

CADERNOS DO

SEM ARRO

RIQUEZAS &
OPORTUNIDADES



JOSÉ ALMIR CIRILO (ORG)

DESSALINIZAÇÃO



CREA-PE
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco



**UNIVERSIDADE
FEDERAL RURAL
DE PERNAMBUCO**

19

DESSALINIZAÇÃO
JOSÉ ALMIR CIRILO
ORGANIZADOR

Cadernos do Semiárido | Copyright ©
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco - Crea-PE
Companhia Pernambucana de Saneamento - Compesa

COMISSÃO EDITORIAL

Mário de Oliveira Antonino - Coordenador
Marcelo Carneiro Leão - Coordenador Honorário
Carlos Alberto Tavares
Conceição Martins
Egídio Bezerra Neto
Jorge Roberto Tavares de Lima
José Geraldo Eugênio de França
Leonardo Valadares de Sá Barretto Sampaio
Múcio de Barros Wanderley
Thaís Bezerra Patú
Waldir Duarte Costa

EDITORAÇÃO

Wladimyr Mendes Campelo da Silva Júnior - Projeto Gráfico e Diagramação

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
(SIB-Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE)
Bibliotecária Conceição Martins

C122 Cadernos do Semiárido riquezas & oportunidades / Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco. – v. 19, (2020). Recife: CREA-PE: Editora UFRPE, 2020.
v.

Este volume: Dessalinização. / [Organização de] José Almir Cirilo.
Bimestral
ISSN 2526-2556

1. Engenharia – Periódicos. 2. Agronomia – Periódicos.
3. Semiárido brasileiro. 4. Dessalinização. 5. Recursos Hídricos.
I. Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco.
II. Universidade Federal Rural de Pernambuco. III. Cirilo, José Almir, org.

620.05

DIRETORIA CREA-PE / GESTÃO 2021

Engenheiro Civil Adriano Antônio de Lucena - Presidente

Engenