected to a treatment in order to conform to the standard. The purpose of this study was to evaluate the use of reverse osmosis desalinators in the Guaiúba municipality, considering the quality of the water generated in the collection through deep wells excavated in the lens and the socio-environmental perception of the users of this system. The methodology consists in performing a technical diagnosis of the desalination systems installed in the municipality and after that stage, implement the services of recovery, installation and maintenance of the desalinators. With this we intend to offer the population of remote areas, good quality water in sufficient quantity to supply a large part of the rural population, whose access to water supplied by the company responsible for water supply in the municipality is limited. Well-water desalinators are widely used to provide rural communities with semi-arid Brazil with potable water, being considered a social technology to coexist with drought. It is necessary to analyze the alternatives of obtaining of water for diverse uses. In contrast to the traditional ways of accumulating water in small surface reservoirs (reservoirs) and drilling wells in the crystalline, we have sought alternatives such as deep wells in the sedimentary areas, methodologies to reduce evaporation and control of salinization, destination and use of effluents.

**Key words:** Crystalline, Reject, Artesian Wells, Reverse Osmosis

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Distribuição de Água no Planeta.....	20
Figura 2	Distribuição da água, da superfície e da população .....	21
Figura 3	Princípio operacional da destilação de Multiestágios .....	26
Figura 4	Princípio de funcionamento da destilação de Multiefeitos.....	27
Figura 5	Princípio operacional da destilação por compressão de vapor .....	28
Figura 6	Dessalinizador solar tipo tanque .....	28
Figura 7	Representação esquemática do processo de separação por membranas .....	29
Figura 8	Correntes no processo de separação por membranas.....	29
Figura 9	Representação esquemática do processo de osmose, do equilíbrio osmótico e do processo de osmose reversa .....	30
Figura 10	Sistema eletrodialítico com membranas catiônicas e aniônicas.....	31
Figura 11	Fluxograma do Sistema de Dessalinização de Águas.....	32
Figura 12	Membrana de Osmose Reversa.....	33
Figura 13	Equipamento de Osmose Reversa .....	33
Figura 14	Mapa de localização do município de Guaiúba-CE.....	36
Figura 14	Mapa da Bacia Hidrográfica do Município de Guaiúba-CE.....	37
Figura 16	Poços tubulares cadastrados no município de Guaiúba-CE.....	41
Figura 17	Situação atual dos poços tubulares públicos cadastrados no município de Guaiúba-CE.....	42
Figura 18	Relação entre poços tubulares em uso e paralisados .....	42
Figura 19	Organograma das Atividades em Desenvolvimento no Projeto de recuperação de dessalinizadores .....	45

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Situação atual dos poços cadastrados.....	41
Quadro 2	Orçamento para instalação de dessalinizadores por unidade.....	46
Quadro 3	Orçamento para recuperação de dessalinizadores por unidade.....	47

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Percentuais de distribuição de salinidade.....	23
Tabela 2 – Faixa de salinidade para diferentes processos de dessalinização.....	26

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABAS	Associação Brasileira de Águas Subterrâneas
CAGECE	Companhia de Água e Esgoto do Ceará
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ENEL	Ente nazionale per l'energia elettrica
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
IPLANCE	Fundação Instituto de Pesquisa e Informação do Ceará
OMS	Organização Mundial de Saúde
PERH	Plano Estadual de Recursos Hídricos
SOHIDRA	Superintendência de Obras Hidráulicas
SRH	Secretaria de Recursos Hídricos
UNESCO	Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	16
<b>2</b>	<b>PROBLEMA</b> .....	16
<b>3.</b>	<b>JUSTIFICATIVA</b> .....	17
<b>4</b>	<b>OBJETIVO</b> .....	18
<b>4.1.</b>	<i>Objetivo Geral</i> .....	18
<b>4.2</b>	<i>Objetivos Específicos</i> .....	18
<b>5</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	19
<b>5.1</b>	<i>Importância e Distribuição da água</i> .....	19
<b>5.2</b>	<i>Uso de água de poço no Brasil</i> .....	21
<b>5.3</b>	<i>O Uso de Dessalinizadores no Semiárido Nordestino</i> .....	22
5.3.1	Salinidade nas Águas Subterrâneas do Cristalino Cearense.....	23
<b>5.4</b>	<b>Dessalinização</b> .....	24
5.4.1	Processo da Destilação Multiestágios (MSF).....	26
5.4.2	Processo da Destilação Multiefeitos (MED).....	27
5.4.3	Processo da Destilação por Compressão a Vapor (VCD).....	27
5.4.4	Processo de Destilação Solar (DS).....	28
<b>5.5</b>	<b>Processo de Separação com Membranas</b> .....	29
5.5.1	Dessalinização por Osmose Reversa.....	30
5.5.2	Dessalinização por Eletrodialise (ED).....	30
<b>5.6</b>	<b>Técnica da Dessalinização por Osmose Reversa ( Inversa)</b> .....	31
5.6.1	Equipamento de Osmose Reversa.....	32
<b>5.7</b>	<b>Vantagens do Processo de Dessalinização por Osmose Reversa</b> .....	34
<b>5.8</b>	<b>Desvantagens do Processo de Dessalinização por Osmose Reversa</b> .....	34
<b>6</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	35
<b>6.1</b>	<b>Descrição da Área de Estudo</b> .....	35
<b>6.2</b>	<b>Aspectos Socioeconômicos</b> .....	37
<b>6.3</b>	<b>Aspectos Fisiográficos</b> .....	38
<b>6.4</b>	<b>Recursos Hídricos</b> .....	38
6.4.1	Águas Superficiais.....	38
6.4.2	Águas Subterrâneas.....	39
6.4.2.1	<i>Domínios Hidrogeológicos</i> .....	39

<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	39
	<b>PROPOSTA DE INTERVENÇÃO</b> .....	41
	<b>Justificativa</b> .....	42
	<b>Objetivo</b> .....	43
	<b>Resultados Esperados</b> .....	43
	<b>Ações de Intervenção</b> .....	43
	<b>Atores Envolvidos</b> .....	45
	<b>Recursos Necessários</b> .....	45
	<b>Orçamento</b> .....	46
	<b>Viabilidade</b> .....	47
	<b>Riscos e Dificuldades</b> .....	48
	<b>Gestão, acompanhamento e avaliação</b> .....	49
	<b>TERMO DE REFERÊNCIA</b> .....	50
<b>1.</b>	<b>Objeto</b> .....	50
<b>2.</b>	<b>Justificativa</b> .....	50
<b>3.</b>	<b>Especificações do equipamento</b> .....	51
I.	Fundamentação Legal.....	52
II.	Estimativa de custos.....	52
III.	Critérios de Julgamento.....	53
IV.	Prazo, local e condições de entrega.....	53
V.	Das obrigações das partes.....	53
VI.	Acompanhamento e fiscalização.....	55
VII.	Pagamento.....	55
VIII	Subcontratação.....	55
IX.	Sanções.....	55
X.	Informações complementares.....	56
	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	56
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	58





## **1 INTRODUÇÃO**

O município de Guaiúba, está inserido em uma área geográfica de 267 km<sup>2</sup>, distante 26,1 km da capital cearense e está localizado na região dos maciços residuais. Apresenta aspecto climático tropical quente, sub-úmido, com precipitação média anual de 1013,7 mm, (Funceme,2018).

Com relação aos recursos hídricos, Guaiúba está inserida na bacia metropolitana, conforme o Plano Estadual de Recursos Hídricos - PERH, e é banhada pela bacia hidrográfica do rio Pacoti. Os rios são intermitentes, apresentando escoamento superficial nulo durante alguns meses do ano. O município conta com a existência de vinte pequenos açudes, sendo apenas cinco com volume superior a 1.000.000m<sup>3</sup>. Os pequenos açudes possuem capacidade de acumulação estimada em 5.522.000m<sup>3</sup> (IPECE, 2011).

A evolução do espaço geográfico, tanto no meio rural, como no meio urbano, tem seu reflexo diretamente na bacia hidrográfica. A expansão urbana, o aumento da atividade industrial, as atividades agrícolas, turismo, especulação imobiliária e as intervenções de engenharia (barramentos), somados na bacia hidrográfica dos rios têm ocasionado impactos negativos de grande monta.

A expansão urbana e as necessidades de desenvolvimento, sem levar em conta o meio ambiente, tem promovido a contaminação dos cursos d'água, a impermeabilização do solo, o assoreamento dos reservatórios e rios, barramentos sem considerar as questões hidrométricas, prejudicam toda a dinâmica da bacia hidrológica.

## **2. PROBLEMA**

De acordo com FREEZE (2017) o termo água subterrânea é normalmente reservado à água sub-superficial que encontra-se abaixo do nível freático em solos e formações geológicas que estão totalmente saturados.

Nas comunidades rurais do Nordeste brasileiro, a utilização de águas subterrâneas de poços tubulares é uma alternativa ao abastecimento d'água. No entanto, há uma grande limitação na utilização desses poços para enfrentamento da escassez hídrica, que é o elevado

teor de sais dissolvidos (SILVA et al., 2007; FERNANDES et al., 2010; SANTOS et al., 2011).

Outro problema aferido no processo de dessalinização é a produção, além da água potável, de um rejeito altamente salino e de poder poluente elevado. A produção do rejeito proveniente da dessalinização da água pode contaminar o lençol freático e gerar sérios impactos ambientais no solo. Dependendo do equipamento e da qualidade da água do poço, a quantidade de rejeito gerado é da ordem de 40 a 70% do total de água salobra retirada (Beltrán e Koo-Oshima, 2006; Porto et al., 2006; Wanderley, 2009). Destaca-se, portanto, a necessidade de aproveitamento do rejeito com atividades da agricultura como a hidroponia, piscicultura e/ou mineração evitando-se, assim, impactos ambientais negativos (Soares et al., 2006; Ceará, 2008; Wanderley, 2009).

### **3. JUSTIFICATIVA**

Para solucionar o problema da salinidade das águas subterrâneas, uma das opções é a instalação de estações de tratamentos de água por osmose reversa, também conhecida como osmose inversa, a fim de obter água potável para as famílias por meio da dessalinização da água salobra de poços.

A escassez de água em grande parte da região do município de Guaiúba, principalmente em comunidades de áreas remotas e a percepção do sofrimento das famílias menos abastadas, moradoras dessas áreas, despertou a vontade de pesquisar formas de suprir o desabastecimento, de modo viável e exequível.

O projeto de recuperação, manutenção e instalação de dessalinizadores em poços já existentes e a perfuração de novos poços artesianos com a instalação de dessalinizadores, proporcionará a população de áreas remotas, que não possuem abastecimento de água diário, uma melhor qualidade de vida, com a disponibilidade de água de boa qualidade e em quantidade suficiente para abastecê-las.

O rejeito proveniente da dessalinização poderá proporcionar as famílias circunvizinhas desses aparelhos, uma renda extra, pois há a possibilidade de uso do rejeito na agricultura com o plantio de verduras hidropônicas, na piscicultura com a criação de tilápias e camarão e na pecuária com a utilização da erva-sal (*atriplex*), que pode ser usada como forragem para o

rebanho, pois possui um alto teor protéico, além de minimizar os efeitos da salubridade no solo.

O cultivo da Atriplex apresentou grande potencial de extração de sais do perfil de solo, mas quando as plantas são irrigadas com rejeito de alta concentração salina, a quantidade de sais extraída desse perfil pela planta, é da ordem de 3,93% do total de sais adicionados ao solo pelas irrigações; isto implica no fato de que, para um manejo de água sustentável, há necessidade de se gerar mais informações sobre as relações de solo e água para a erva-sal, nas condições das zonas áridas do Brasil. (PORTO, ET.AL, 2000)

## **4 OBJETIVO**

### **4.1. Objetivo Geral**

O presente trabalho tem por objetivo avaliar a utilização de dessalinizadores por osmose reversa (inversa), no município de Guaiúba, considerando a qualidade da água gerada na captação através de poços profundos escavados no cristalino e a percepção socioambiental dos usuários deste sistema.

### **4.2. Objetivos Específicos**

- Efetuar o diagnóstico dos sistemas de dessalinizações de Osmose Reversa com os responsáveis pela operacionalização visando identificar as possíveis falhas no abastecimento de água dessalinizada para o município de Guaiúba.
- Realizar um diagnóstico técnico dos sistemas de dessalinização instalados no município.
- Realizar serviços de recuperação, implantação e/ou manutenção dos dessalinizadores.
- Avaliar a salinidade da água de poços artesanais desativados, objetivando a instalação de dessalinizadores.
- Coletar amostras da água dos poços, da água tratada e do rejeito proveniente da dessalinização para análises físico-químicas e microbiológicas, objetivando comprovar a potabilidade da água.
- Orientar a população sobre os problemas ambientais ocasionados pelos resíduos líquidos da dessalinização;
- Orientar sobre técnicas de reuso do rejeito líquido da dessalinização ambientalmente corretas com possibilidades de geração de renda;

- Apresentar técnicas de reuso do rejeito líquido com menor impacto ambiental capaz de gerar renda visando uma melhor gestão dos recursos hídricos.

## **5. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **5.1. Importância e Distribuição da água**

A água é um recurso fundamental para a existência da vida, tanto animal quanto vegetal. Ela constitui mais de 60% de todas as funções necessárias à vida do organismo humano (SERAFIM et al., 2014).

Desde a descoberta de que a produção de alimentos dependia da oferta de água usada no cultivo, a água tem sido um bem de extrema importância para o homem. Sociedades foram desenvolvidas próximas a regiões com boas ofertas de recurso hídricos e fácil captação de modo que atendessem a suas demandas domésticas e agrícolas. Sendo que esses recursos foram suficientes para aquela sociedade naquele momento, as sociedades foram virando cidades e grandes metrópoles e água foi se tornando escassa. Posteriormente, a água passou a ser usada para movimentar máquinas que cortavam madeira, em moinhos de grãos e finalmente em processos industriais (GRASSI, 2001).

A quantidade de água doce no mundo, em rios e lagos, em condições de consumo, é o bastante para suprir de seis a sete vezes o mínimo anual de que cada habitante do Planeta necessita. Embora pareça um recurso abundante, ela representa apenas 0,3% do total de água potável no Globo Terrestre. Os outros 2,5% de água doce está nos aquíferos e lençóis freáticos, geleiras, calotas polares e outros reservatórios, como, por exemplo, os pântanos.(ARAÚJO,2016).

Segundo Carvalho et al. (2004), a disponibilidade de água potável no planeta vem reduzindo, de forma a merecer atenção especial da comunidade científica e de entidades internacionais. De acordo com estudo publicado (UNESCO, 2004), até a metade deste século, a escassez de água atingirá de 2 a 7 bilhões de habitantes em mais de quarenta países.

No decorrer da história da humanidade, as necessidades do uso de água foram-se tornando bastante diversificadas, exigindo-se maior quantidade e qualidade. Com o desenvolvimento de diversas culturas, as sociedades tornaram-se mais sofisticadas, o que passou a exigir, ao mesmo tempo, maior segurança no suprimento de água e aportes

tecnológicos mais robustos que também demandavam maior quantidade de água (HELLER; PÁDUA, 2010).

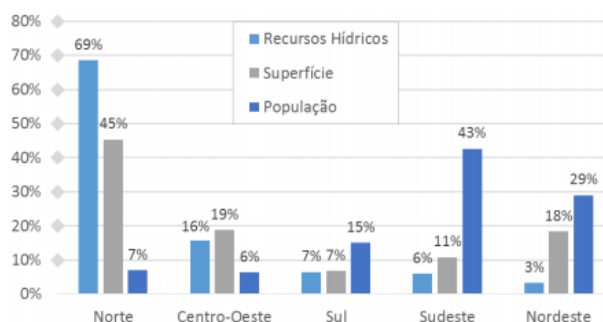
**Figura 1.** Distribuição de água no planeta



Fonte: BRASIL ESCOLA (2008)

O Brasil, de acordo com a OMS (Organização Mundial de Saúde), é um país privilegiado em termos de recursos hídricos, pois possui 12% da água doce que escorre na superfície do planeta (Suassuna, 2004). Porém como mostra a figura 1, a distribuição dessa água é extremamente desigual: 69% do total de água superficial no Brasil, localiza-se na região com poucos habitantes. O nordeste brasileiro, que concentra 29% da população do Brasil, possui apenas 3% dos recursos hídricos do País (MENEZES, 2009).

**Figura 2.** Distribuição da água, da superfície e da população (em % do total do Brasil).



Adaptado de Clarke (2005).

Para Rebouças (1997), o estigma da escassez no Nordeste, já que existe uma oferta de água doce, esta caracterizada pelo fato de 80% das descargas dos rios ocorrerem nos setores ocupados por 5% da população, enquanto os 20% restantes devem abastecer 95% do contingente.

## 5.2. Uso de água de poço no Brasil

Uma importante fonte alternativa às águas superficiais são as águas subterrâneas. Em 2018, estima-se a existência de pelo menos 303.518 poços cadastrados no Brasil. (CPRM,2018). Essas águas são extremamente exploradas no país, e vem sendo utilizadas para o abastecimento humano, irrigação, indústria e lazer. Segundo o Censo de 2000 (IBGE, 2003), aproximadamente 61 % da população brasileira é abastecida, para fins domésticos, com água subterrânea, sendo que 6% se auto-abastece das águas de poços rasos, 12% de nascentes ou fontes e 43% de poços profundos.

Apesar da deficiência em recursos hídricos superficiais, poderiam ser extraídos do subsolo da Região Nordeste, sem risco de esgotamento dos mananciais, pelo menos 19,5 bilhões de m<sup>3</sup> de água por ano (ABAS, 2007). O uso desta água, porém, é limitado por um problema bastante frequente dos poços do interior nordestino, o alto teor de sais. Grande parte da região (788 mil km<sup>2</sup>, ou 51% da área total do Nordeste) está situada sobre rochas cristalinas e o contato por longo tempo, no subsolo, entre a água e esse tipo de rocha, leva a um processo de salinização (SOARES et al, 2006).

Frequentemente, os poços são perfurados em regiões secas e carentes de água e logo após, constatado que a água é imprópria para consumo devido ao alto teor de sais, são rejeitados. Como essa água não atinge seu objetivo principal que é o de promover água de boa

qualidade para a população, os prejuízos são grandes tendo em vista o custo de perfuração dos poços (OLIVEIRA, 1999)

Monteiro (2002) encontrou forte correlação entre indicadores socioeconômicos no estado do Ceará e a salinização das águas que abastecem suas populações. Os 10 municípios (entre 170) com piores indicadores possuem quase 70% de seus poços com altos teores de sais, enquanto nos 10 melhores classificados este percentual é de apenas 16%.

Desde 2002, os Governos Federal e Estaduais têm procurado instalar equipamentos de dessalinização das águas salobras subterrâneas, objetivando a geração de água doce para o abastecimento urbano no Nordeste, sendo que até 2004, mais de 3 mil dessalinizadores já tinham sido instalados na região (SOARES et al, 2006.).

### **5.3. O Uso de Dessalinizadores no Semiárido Nordestino**

A dessalinização pode ser entendida como o processo físico-químico da retirada do sal e outros minerais da água salgada e/ou salobra para obter água potável. Esse processo é muito utilizado no Oriente médio e em navios transatlânticos e submarinos onde a água doce é escassa ou inexistente. Essa água dessalinizada servirá para consumo humano e para irrigação do solo (GALDINO *et al*, 2009).

Por iniciativas dos poderes públicos, vem sendo implantados desde 1996, equipamentos de dessalinização no Nordeste Brasileiro, inicialmente por doações da Fundação Banco do Brasil, Secretária de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente, através do projeto “ÁGUA BOA” e por convênios realizados entre os municípios e o Governo Federal (EMBRAPA, 2004).

Apesar do mercado já dispor de tecnologia de dessalinização a custos cada vez mais reduzidos, estes ainda representam um gasto muito acima da capacidade financeira dos municípios cearenses afetados pelo fenômeno da salinização. Na maioria dos casos, faz-se necessário, portanto, um suporte financeiro das outras esferas de governo, seja estadual, seja federal, para viabilizar a instalação dessa infraestrutura de dessalinização da água (MONTEIRO, et al, 2004).

Nessas circunstâncias, a implantação desses equipamentos como forma de solução do problema de escassez de água potável nas diversas localidades do Estado do Ceará deverá vir inserida num projeto maior dos governos federal e/ou estadual. Os recursos, também, nessas

esferas de governo, no entanto, não são ilimitados e devem ser alocados de forma racional e criteriosa. Portanto, para que se potencialize os benefícios gerados pela aplicação destes recursos, isto é, para que alcance a parcela da população mais severamente afetada, faz-se necessário um estudo que indique, a partir de critérios objetivos, quais municípios deverão receber, prioritariamente, essa ação governamental (MONTEIRO, et al, 2004).

### 5.3.1. Salinidade nas Águas Subterrâneas no Cristalino Cearense

As águas de litologia cristalina tendem a apresentar conteúdo iônico maior. Na Tabela 1, são apresentados os percentuais de distribuição de salinidade, referentes a amostras de água de 254 poços localizados em 53 municípios cearenses, nas diferentes bacias hidrográficas do Estado do Ceará.

**Tabela 1:** Percentuais de distribuição de salinidade

<b>Graus de Salinidade</b>	<b>Condutividade Elétrica</b> (mS/cm)	<b>Dureza Total</b> (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	<b>Sódio</b> (mg Na <sup>+</sup> /L)	<b>Cloreto</b> (mg CL/L)
Baixa	2,8	2,4	4,0	5,9
Média	8,3	2,4	7,1	5,5
Crítica	28,1	2,0	24,5	11,1
Alta	22,9	16,2	13,0	12,2
Muito Alta	37,9	77,0	51,4	65,3

Adaptado de (DA SILVA; ALMEIDA e FERNANDES, 2002)

No cristalino, as maiores limitações recaem sobre cloreto, sólidos totais dissolvidos, dureza total e sódio. Isto exigiria dessalinização da água, caso fossem cumpridos os estatutos da Portaria 2914/11, do Ministério da Saúde. Enquanto no cristalino a média de conformidade



atinge a 47%, no caso de poços presentes em bacia sedimentar, esta chega a 90%. (SILVA. et al., 2007).

O conteúdo de ferro também é um parâmetro relevante, principalmente em mananciais subterrâneos, e vem recebendo atenção crescente. O ferro é considerado um constituinte menor das águas, com concentrações entre 0,01 e 10,00 mg/L. Este é responsável por interferência estética, tais como: manchar peças sanitárias e roupas, causar incrustações e incrementar o crescimento de bactérias de ferro no interior das tubulações. Uma prática útil consiste em pré-clorar a água, para eliminar ou diminuir tais efeitos (VIESSMAN JÚNIOR, HAMMER, 1998).

O conteúdo de ferro é importante para as concessionárias de serviço de abastecimento de água e o limite normativo é de 0,3 mg/L. Apesar da importância, no Ceará, o controle sobre este parâmetro ainda é sofrível, sendo relevante quando o poço já está implantado e algum dano causado pelo uso da água é verificado. Em geral, os resultados se restringem ao conteúdo de ferro férrico ( $Fe^{3+}$ ). Apenas em ambientes com potencial redox reduzido é que se encontra a forma ferrosa ( $Fe^{2+}$ ). (GRADVOHL, 2012)

A sílica ( $SiO^2$ ) é outro parâmetro que tem recebido atenção, provavelmente para fins de melhor caracterização da rocha matriz dos aquíferos e estudos mineralógicos. A sílica é derivada essencialmente do intemperismo dos silicatos presentes em arenitos, argilas minerais e silicatos ferro-magnesianos (HOUNSLOW, 1995). Em águas subterrâneas, a sílica é encontrada normalmente em concentrações superiores a 5 mg/L (entre 1 e 30 mg/L). O conteúdo de sílica não tem significado sanitário, porém é indesejado em muitas atividades industriais (APHA, 1992).

#### **5.4 Dessalinização**

Há séculos antes de Cristo, marinheiros e soldados já utilizavam técnicas de obtenção de água doce a partir da água do mar. Aristóteles (384-332 A.C) já havia estudado o processo de dessalinização. Em 721 D.C, um alquimista árabe escreveu o primeiro tratado sobre dessalinização de águas. (CRAVO, 2008).

Em 1560, foi instalada na costa da Tunísia, a primeira planta de dessalinização e serviu para abastecer 700 soldados espanhóis que estavam sitiados pelos turcos. Já em 1676, na Grã-Bretanha, foi emitida a primeira patente industrial para a retirada do sal das águas, mas

o grande avanço tecnológico, ocorreu no início dos anos 40, durante a Segunda Grande Guerra Mundial. No Brasil, o incremento tecnológico data de 1986, tendo havido forte reação ao uso desta tecnologia, considerada complexa e onerosa. (CRAVO, 2008).

O objetivo dos processos de dessalinização até hoje desenvolvidos é o de remover os sais diluídos nas águas de um modo geral, tornando-as desta forma, uma água de boa qualidade para o consumo humano. (MOURA, et al. 2008).

Todos os processos de dessalinização se utilizam de tecnologias da indústria química, no qual uma corrente de água salina é alimentada no início do processo, energia na forma de calor, pressão ou eletricidade é aplicada e duas correntes são produzidas: uma de água dessalinizada (doce) e outra concentrada em sais que deve ser disposta em local adequado (TORRI,2015).

Younos e Toulou (2005) referem os seguintes processos térmicos para a dessalinização:

- Destilação Multiestágios (MSF)
- Destilação Multiefeitos (MED)
- Destilação por compressão de vapor (VCD)
- Destilação Solar (DS)

No que diz respeito às tecnologias de membranas, Younos e Tolou (2005) referem os seguintes métodos:

- Osmose Inversa (OI)
- Eletrodialise (ED)

A escolha da tecnologia é influenciada pela qualidade da fonte de água, energia demandada, custos frequência no uso da unidade, volume de água a ser produzido, dentre outros fatores. De todos esses, a qualidade da água dessalinizada é o fator mais crítico para determinar os tipos de tecnologia que são possíveis de usar para dessalinização de diferentes águas. A concentração de sais, em particular, decidirá qual processo é mais apropriado,

levando em conta que incrustações (fouling) e dimensionamento são funções da composição da água inicial (BURN, 2015).

**Tabela2** : Faixa de salinidade para diferentes processos de dessalinização

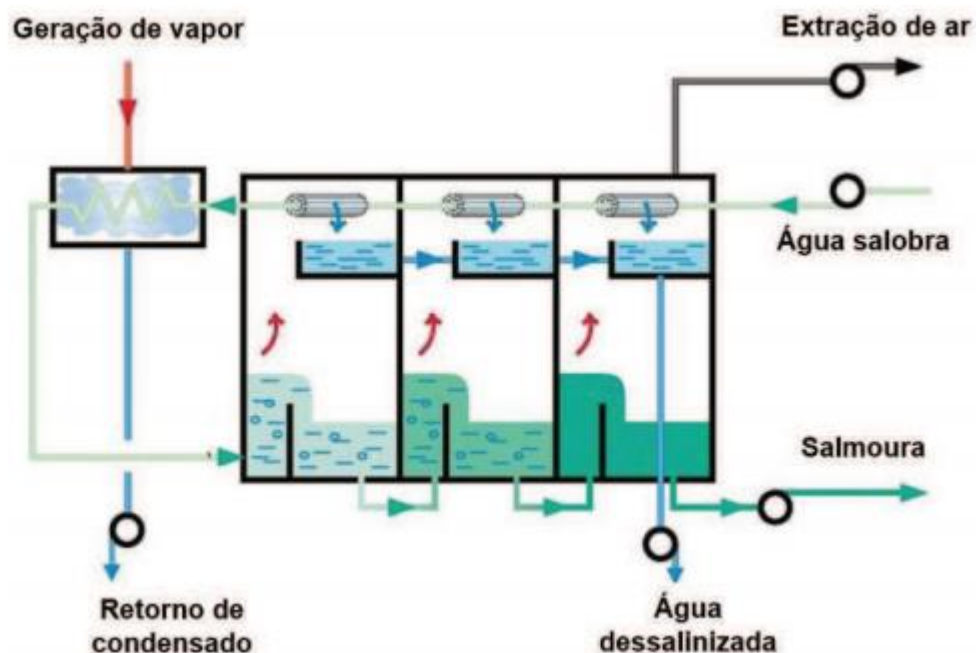
Processos	Concentrações Salinas (ppm)
MSF e MED	10.000 a 50.000
Osiose Inversa	1.000 a 15.000
Eletrodialise	1.000 a 5.000

Adaptado de Menezes (2009).

#### 5.4.1. Processo de Destilação Multiestágios (MSF)

O processo de MSF, consiste na geração de vapor a partir da água, salobra ou salgada, que entra em uma câmara evacuada, cuja pressão é diminuída abruptamente. (ARAÚJO, 2016).

**Figura 3.** Princípio operacional da destilação de Multiestágios

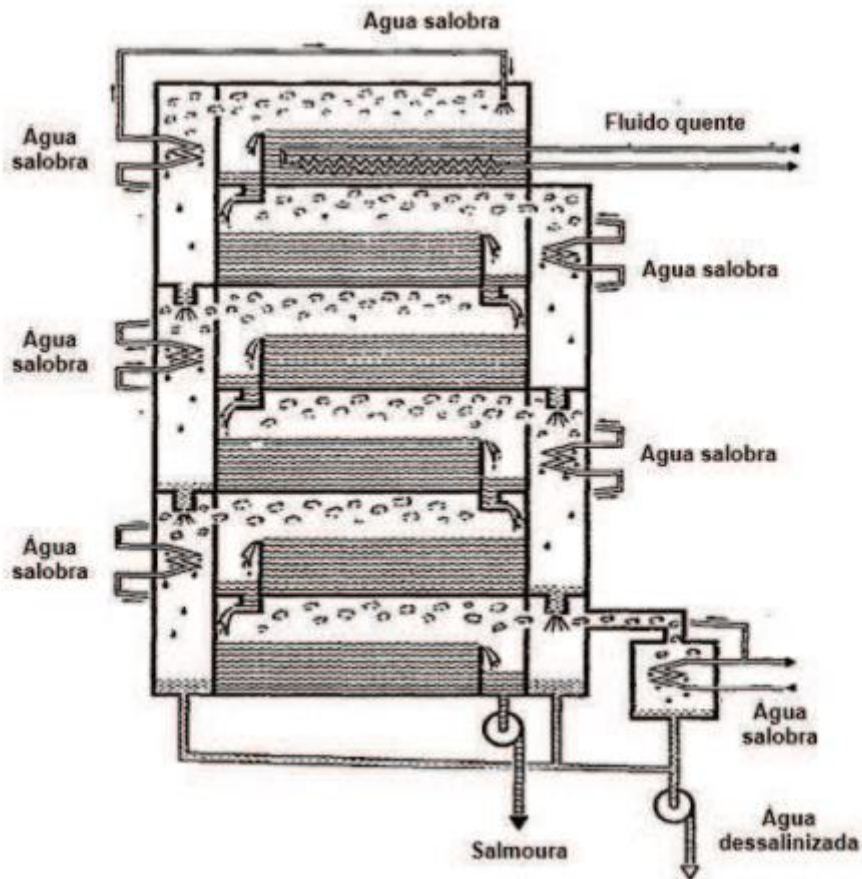


Adaptado de SIDEM (2015)

### 5.4.2. Processo de Destilação Multiefeitos (MED)

A destilação de múltiefeito consiste na evaporação da água, salina ou salobra, pela transferência de calor produzido na condensação do vapor. (KALOGIROU, 1997).

**Figura 4.** Princípio de funcionamento da destilação de Multiefeitos

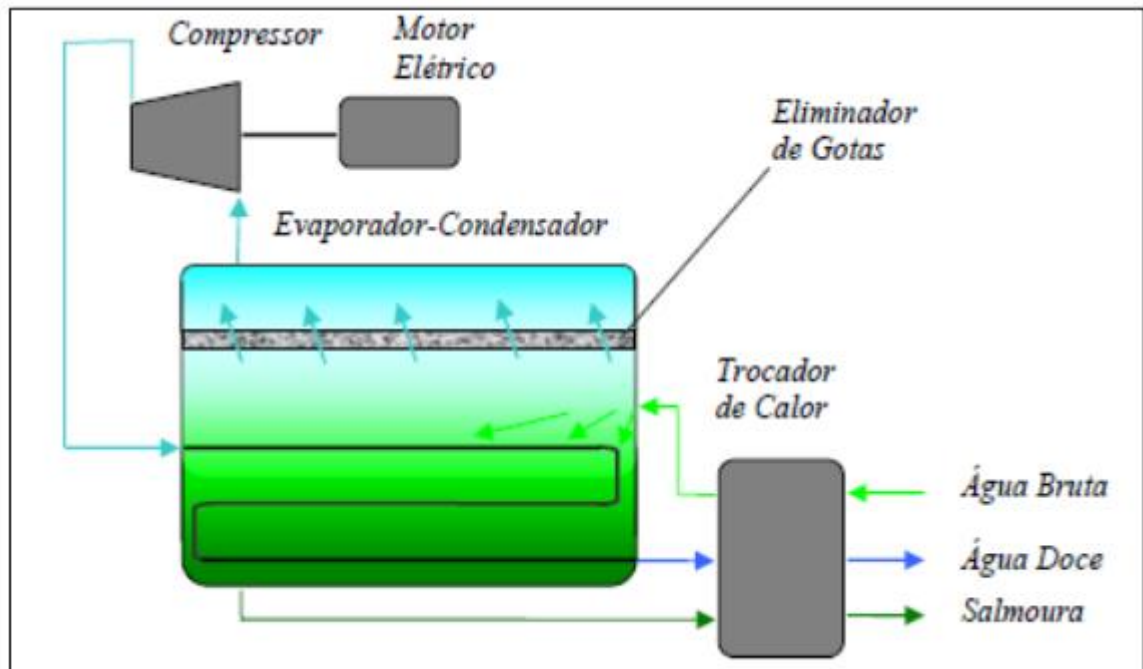


Fonte: Adaptado de DEROZIER et al. (1981)

### 5.4.3. Processo de Destilação por Compressão a Vapor (VCD)

A destilação por compressão de vapor é, normalmente, utilizada em unidades de dessalinização de pequena e média escala, para produção de água de até, aproximadamente, 3000 m<sup>3</sup>/dia (MILLER, 2003).

**Figura 5.** Princípio operacional da destilação por compressão de vapor

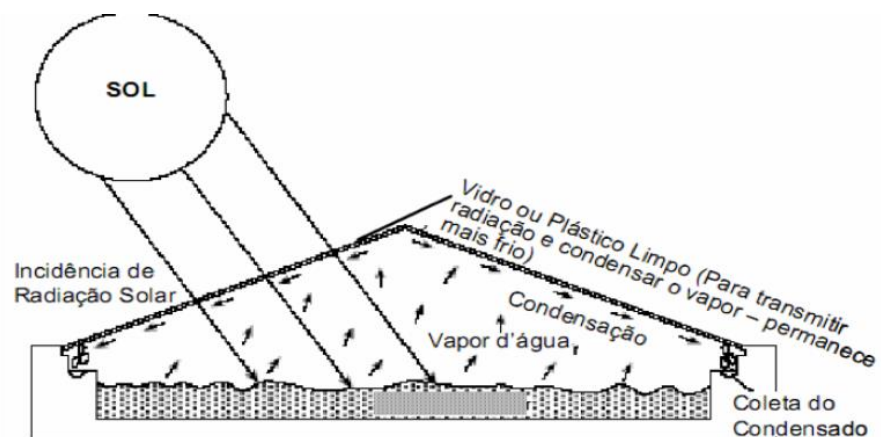


Fonte: SANTOS (2005)

#### 5.4.4. Processo de Destilação Solar (DS)

Os destiladores solares se assemelham ao ciclo hidrológico natural, em uma escala bem reduzida. Nesse processo, a água a ser tratada é aquecida pela radiação solar, transformando-se em vapor, que, em função do campo gravitacional, se separa da fase líquida e condensa em alguma superfície fria. Dessa forma, o condensado pode ser coletado. (ARAÚJO,2016).

**Figura 6.** Dessalinizador solar tipo tanque

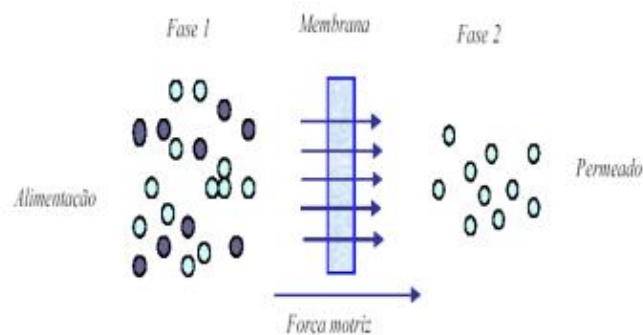


Adaptado de BUROS et al. (1980)

## 5.5 - Processo de Separação com Membranas

Uma membrana é uma barreira que separa duas fases e que seletivamente transfere massa entre essas fases. A membrana tem assim a capacidade de transportar determinados componentes mais eficazmente, retendo outros que fazem parte da mistura de alimentação. É, portanto uma barreira permeável e seletiva ou uma interface entre duas fases. A Figura 7 apresenta um esquema da separação por membranas. (FARIA, et al., 2009).

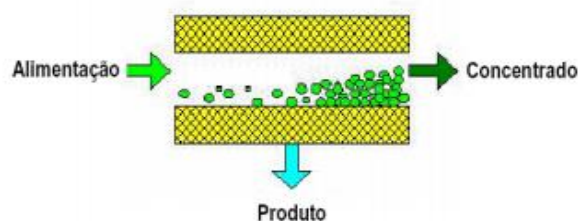
**Figura 7.** Representação esquemática do processo de separação por membranas



Fonte: ABAS (2009)

O processo de separação por membranas é caracterizado pelo fato da corrente de alimentação ser dividida em duas correntes, a de concentrado e a de permeado. O solvente flui, através de uma membrana semipermeável, de uma solução de baixa concentração para uma mais concentrada, até que a elevação da pressão estática (osmótica), no lado do concentrado impede o fluxo. (FRISCHKORN, ROCHA, 2009).

**Figura 8.** Correntes no Processo de Separação por Membranas



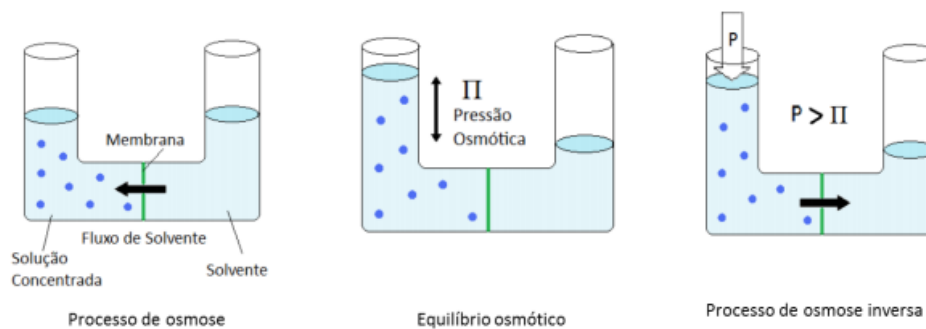
Fonte: (MOURA, et al. 2008)

### 5.5.1. - Dessalinização por Osmose Reversa (Inversa)

Os processos por osmose reversa datam seu início em meados da metade do século 20, na qual houve o surgimento de pesquisas pela busca de soluções para o tratamento da água do mar para torná-la potável. Após o fim da II Guerra Mundial, a população da Califórnia teve um crescimento rápido e a região semi-árida estava enfrentando problemas com o abastecimento de água potável. Em 1954, um equipamento foi construído para a verificação experimental dos estudos, equipamento este chamado de "Conversor para o princípio da osmose" (GLARER, 1998, BJERKE, 2002).

A Osmose Reversa, também é conhecida na literatura técnica como Osmose Inversa (RAMOS, 2008). O processo de osmose é aquele no qual a água passa do meio mais diluído (meio hipotônico) para o meio mais concentrado (meio hipertônico), a fim de equilibrar as concentrações. O processo só é possível quando as duas soluções estão separadas por uma membrana com porosidade suficiente para que passe somente água e nada mais. A água se movimenta da condição de maior potencial para a condição de menor potencial, buscando o estado de equilíbrio (LIBARDI, 2005).

**Figura 9.** Esquema do processo de osmose reversa.

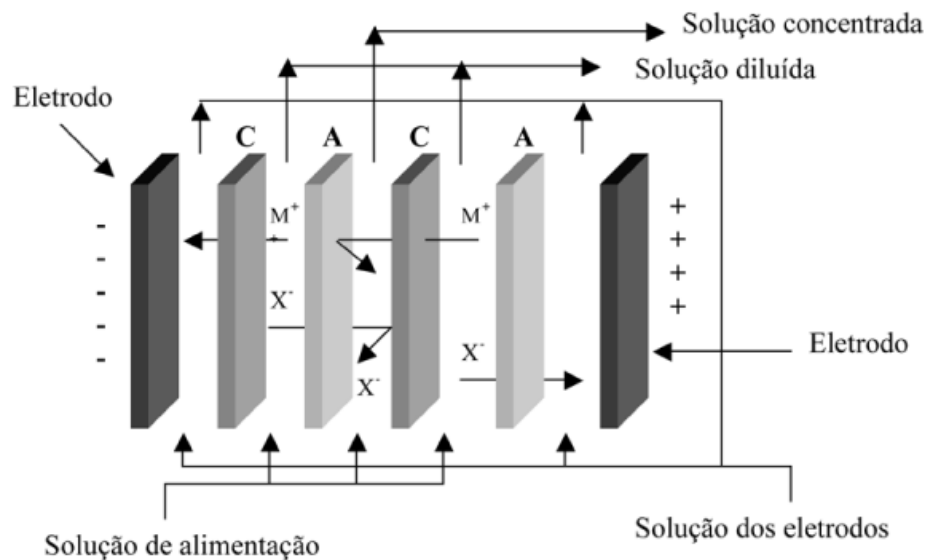


Adaptado de Martins, 2012

### 5.5.2.– Dessalinização por Eletrodialise (ED)

Na eletrodialise, uma solução iônica é bombeada através de um recipiente contendo eletrodos, enquanto membranas seletivas alternadas retêm cátions e ânions. Quando uma fonte externa de corrente contínua, tal como uma bateria, é ligada aos eletrodos, a corrente elétrica é transportada através da solução, com os íons migrando para os eletrodos de carga oposta. (ARAÚJO, 2016).

**Figura 10.** Sistema eletrodialítico com membranas catiônicas e aniônicas



Fonte: AMORIM (2005)

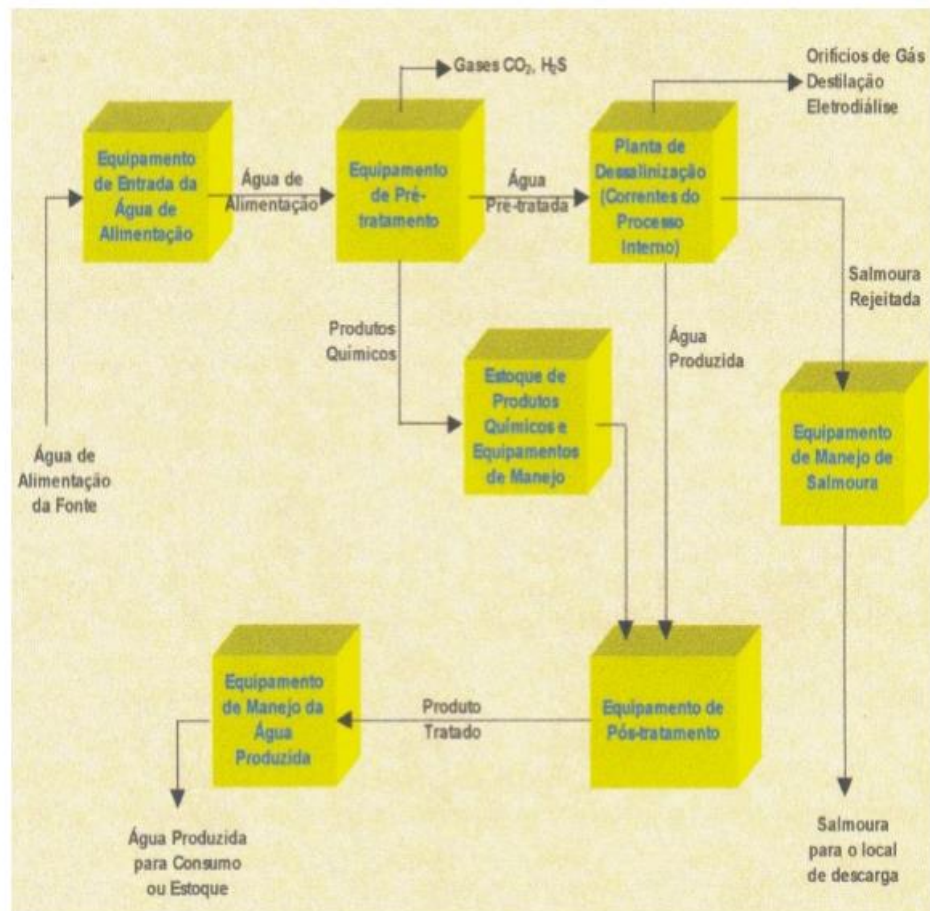
### 5.6 – Técnica da Dessalinização por Osmose Reversa (Inversa)

Todo sistema de desmineralização de águas contém uma unidade denominada Dessalinizador, que separa um efluente salgado ou salobro em dois subafuentes, com composição físico-química e biológica diferenciadas. Um, com teor de sais ausente ou muito baixo classificado como água doce. Outro, com um teor elevado de sais denominado de salmoura, concentrado ou rejeito. (CRAVO, 2008).

De forma geral, os diferentes métodos e técnicas empregadas em qualquer que seja a unidade de dessalinização utilizada, o arranjo operacional é similar ao apresentado na Figura 11 (CRAVO, 2008).



**Figura 11.** Fluxograma do Sistema de Dessalinização de Águas



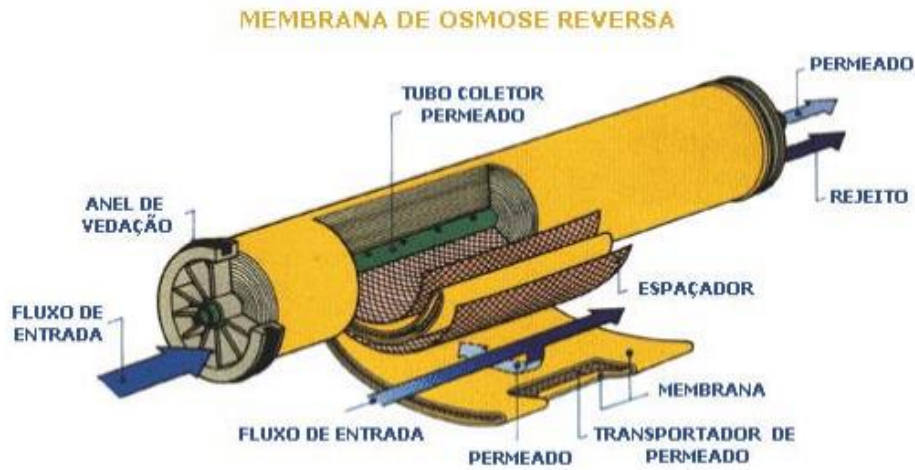
Fonte: CRAVO (2008).

### 5.6.1. Equipamento de Osmose Reversa

As principais peças do equipamento são as membranas (Figura 12), que quando utilizadas de forma corretamente dimensionadas, têm uma vida útil de até 3 anos.

O volume de água tratada vai depender da dimensão do equipamento e o percentual de água obtido varia com a composição salina da água que alimenta o sistema. Quanto mais salina, menor o percentual de volume obtido.

**Figura 12.** Membrana de Osmose Reversa



**Figura 13.** Sistema de Osmose Reversa



Fonte: Majop (2015)

### **5.7. Vantagens do Processo de Dessalinização por Osmose Reversa**

Entre as vantagens dos processos de Osmose reversa, podemos citar o baixo consumo energético, o baixo custo de investimento inicial e de operação, a necessidade de pequenos espaços e os equipamentos serem modulares e simples. Os custos das membranas estão diminuindo e se tornando cada vez mais eficientes e com maior durabilidade ( SOARES, 2006).

A técnica da osmose reversa tem diversas aplicações, além da dessalinização da água, como por exemplo o uso na irrigação, a alimentação de caldeiras, a produção de produtos químicos, que exigem água puríssima, pois o dessalinizador fornece água de qualidade muito superior em padrão comparável ao da água mineral comercializada por muitas empresas no Brasil. A osmose reversa serve para suprir uma necessidade de distribuição de água para a população e vários setores, como indústrias, agricultura, comércio e instituições. (SILVA, 2015).

### **5.8. Desvantagens do Processo de Dessalinização por osmose reversa**

Alguns problemas associados, com o uso do processo de Osmose Reversa podem incluir a necessidade de limpeza das membranas (retrolavagem ou tratamento químico), a pouca resistência destas ao cloro e a formação de incrustações, com conseqüente diminuição do fluxo permeado. Além disso, a curta durabilidade das membranas também representa um problema significativo, gerando altos custos de reposição e um resíduo de complexa disposição; é comum as unidades de dessalinização não terem um plano de disposição desses módulos usados e os mesmos simplesmente ficarem estocados por tempo indeterminado (TORRI, 2015).

Outro fator relevante é o custo com a energia, que pode representar entre 30 e 50% dos custos de operação ( BURN, 2015).

Também devemos citar que conjuntamente com a obtenção da água potável a partir do processo de dessalinização, gera-se também uma corrente de água bastante concentrada em sais ( aproximadamente 70.000 mg/L de STD) que deve ser disposta em local apropriado (KLIM,2009).

## **6. METODOLOGIA**

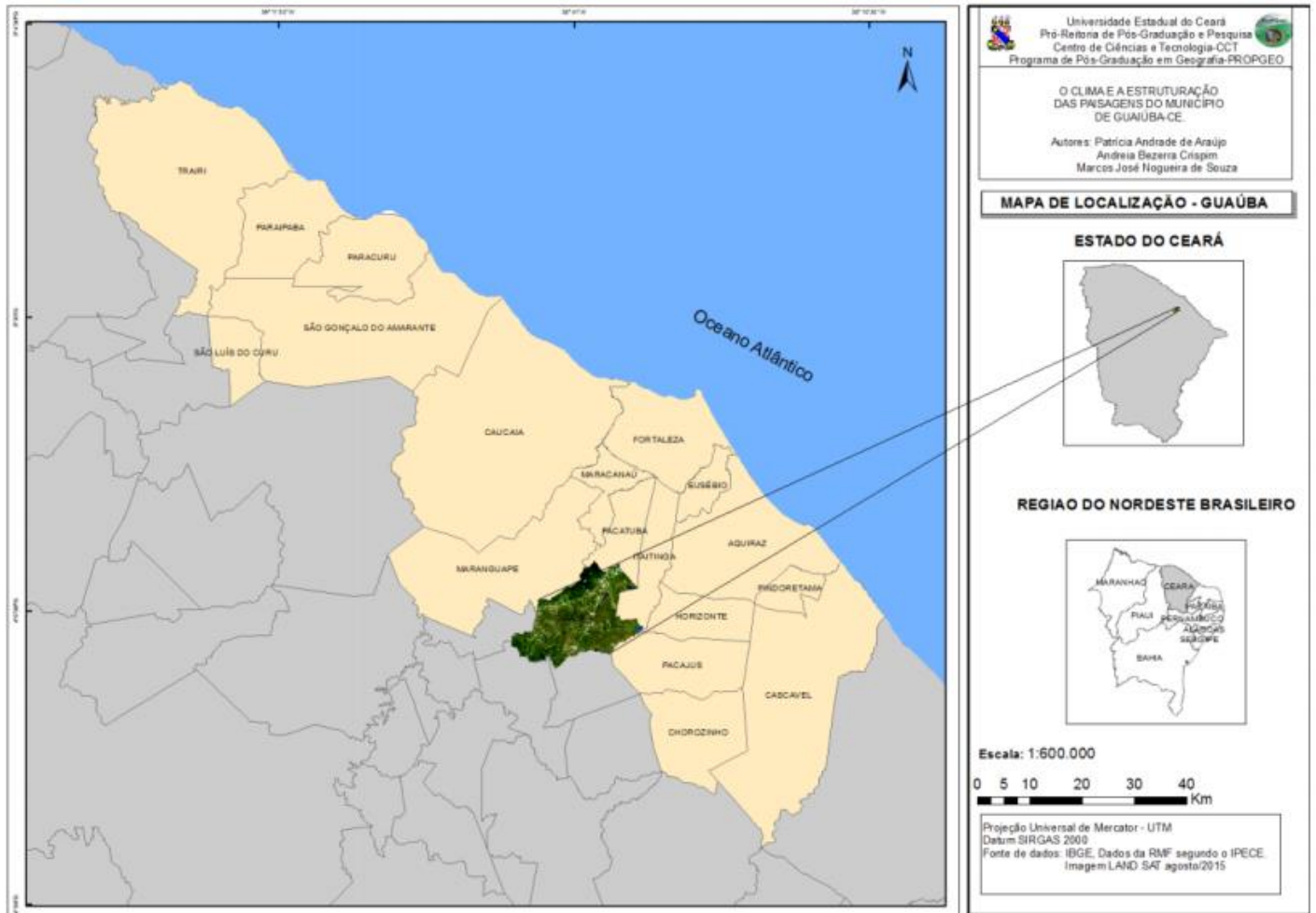
### **6.1. Descrição da área de estudo**

Guaiúba é um município brasileiro do estado do Ceará. Faz parte da região metropolitana de Fortaleza e do Pólo Serra de Guaramiranga. Possui área geográfica de 267 km<sup>2</sup>, incluindo-se os Distritos de Água Verde, Itacima, Dourado, Baú, São Jerônimo e Morenos. Encontra-se a 26,1 km da capital cearense, tendo como via principal de acesso a CE-060. Está localizado na região dos maciços residuais, comumente chamados de serras dispersas pelas depressões sertanejas, formando um complexo paisagístico de extrema singularidade. (Prefeitura Municipal de Guaiuba).

Apresenta aspecto climático tropical quente, sub-úmido, dados coletados através da FUNCEME para o período de (1988-2015), possibilitou diagnosticar que o município tem uma média pluviométrica acima de 800mm ao ano.

Com relação aos recursos hídricos, Guaiúba está inserida na bacia metropolitana, conforme o Plano Estadual de Recursos Hídricos - PERH, e é banhada pela bacia hidrográfica do rio Pacoti. Os rios são intermitentes, apresentando escoamento superficial nulo durante alguns meses do ano. Os principais cursos d'água que drenam o município são os riachos Mata Fresca, Baú, Água Verde, Guaiúba, Boa Esperança, Catolé e Baixa Funda. O município conta com a existência de vinte pequenos açudes, sendo apenas cinco com volume superior a 1.000.000m<sup>3</sup>. Os pequenos açudes possuem capacidade de acumulação estimada em 5.522.000m<sup>3</sup> (Wikipédia, 2008).

**Figura 14.** Mapa da Localização do Município de Guaiúba



Fonte: Adaptado de ARAUJO (2016)



artesanato de redes e bordados representa fonte de divisas para o município. Na área de mineração, a extração de rochas ornamentais, rochas para cantaria, brita, placas para fachadas e usos diversos na construção civil, representa atividade geradora de empregos. A extração de areia e argila (esta utilizada na indústria cerâmica para obtenção de telhas e tijolos), aliada à extração de rocha calcária (utilizadas na fabricação de cal), encontram-se difundidas no âmbito do município.

### **6.3. Aspectos Fisiográficos**

Informações do Perfil Básico Municipal de Guaiuba (IPECE, 2006), indicam que as condições climáticas locais são definidas por temperaturas entre 20°C (média das mínimas) e 29°C (média das máximas), e precipitação pluviométrica média anual oscilando entre 1.100 mm, ao sul do território, e 1.300 mm, na sede.

O relevo é de formas suaves, pouco dissecadas da depressão sertaneja, vendo-se a norte as formas em cristas e colinosas de maciços residuais. As altitudes em pouco superam os 200 metros.

Solos bruno não-cálcicos e podzólicos são encontrados no território, cobertos por caatinga arbustiva densa e por mata seca (floresta subcaducifólia tropical pluvial) nas encostas e porções mais elevadas do terreno.

O município de Guaiúba apresenta um quadro geológico relativamente simples, observando-se um predomínio de rochas do embasamento cristalino de idade pré-cambriana, representadas por gnaisses, granitos e migmatitos. Sobre esse substrato, repousam coberturas aluviais, de idade quaternária, encontradas ao longo dos principais cursos d'água que drenam o município.(CPRM, 1998)

### **6.4. Recursos Hídricos**

#### **6.4.1. Águas Superficiais**

O município de Guaiúba está inserido na região hidrográfica da bacia Metropolitana. Como principais drenagens superficiais pode-se mencionar os rios Pacoti e Água Verde. Segundo o Plano Estadual de Recursos Hídricos do Ceará (SRH, 1992 e atualizado em 2005), o nível de açudagem estimado na época era de 20 açudes, com capacidade total estimada em 5,5 hm<sup>3</sup>. O abastecimento da sede municipal é realizado pela CAGECE, utilizando o açude Acarape do Meio, e atende a 89% da população urbana.(CPRM, 1998).

## **6.4.2. Águas Subterrâneas**

### **6.4.2.1. Domínios Hidrogeológicos**

No município de Guaiúba pode-se distinguir dois domínios hidrogeológicos distintos: rochas cristalinas e depósitos aluvionares. As rochas cristalinas predominam totalmente na área e representam o que é denominado comumente de “aquífero fissural”. Como basicamente não existe uma porosidade primária nesse tipo de rocha, a ocorrência da água subterrânea é condicionada por uma porosidade secundária representada por fraturas e fendas, o que se traduz por reservatórios aleatórios, descontínuos e de pequena extensão. Dentro deste contexto, em geral, as vazões produzidas por poços são pequenas e a água, em função da falta de circulação e dos efeitos do clima semi-árido é, na maior parte das vezes, salinizada. Essas condições atribuem um potencial hidrogeológico baixo para as rochas cristalinas sem, no entanto, diminuir sua importância como alternativa de abastecimento em casos de pequenas comunidades ou como reserva estratégica em períodos prolongados de estiagem.

Os depósitos aluvionares são representados por sedimentos areno-argilosos recentes, que ocorrem margeando as calhas dos principais rios e riachos que drenam a região, e apresentam, em geral, uma boa alternativa como manancial, tendo uma importância relativa alta do ponto de vista hidrogeológico, principalmente em regiões semiáridas com predomínio de rochas cristalinas. Normalmente, a alta permeabilidade dos termos arenosos compensa as pequenas espessuras, produzindo vazões significativas.(CPRM,1998)

Entretanto, no processo de dessalinização há a produção, além da água potável, de um rejeito altamente salino e de poder poluente elevado.

## **7. CONCLUSÃO**

Com o longo período de estiagem que vem acometendo o estado do Ceará, o município de Guaiúba, sente os efeitos da falta de água. O nordeste brasileiro está submetido a condições anômalas com períodos prolongados de seca.

De um modo geral, o município de Guaiúba apresenta característica bastante variável quanto ao regime pluviométrico, além dos anos alternados entre seco e chuvoso, mostra irregularidade na distribuição das chuvas no decorrer do ano, tornando relevante o armazenamento de água que garanta as necessidades da população, a exemplo de açudes,



cisternas e até mesmo poços profundos apesar da salinidade presente em poços perfurados na depressão sertaneja.

Com relação aos recursos hídricos, Guaiúba é banhada pela bacia hidrográfica do rio Pacoti com rios intermitentes e conta com vinte pequenos açudes, sendo apenas cinco com volume superior a 1.000.000 m<sup>3</sup>. Os pequenos açudes possuem capacidade de acumulação estimada em 5.522.000 m<sup>3</sup>.

O município possui 16 poços do tipo profundo perfurados, sendo que atualmente apenas 3 encontram-se em funcionamento produzindo 5,1 m<sup>3</sup> /h apresentando teores de sais dissolvidos elevados em 57% dos poços.

Caso seja implantada uma política de recuperação de poços artesianos que não estão em uso e a instalação de dessalinizadores, estima-se que seria possível atingir um aumento da ordem de 300% (15,3 m<sup>3</sup> /h) em relação à atual oferta de água subterrânea. Considerando-se somente os poços de domínio público, o aumento estimado seria de 13,6 m<sup>3</sup> /h, ou seja, 267%.

Com a perfuração de novos poços e instalação de dessalinizadores naqueles cujo teor de sal é inadequado para o consumo humano, a oferta de água potável atingiria 95% da demanda para a população residente em áreas rurais e/ou remotas do município.

Portanto, esse trabalho vem reforçar a importância do uso de dessalinizadores para o abastecimento de água potável, da população no município de Guaiuba.

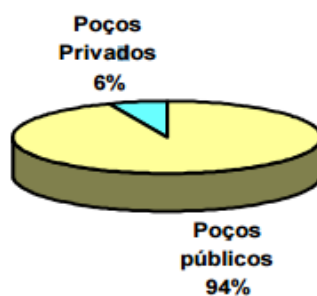
## PROPOSTA DE INTERVENÇÃO

### Identificação do problema

A captação da água subterrânea salobra em Guaiúba é feita por meio de poços tubulares profundos, é armazenada em reservatórios de água bruta. A vazão média apresentada é de menos de 0,3 m<sup>3</sup>/h, com profundidade média de 46 m.

O levantamento realizado no município de Guaiúba registrou a presença de 16 poços, todos do tipo tubular profundo, sendo 15 públicos e somente 1 privado, como mostra a figura 14 de forma percentual.(CPRM,1998).

**Figura 16.** Poços tubulares cadastrados no município de Guaiúba-CE



Fonte: CPRM (1998)

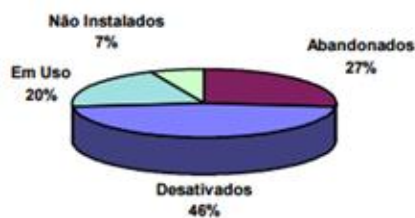
Com relação à distribuição desses poços por domínios hidrogeológicos, verificou-se que todos encontram-se em rochas cristalinas. A situação dessas obras, levando em conta, ainda, seu caráter público ou privado, é apresentada no quadro 1, e sob forma percentual, na figura 6 (somente para os poços tubulares públicos).(CPRM,1998).

**Quadro 1.** Situação dos poços cadastrados.(CPRM,1998)

POÇOS TUBULARES				
Natureza do Poço	Abandonado	Desativado	Em Uso	Não Instalado
PÚBLICO	4	7	3	1
PRIVADO	-	1	-	-

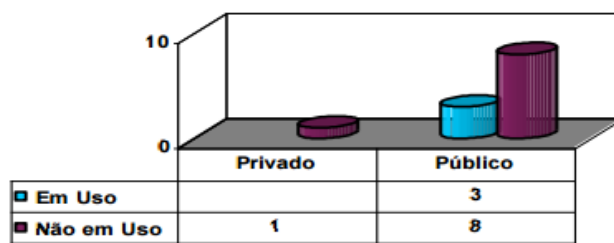
Fonte: CPRM (1998)

**Figura 17.** Gráfico da situação atual dos poços tubulares públicos cadastrados no município de Guaiúba-CE



Fonte: CPRM (1998).

**Figura 18.** Relação entre poços tubulares em uso e paralisados (desativados e não instalados)



Fonte: CPRM (1998)

Para os poços tubulares privados verifica-se que o único poço cadastrado se encontra desativado. Com relação aos poços tubulares públicos, 53% (8 poços) encontram-se paralisados (desativados – 7; não instalado - 1) e conseqüentemente podem ser aproveitados, enquanto que apenas 20% (3 poços) estão sendo utilizados. (CPRM,2000).

Constatou-se que devido a salinidade da água dos poços, o percentual de aproveitamento é de apenas 20%, e que dos poços públicos, 4 foram abandonados, 7 foram desativados e 1 não foi instalado e o privado encontra-se desativado.

### Justificativa

A partir dessas verificações, deduzimos que o melhor método a ser implantado no município para que sejam aproveitados os poços que encontram-se sem serventia, é a da dessalinização por osmose reversa, que, segundo Amorim, (1997) atribui o predomínio da osmose reversa a simplicidade e robustez do equipamento; aos baixos custos de instalação e operação, incluindo o consumo de energia e de mão de obra na operação; à capacidade de

tratar volumes baixos ou moderados de água bruta; à elevada taxa de recuperação; à continuidade do processo e à excelente qualidade da água tratada.

A implantação e recuperação de dessalinizadores por osmose reversa, deverá beneficiar a população do município com água tratada e de boa qualidade e deve ser feita através de projeto em parceria do município com órgãos públicos voltados a operacionalização de recursos hídricos.

### **Objetivo**

Expor a ação e a importância do projeto de recuperação, instalação e manutenção de sistemas de dessalinização de águas subterrâneas, através do processo de osmose reversa possibilitando a minimização dos efeitos adversos do fenômeno da seca no município de Guaiúba, adotando ainda, uma metodologia para o aproveitamento sustentável dos rejeitos gerados em tal processo, no intuito de não causar impactos negativos ao meio ambiente.

### **Resultados e Impactos Esperados**

Um dos grandes problemas enfrentados na atualidade é a escassez de água doce, por ser um elemento essencial a vida e ao desenvolvimento socioeconômico do planeta. Com a atual crise hídrica que afeta o Brasil e principalmente a região nordeste, buscar meios de fornecimento de água potável e de boa qualidade é um desafio diário.

A dessalinização como forma de obtenção de água, vem sendo utilizada como solução para o abastecimento. Desta forma, espera-se que este projeto venha a contribuir de forma clara e objetiva para o abastecimento de parte da população do município de Guaiúba.

Com a recuperação, manutenção e instalação de dessalinizadores por osmose reversa, passará a produzir água potável e de boa qualidade em quantidade suficiente para abastecer grande parte da população municipal, principalmente as das áreas rurais, cujo acesso a água fornecida pela empresa responsável pelo abastecimento do município é limitada.

### **Ações de Intervenção**

A primeira etapa do projeto deve contemplar a realização de um diagnóstico técnico dos sistemas de dessalinização instalados no município, avaliando três pontos principais: (1)

condições dos dessalinizadores; (2) operação dos poços e (3) condições das obras civis (reservatórios e abrigos), referente a cada sistema de dessalinização já instalado.

(1) Condições dos dessalinizadores - devem ser apresentadas as especificações de cada dessalinizador; uma análise das condições atuais de todos os componentes do sistema como : bombas de alta e baixa pressão, tubulações, membranas, pré-filtros, bomba dosadora; além do fornecimento de especificações técnicas para recuperação do sistema, assim como o de funcionamento do dessalinizador.

(2) Operação dos poços - Deve ser feita uma avaliação quanto as situações atuais dos poços e elementos necessários para a operação dos mesmos como: bombas, tubulações e instalações elétricas, além do teste de produção dos poços (vazão).

(3) Condições das obras civis: As obras civis são inerentes às edificações existentes nos abrigos (poço e dessalinizador) e reservatórios, partes elétricas e hidráulicas, avaliação das necessidades de obras complementares, cerca e utilização do concentrado.

A segunda etapa do projeto consiste essencialmente na realização de serviços de recuperação, implantação e/ou manutenção dos dessalinizadores. Na recuperação são realizadas as atividades necessárias para o funcionamento do sistema, em seguida avaliam-se os procedimentos que estão sendo utilizados e a eficiência do equipamento, além da coleta de amostras para comprovação. Na implantação, são instalados os equipamentos, analisando-se as características do poço. Na Manutenção (corretiva ou preventiva), analisam-se as condições do equipamento, toda a infraestrutura integrante (poço, reservatórios, abrigo e tubulações), procedimentos que estão sendo realizados e eficiência do equipamento. O organograma abaixo mostra a metodologia de trabalho da segunda etapa.

**Figura 19.** Organograma das Atividades em Desenvolvimento no Projeto de recuperação de dessalinizadores



Fonte: ITEP/OS (2014)

Ao mesmo tempo são feitas coletas de amostras da água do poço, da água tratada e do rejeito proveniente da dessalinização para análises físico-químicas e microbiológicas, objetivando comprovar a potabilidade da água.

### **Atores Envolvidos**

Nesse projeto os atores seriam: A prefeitura municipal de Guaiuba em parceria com o Governo Federal, Estadual, Órgãos de Gestão de Recursos Hídricos, que pudessem fazer parcerias para fornecimento de equipamento e mão de obra qualificada para recuperação e instalação dos dessalinizadores.

### **Recursos Necessários**

Os recursos necessários vão depender das parcerias feitas entre o município e os órgãos governamentais. Trata-se de um projeto que apresenta viabilidade técnica executável, pois já é um trabalho difundido em vários municípios no estado do Ceará.

Dois programas de governo que tratam da recuperação , instalação e manutenção de dessalinizadores de osmose reversa, é o da SOHIDRA, que tem desenvolvido um trabalho de instalação de sistemas de dessalinização de água potável para consumo humano em comunidades do interior do estado, basicamente a partir de fontes hídricas de águas subterrâneas salobras (poços tubulares) e o programa "Água doce" do Ministério do Meio Ambiente, que é uma ação do Governo Federal, em parceria com instituições federais, estaduais, municipais, sociedade civil, já vem sendo implantado em vários municípios cearenses, visa estabelecer uma política publica permanente de acesso à água de qualidade para o consumo humano, incorporando cuidados técnicos, ambientais e sociais na implantação, recuperação e gestão de sistemas de dessalinização de águas salobras e salinas. O governo entra com a parte financeira e orientação e o município com a contrapartida de contratação de empresa responsável pela recuperação, instalação e manutenção do sistema.

### Orçamento

Os orçamentos inerentes a cada dessalinizador e à infra-estrutura de cada sistema de dessalinização poderá ser custeado pelos programas implantados pelo Governo Federal e Estadual (SOHIDRA). O quadro 2, mostra de forma resumida o orçamento discriminado por item de infra-estrutura para a instalação de equipamentos de dessalinização para diversos tipos de vazão e o quadro 3 uma estimativa de preços para recuperação dos sistemas de dessalinização instalados e desativados.

**Quadro 2 - Orçamento para instalação de dessalinizadores por unidade**

<b>Discriminação</b>	<b>Tipo I (400 l/h)</b>	<b>Tipo II (600 l/h)</b>	<b>Tipo III (800 l/h)</b>	<b>Tipo IV (1200 l/h)</b>
Abrigo (12 m <sup>2</sup> )	10.509,16	10.509,16	-	-
Abrigo (16,5 m <sup>2</sup> )	-	-	12.279,15	12.279,15
Muro	9.846,43	9.846,43	9.846,43	9.846,43
Rede Elétrica	2.247,45	2.247,45	2.247,45	2.247,45
Sistema de Captação	12.110,52	12.110,52	12.110,52	12.596,40
Reservatório	2.233,53	2.233,53	2.233,53	2.233,53
Dessalinizador	36.935,06	38.215,06	40.092,69	52.905,83
<b>TOTAL</b>	<b>71.634,70</b>	<b>72.914,70</b>	<b>78.809,77</b>	<b>92.108,79</b>

Fonte: Flow Industria, Comércio, Serviço e Importação, 2018

No município de Guaiuba os poços perfurados apresentaram uma vazão média menor do que 0,3 m<sup>3</sup>/h, a média de produção especifica menor do que 0,2 m<sup>3</sup>/h, com

profundidade média de 57,8 m e vazão per capita disponível de 0,3 m<sup>3</sup>hab/ano (Silva et al, 2007). Diante desse quadro e com as novas tecnologias empregadas na perfuração de poços, acreditamos ser possível perfurar poços com média de 90 m de profundidade, que atinjam uma vazão média de 1500m<sup>3</sup>/h. Se essa perspectiva for consolidada, devem ser utilizados dessalinizadores do tipo IV, mas há a necessidade da realização de estudos técnicos, para apontar a melhor área, a estimativa de profundidade e vazão dos poços a serem perfurados e só após a perfuração dos mesmos é que poderemos definir o tipo ideal de dessalinizador a ser instalado.

**Quadro 3 - Orçamento para recuperação de dessalinizadores por unidade**

<b>Discriminação</b>	<b>Tipo I (400 l/h)</b>	<b>Tipo II (600 l/h)</b>	<b>Tipo III (800 l/h)</b>	<b>Tipo IV (1200 l/h)</b>
Abrigo e muro	7.330,06	7.330,06	11.125,10	11.125,10
Rede Elétrica	1.230,45	1.230,45	1.230,45	1.230,45
Sistema de Captação	4.728,13	4.728,13	4.728,13	5.000,00
Reservatório	628,00	628,00	628,00	628,00
Dessalinizador	23.646,80	25.748,12	27.840,10	48.900,64
<b>TOTAL</b>	<b>37.563,44</b>	<b>39.664,76</b>	<b>45.551,78</b>	<b>66.884,19</b>

Fonte: Flow Industria, Comércio, Serviço e Importação, 2018

### **Viabilidade**

Neste tocante o projeto apresenta viabilidade técnica de fácil execução pois é um trabalho difundido a nível estadual em alguns municípios. Para ser melhor executado a recuperação, manutenção e instalação de dessalinizadores por osmose reversa se faz necessário profissionais capacitados nesse tipo de equipamento.

Quanto a parte econômica e financeira essa pode ser bem baixo caso haja uma parceria com órgãos da administração pública ou mesmo com empresas privadas. . No entanto, caso isso não aconteça a despesa ficaria pela contratação de empresas para a recuperação, manutenção e instalação dos equipamentos. Ainda sim, é um projeto bastante importante e que a própria prefeitura municipal de Guaiuba deve possuir recursos para essa destinação.



Outras experiências para melhor mostrar que a viabilidade é exequível foram os exemplos já citados da importância de dessalinizadores para o abastecimento de água em poços perfurados com alta concentração de sais.

### **Riscos e Dificuldades**

A dessalinização, como qualquer outro processo industrial, tem impactos ambientais que devem ser compreendidos, quantificados e mitigados, e, que por sua vez, dependem do processo adotado, da eficiência e dimensão da instalação.

Os impactos ambientais da dessalinização incluem efeitos associados com a construção das instalações e, em especial, a sua operação a longo prazo, incluindo ocupação de áreas próximas ao poço de captação e a descarga de resíduos no meio ambiente e, ainda, os impactos indiretos decorrentes do uso intensivo de energia.

Os principais impactos ambientais associados à dessalinização por osmose reversa implica na geração de rejeito, uma água residuária que tem concentração salina muito maior que a água salobra submetida ao tratamento e, por conseguinte, possui alto risco de contaminação ambiental.

Outra dificuldade se refere aos órgãos voltados para a gestão dos dessalinizadores pois estes, não adotam ou não recomendam aos operadores do sistema a efetuar anotações mensais ou anuais de reposições de peças e as conseqüentes despesas efetivamente realizadas em cada sistema, o que acarreta ineficiências no acompanhamento técnico, impossibilidade de melhor análise da performance do sistema, oferta descontínua de água, desconforto das famílias, enfim, a quase inexistência da boa prática de gestão dos recursos hídricos.

A demanda efetiva de água dessalinizada não atinge a metade do que os aparelhos são capazes de produzir. Esta constatação deve-se aos problemas de oferta ocasionados pelos seguintes fatores: as limitações impostas pelas "autoridades gestoras" quanto ao volume de água disponível por família, no máximo de 40 litros/dia; a baixa produção (processamento) de água ocasionada por poucas horas de funcionamento, em média 3 a 4 horas/dia; e ao elevado tempo de paralisação de certos aparelhos, ocasionado, na maioria das vezes, por pequenos defeitos.

### **Gestão, acompanhamento e avaliação**

Conforme determina a legislação nas licitações que tenham por objeto a aquisição de bens materiais e contratação de serviços, o poder concedente deverá possuir uma entidade reguladora para fiscalizar a gestão do contrato com a empresa responsável pela instalação do projeto, a fim de alcançar a eficácia, eficiência e efetividade.

Após a realização da licitação e contratação da empresa vencedora do certame, o técnico responsável pelo projeto, deverá dar suporte ao município, acompanhando e avaliando todas as fases, bem como fiscalizando a manutenção, instalação e recuperação dos sistemas de dessalinização, enquanto durar o contrato, a fim de diminuir ao máximo os riscos que possam comprometer a qualidade do objeto.

## **TERMO DE REFERÊNCIA**

### **DESENVOLVIMENTO E EXECUÇÃO DE ATIVIDADES QUE VISAM A RECUPERAÇÃO, MANUTENÇÃO E INSTALAÇÃO DE DESSALINIZADORES PARA OBTENÇÃO DE ÁGUA POTÁVEL**

#### **I. IDENTIFICAÇÃO DO CONTRATANTE**

- Entidade: Prefeitura Municipal de Guaiúba/Secretária de Agricultura Pecuária Pesca e Meio Ambiente

- Endereço: Rua Pedro Augusto, 53 - Centro

- CEP: 61890-000

- Cidade: Guaiúba - Ceará

#### **1. OBJETO**

O presente Termo de Referência tem por objetivo a recuperação de 6 ( seis) sistemas de dessalinização, aquisição e instalação de 10 (dez) equipamentos de dessalinização por osmose reversa, compactos montados em cabine (cabinados), conforme especificações técnicas abaixo, que serão instalados em comunidades indicadas pela Secretária de Agricultura Pecuária Pesca e Meio Ambiente de Guaiúba-CE.

#### **.2. JUSTIFICATIVA**

Segundo dados da Secretaria Estadual de Saúde a principal causa de mortalidade infantil e internações de adultos, na área sertaneja, são provenientes de doenças de veiculação hídrica. É comum na região o uso de água de barreiros ou fornecida em caminhões-pipas. A qualidade de ambas deixa muito a desejar.

Fora do perímetro das adutoras, que em geral usam água do rio Pacoti, tratada e clorada, a situação é caótica, principalmente nos períodos de estiagem. As carências das intervenções públicas e a desinformação sobre uso da água potável predominam nas áreas rurais. Cuidados mínimos e elementares no uso da água são desconhecidos da população, facilitando quase sempre à contaminação.

Três situações são encontradas na região:

2.1 POÇOS PROFUNDOS – O município de Guaiúba, tem um grande número de famílias que utilizam como única fonte de água os poços profundos, com qualidade predominantemente salina e imprópria para o consumo humano.

2.2 CISTERNAS - Na pratica poucas residências na área rural do município de Guaiúba não possuem cisterna. Mas, com a seca prolongada as chuvas não são suficientes para encher os 16 mil litros, que é a capacidade delas. Como complementos recebem água de caminhões-pipas.

2.3 DESSALINIZADORES – A instalação de dessalinizadores de osmose reversa tem sido a tecnologia melhor recomendada para excluir os sais dissolvidos na água dos poços profundos, tornando a água potável. O uso de dessalinizadores tem conseguido abastecer comunidades com água de boa qualidade.

Porém, verifica-se que ainda há uma demanda, e necessidade, muito grande por diversas comunidades que não são assistidas de nenhuma maneira, carecendo de água em quantidade e qualidade para sua sobrevivência, que têm como única opção consumir água de barreiros, salinizada ou contaminada, precisando ainda, em muitos casos, realizar longas caminhadas para buscar o recurso na fonte mais próxima.

Não apenas fornecer a tecnologia, mas fazer com que seus usuários saibam gerenciar e manter o sistema, tornando-os independentes de ações paliativas em épocas de seca, são características básicas para uma convivência sustentável com as adversidades físicas do semiárido, através do fornecimento do recurso primordial à sobrevivência, a água de boa qualidade, e impulsionador de alternativas de fonte de alimento e renda.

### 3. ESPECIFICAÇÕES DO EQUIPAMENTO

ITENS	ESPECIFICAÇÕES DO EQUIPAMENTO	QUANTIDADE
	EQUIPAMENTO DESSALINIZADOR, COMPACTO, AUTOPORTANTE, MONTADO EM CABINE DE CHAPA METÁLICA e ALUMINIO, COM TELHA TERMICA, COM DIMENSÕES MÁXIMAS: ALTURA= 1,50m; COMPRIMENTO= 2,00m; LARGURA= 1,00m, DEVIDAMENTE PROTEGIDA CONTRA CORROSÃO, COM JATEAMENTO, PINTURA DE PROTEÇÃO ANTICORROSIVA , 100% SÓLIDO, INDICADO PARA PROTEÇÃO DE EQUIPAMENTOS E ESTRUTURAS SUJEITAS A ATAQUES ALCALINOS, ÁCIDOS E SOLVENTES LEVES E PINTURA DE ACABAMENTO. AS FACES LATERAIS, SUPERIOR E FRONTAL EM ALUMINIO, DEVEM SER ARTICULADAS DE FORMA A	

01	<p>PERMITIR SUA ABERTURA PARA INSPEÇÃO, MONTAGEM E LIMPEZA. O EQUIPAMENTO TRABALHARÁ A CÉU ABERTO E DEVERÁ SUPOSTAR A AÇÃO DAS INTEMPÉRIES, SUAS PEÇAS INTERNAS, INCLUINDO TODOS OS COMPONENTES, TUBOS E CONEXÕES, DEVERÃO SER ESPECIFICADAS DE FORMA QUE SUPORTEM À EXPOSIÇÃO A CÉU ABERTO (SOL, CHUVA E TEMPERATURA AMBIENTE DO SEMIÁRIDO). DEVERÁ HAVER SOLUÇÃO PARA O AREJAMENTO INTERNO DA CABINE, PARA EVITAR DANOS AO EQUIPAMENTO SOB ALTAS TEMPERATURAS. DEVERÁ TER 06 MEMBRANAS E CAPACIDADE DE PRODUÇÃO APROXIMADA DE 1000 LITROS/HORA DE ÁGUA TRATADA. O EQUIPAMENTO DEVERÁ CONTER OS SEGUINTE COMPONENTES: 06 VASOS DE ALTA PRESSÃO REFORÇADO COM FIBRA DE VIDRO DE DIÂMETRO DE 4” COM 06 MEMBRANAS; FILTROS; MANÔMETROS; ROTÂMETROS; TERMOSTATO; BOMBAS: AUXILIAR, DOSADORA, ALTA PRESSÃO, RETROLAVAGEM; BOMBONAS PARA DOSADORA E RETROLAVAGEM; CHAFARIZ ELETRONICO COM 500 FICHAS, INCLUINDO BOMBA ESPECÍFICA; QUADRO DE COMANDO ELÉTRICO COM ALIMENTAÇÃO DE 220 V – MONOFÁSICO</p>	10
02	<p>RECUPERAÇÃO DE 6 DESSALINIZADORES COM 06 MEMBRANAS E CAPACIDADE DE PRODUÇÃO APROXIMADA DE 1000 LITROS/HORA DE ÁGUA TRATADA. RECUPERAÇÃO DA INFRA-ESTRUTURA , COMPOSTA DE ABRIGO, MURO, SISTEMA DE CAPTAÇÃO, REDE ELETRICA, RESERVATÓRIO E CHAFARIZ</p>	06

### I. Fundamentação legal

A licitação a que se refere será regida pelas disposições da Lei Federal nº 8.666, de 21 de junho de 1993 e pelas demais normas aplicáveis ao tema. O processo licitatório deve, ainda, seguir os princípios da legalidade, moralidade, impessoalidade e publicidade, como em todos os procedimentos da Administração Pública, ou seja, o administrador só deve fazer o que a lei autoriza expressamente, de forma neutra. (BRASIL/TCU, 2010).

### II. Estimativa de custos

Determinam-se os investimentos e os custos operacionais, com suas respectivas quantidades, vidas úteis e preços de mercado.

Os investimentos propostos são separados por tipo (abrigo, muro, rede elétrica, sistema de captação, reservatório e dessalinizador) e desagregados em serviços preliminares, tubos e conexões, obras civis, equipamentos, serviços etc.

Os custos operacionais, que resultam da operação e manutenção do sistema, são distribuídos entre aqueles que ocorrem mesmo quando o sistema está paralisado, isto é, independem do volume de produção de água anual (mão-de-obra permanente, peças de reposições anuais etc.) e aqueles que são proporcionais ao volume de água produzido (energia, produtos químicos e material de limpeza).

O valor estimado do contrato, equivalente a somatória dos investimentos, nos preços de hoje, para a instalação de 10 (dez) dessalinizadores por osmose reversa, sendo 2 do tipo I; 2 do tipo II; 4 do tipo III e 2 do tipo IV, e recuperação de 6 (seis) dessalinizadores, sendo 2 do tipo I; 1 do tipo II, 1 do tipo III e 2 do tipo IV, que encontram-se avariados e sem funcionamento, é de R\$ 1.015.783,07 (Um milhão, quinze mil, setecentos e oitenta e três reais

e sete centavos), esse custo equivale ao fornecimento, manutenção, recuperação e instalação dos equipamentos.

### III. Critérios de Julgamento

	<b>Pontos atribuídos aos critérios de avaliação da Proposta técnica:</b>	<b>Pontos Máximos</b>
A	Experiência específica da empresa relacionada ao serviço	(10)
B	Proposta Técnica	(45)
C	Equipe-chave	(45)
	<b>TOTAL DE PONTOS</b>	<b>(100)</b>

Fórmula para a determinação das notas técnicas (Nt)

Nt = Somatória de pontos atribuídos aos critérios de avaliação da Proposta Técnica

$$Nt = A + B + C$$

Onde: A = Experiência Específica da Empresa relacionada ao Serviço (0 - 10 pontos).

### IV. Prazo, local e condições de entrega

Este contrato tem vigência de 12 meses contados da data da publicação do seu extrato no Diário Oficial do Estado, a partir de quando as obrigações assumidas pelas partes serão exigíveis, com a respectiva expedição da Ordem de Serviço, podendo ser prorrogado, a critério da Secretária de Agricultura Pecuária Pesca e Meio Ambiente de Guaiúba, desde que ocorram alguns dos motivos constantes no § 1º do artigo 57 da Lei Federal n.º 8.666/93.

O prazo de entrega/fornecimento é imediato, contados do recebimento da Ordem de Fornecimento. O recebimento provisório ou definitivo do objeto não exclui a responsabilidade da contratada pelos prejuízos resultantes da incorreta execução do contrato.

### V. Das obrigações das partes

#### 1. São obrigações da Contratante:

- Receber o objeto no prazo e condições estabelecidas no Edital e seus anexos;
- Verificar minuciosamente, no prazo fixado, a conformidade dos bens recebidos provisoriamente com as especificações constantes do Edital e da proposta, para fins de aceitação e recebimento definitivo;
- Comunicar à Contratada, por escrito, sobre imperfeições, falhas ou irregularidades verificadas no objeto fornecido, para que seja substituído, reparado ou corrigido;
- Acompanhar e fiscalizar o cumprimento das obrigações da Contratada, através de comissão/servidor especialmente designado;

- Efetuar o pagamento à Contratada no valor correspondente ao fornecimento do objeto, no prazo e forma estabelecidos no Edital da licitação e seus anexos.

## **2. São obrigações da Contratada**

- A Administração não responderá por quaisquer compromissos assumidos pela Contratada com terceiros, ainda que vinculados à execução do presente Termo de Contrato, bem como por qualquer dano causado a terceiros em decorrência de ato da Contratada, de seus empregados, prepostos ou subordinados.
- A Contratada deve cumprir todas as obrigações constantes no Edital da licitação, seus anexos e sua proposta, assumindo como exclusivamente seus os riscos e as despesas decorrentes da boa e perfeita execução do objeto e, ainda:
  - Efetuar a entrega do objeto em perfeitas condições, conforme especificações, prazo e local constantes no Edital da licitação e seus anexos, acompanhado da respectiva nota fiscal, na qual constarão as indicações referentes a: marca, fabricante, modelo, procedência e prazo de garantia ou validade;
  - O objeto deve estar acompanhado do manual do usuário, com uma versão em português e da relação da rede de assistência técnica autorizada, quando for o caso.
  - Responsabilizar-se pelos vícios e danos decorrentes do objeto, de acordo com os artigos 12, 13 e 17 a 27 do Código de Defesa do Consumidor (Lei nº 8.078, de 1990);
  - Substituir, reparar ou corrigir, às suas expensas, no prazo fixado no Termo de Contrato, o objeto com avarias ou defeitos;
  - Comunicar à Contratante, no prazo máximo de 24 (vinte e quatro) horas que antecede a data da entrega, os motivos que impossibilitem o cumprimento do prazo previsto, com a devida comprovação;
  - Manter, durante toda a execução do contrato, em compatibilidade com as obrigações assumidas, todas as condições de habilitação e qualificação exigidas na licitação;
  - Indicar preposto para representá-la durante a execução do contrato.

## **VI. Acompanhamento e fiscalização**

- Nos termos do art. 67 da Lei nº 8.666, de 1993, será designado representante para acompanhar e fiscalizar a entrega dos bens, anotando em registro próprio todas as ocorrências relacionadas com a execução e determinando o que for necessário à regularização de falhas ou defeitos observados.
- A fiscalização de que trata este item não exclui nem reduz a responsabilidade da Contratada, inclusive perante terceiros, por qualquer irregularidade, ainda que resultante de imperfeições técnicas ou vícios redibitórios, e, na ocorrência desta, não implica co-responsabilidade da Administração ou de seus agentes e prepostos, de conformidade com o art. 70 da Lei nº 8.666, de 1993.

## **VII. Pagamento**

- Os pagamentos serão efetuados em até 30 (trinta) dias do recebimento dos bens faturados no mês anterior.
- Os pagamentos das faturas serão efetuados mediante depósitos bancários, realizados na conta corrente da empresa contratada em Banco indicado por ela.
- Não será efetuado qualquer pagamento à CONTRATADA, em caso de descumprimento das condições de habilitação e qualificação exigidas na licitação.

## **VIII. Subcontratação**

- Não será admitida a subcontratação do objeto licitatório.

## **IX. Sanções**

- O licitante ou adjudicatário que cometer qualquer das infrações administrativas previstas na Lei nº 10.520, de 2002, e na Lei nº 12.846, de 2013, ficará sujeito, sem prejuízo da responsabilidade civil e criminal, às sanções nelas previstas, observado o Decreto nº 4.054, de 19 de setembro de 2008.
- A aplicação de qualquer das penalidades previstas realizar-se-á em processo administrativo que assegurará o contraditório e a ampla defesa ao licitante ou



adjudicatário, observando-se o procedimento previsto na Lei nº 8.666, de 1993, e subsidiariamente na Lei nº 6.161, de 2000.

#### **X. Informações complementares**

- Os equipamentos fornecidos devem possuir garantia integral de, no mínimo, 01 (um) ano, a contar da instalação e funcionamento. O fornecedor deve prestar assistência técnica especializada, com visitas bimestrais de técnicos habilitados, devidamente capacitados pelo fabricante dos equipamentos, para acompanhar o funcionamento e realizar a manutenção preventiva e limpeza de todo o sistema pelo período de 01 (um) ano, a contar do start up. O fornecimento de todos os produtos químicos específicos utilizados na limpeza das membranas dos equipamentos e demais materiais necessários às manutenções durante este período de 01 (um) ano será de inteira responsabilidade da Contratada.
- O fornecedor do equipamento deverá possuir assistência técnica especializada na Região Nordeste, com estoque das principais peças de reposição, de forma que possibilite atender a eventuais chamados para correção e/ou manutenção do equipamento no prazo máximo de 72 (setenta e duas) horas.

#### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Com este trabalho, pretendeu-se dar uma contribuição sobre a problemática da escassez de água no município de Guaiúba, apontando uma alternativa para complementar o atendimento das necessidades de água potável da população, por meio da produção de água dessalinizada, especialmente voltada para comunidades difusas, em grande parte desprovidas ou dependentes de um abastecimento irregular de água.

Nos últimos anos, o governo federal, através do programa "Água Doce" e a SOHIDRA, órgão estadual, em sociedade com os municípios, tem implantado sistemas de dessalinização via osmose reversa, deste modo, procurou-se oferecer uma abordagem, através da busca de parcerias, para instalação de novos equipamentos de dessalinização e recuperação dos que estão em desuso, com o intuito de minimizar os efeitos da insuficiência de água potável no município.

Com a recuperação, manutenção e instalação de dessalinizadores por osmose reversa, o município passará a produzir água potável e de boa qualidade em quantidade suficiente para abastecer grande parte da sua população, principalmente as das áreas rurais, cujo acesso a água fornecida pela empresa responsável pelo abastecimento do município é limitada.

## REFERÊNCIAS

AB' SABER, Aziz Nacib. Os domínios de natureza no Brasil: Potencialidades paisagísticas. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

AMORIM,L.V.; GOMES,C.M.; SILVA,F.L.H.; FRANÇA, K.B.; LIRA, H.L.;FERREIRA, H.C.; Uso da eletrodialise na eliminação de  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  e sua influência na reologia de dispersões de argilas bentoníticas da Paraíba, 2005.

ANA – Agencia Nacional de Águas. Panorama da qualidade das águas subterrâneas do Brasil. Brasília, 2005.

ARAÚJO, F.A.A., Desempenho de uma Torre Multiestágios para um Dessalinizador controlado a energia elétrica., 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

APHA - American public Association. Standart Methods for Examination of Water and Waste 18 th ed.American Public health Association, 1992.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. A qualidade da água na agricultura. Campina Grande: UFPB, 1999.153p.

BRANDÃO, R.L. Sistema de informações para gestão e administração territorial da Região Metropolitana de Fortaleza – Projeto SINFOR: Mapa geológico da Região Metropolitana de Fortaleza. Texto explicativo. Fortaleza: CPRM, 1995.

BRASIL. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial [da] União, 12 dez. 2011.

BRUGGEN, B. V. Desalination by distillation and by reverse osmosis – trends towards the future. Membrane Technology, 2003. p. 6-9.

BURN,S et al. Desalination Techniques - A reiew of the opportunities for desalination in agriculture. Desalination, 2015.

CARVALHO, A. M.; COUTINHO, P. N.; MORAIS, J. O. 1994. Caracterização Geoambiental e Dinâmica Costeira da região de Aquiraz na Costa Leste do Estado do Ceará. Fortaleza. Revista de Geologia/UFC, v.7, p.55-68.

CARVALHO, P. C. M.; PONTES, R. T.; OLIVEIRA JR, D. S. Estudo estatístico de radiação solar visando o projeto de unidades de dessalinização acionados por painéis fotovoltaicos sem bateria. V Encontro de Energia no Meio Rural, Campinas/SP. 2004.

CEARÁ\_Secretaria de Recursos Hídricos. Subsídios para implantação do Plano Plurianual-1992-1995

CIRILO,J.A. Políticas públicas de recursos hídricos para o semi-árido. [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-0142008000200005](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-0142008000200005). Acesso em 24/05/2018 às 20h

CPRM - Programa de Recenseamento de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea no Estado do Ceará - Diagnóstico do Município de Guaiuba, 1998

CRAVO, J.G., Osmose Inversa: O que você talvez gostaria de saber, 2008. Disponível em: <http://www.portalclubedeengenharia.org.br/pdf>. Acessado em 1 de junho de 2018.

EMBRAPA - Suplemento - Anais do XIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas-Diagnóstico de Sistemas de Dessalinização de água salobra subterrânea em municípios do Estado da Paraíba, Brasil, 2004

FARIA. S.B.Jn.; RIBEIRO, R.M.; BERGAMASCO.R.; REIS, M.H.M. Análise Matemática da Ocorrência de Fouling no Processo com Membranas. Disponível em: <http://www.cobeqic2009.feq.ufu.br/uploads/media/91215981.pdf>. Acessado em: 12 de Junho de 2018.

GALDINO, Lucas, et al. Sistema de dessalinização no município de Santana do Ipanema-al: benefícios e problemas, 2004.

GRADVOHL, S.T.S. Análise de riscos em sistemas de abastecimento de água sob a perspectiva do plano de segurança da água - estudo de caso: Região Metropolitana de Fortaleza no Estado do Ceará, Fortaleza, 2012.

GRASSI, T.M. Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola: As Águas no Planeta Terra Edição Especial – maio 2001.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. DE. Abastecimento de água para consumo humano. 2. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2010.

HENTHORNE, L. Desalination - a critical element of water solutions for the 21<sup>st</sup> century. Drinking Water - Sources, Sanitation and Safeguarding, 2009. p. 47 - 57.

IPECE. (2010). Instituto de Pesquisa e Estratégias econômicas do Ceará. Acesso em 22/05/2018 às 15h.

KALOGIROU, S. Survey of solar desalination system and system selection. Energy, 1997. v. 22, p. 69-81.

KHAWAJIA, A. D.; KUTUBKHANHA, I. K.; WIEB, J. M. Advances in seawater desalination Technologies. Desalination, 2008. v. 221, p. 47-69..

KIM, Y.; KIM, S.; KIM, Y.; LEE, S. Overview of systems engineering approaches for a large-scale seawater desalination plant with a reserve osmosis network. Desalination, 2009. p. 238, 312-332.

MENEZES, S; J. Desenvolvimento de Dispositivo caseiro para dessalinização de água salobra para dessedentação humana. 2009. 115 f. Dissertação (Mestrado Química) – Instituto de Química, Universidade Federal da Bahia, Salvador.

MILLER, J. E. Review of water resources and desalination technologies, 2003. p. 52.

MONTEIRO.V.P.;PINHEIRO. J.V.V. Critério para implantação de tecnologias de suprimentos de água potável em municípios cearenses afetados pelo alto teor de sal. Rev.Econ.Sociol. Rural. vol 42 n ° 2 .Brasília Apr/June 2004.

MOURA, J.P; MONTEIRO, G.S.; SILVA. J.N.; PINTO, F.A.; FRANÇA, K.P. Aplicações do Processo de Osmose Reversa para o Aproveitamento de água Salobra do Semi-árido Nordeste. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca.pdf>. Acessado em: 10 de Junho de 2018.

Normas ABNT - NBR 12.212: Projeto de poço para captação de água subterrânea, e NBR-12.244: Construção de poço para captação de água subterrânea.

OLIVEIRA, E.M.; BSTTOD, D.I. Unidades de dessalinização d´água – Experiência pioneira no semiárido nordestino do estado do Rio Grande do Norte. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2,3559-3568,1999.

REBOUÇAS, A.C. Água na região Nordeste: Desperdício e escassez. In: Estudos Avançados, São Paulo. v. 11, p.29, 1997b.

RIBEIRO, J. A. P. 2000 – Caracterização sedimentar e hidrogeológica da faixa costeira leste da Região Metropolitana de Fortaleza. Dissertação de mestrado.Universidade Federal do Ceará. Fortaleza/CE,p.49.

RODRIGUES, A.L.P.; MENEZES, C.A.S.; SANTOS, K.K.N. Proposta de Recuperação da Água Proveniente do Processo de Dessalinização por Osmose Reversa: Um Estudo de Caso em uma Indústria de Papel e Celulose. Disponível em: <file:///D:/Usuarios/Downloads/23343-84531-1-PB.pdf>. Acessado em: 12 de junho de 2018.

SERAFIM. A.;VIEIRA,E.; LINDEMANN,I. Importância da água no organismo humano. Santa Maria, RS:UNIFRA, 2014

SILVA, F.J.A.;ARAÚJO.A.L.;SOUZA.R.O. Águas subterrâneas no Ceará - poços instalados e salinidade. Rev. Tecnol. Fortaleza. v. 28, n°2.p 136-159, dez 2007.

SILVA, S.A.L. Dessalinização: um dos métodos de se obter água potável. 2015.21. f Trabalho de conclusão do Ensino Médio - Centro de Ensino e Pesquisa Aplicada à Educação , Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

SOARES, M.T. Destinação de águas residuais provenientes do processo de dessalinização por osmose reversa. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.20, n.3, 730-737,2006.

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, p. 730-737, 2006.

SOUZA, R. O., et al. Águas subterrâneas no Ceará – poços instalados e salinidade; Ver. Tecnologia Fortaleza. V. 28. P. 136-159, dez, 2007.

TORRI, J.B. Dessalinização de água salobra e/ou salgada: métodos, custos e aplicações.Dissertação (Diplomação em Engenharia Química) 2015.– Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

VISSMAN JUNIOR, W.; HAMMER, M. J. Water supply and pollution control. 6th ed. Menlo Park, CA: Addison-Wesley, 1998. p. 827.

XXXVI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO Contribuições da Engenharia de Produção para Melhores Práticas de Gestão e Modernização do Brasil João\_Pessoa/PB, Brasil, de 03 a 06 de outubro de 2016.

YOUNOS T.; TULOU K.E Overview of Desalination plant wit a nuclear heating reactor coupled with MED processes, Desalination, 2006. p. 190, 287-294.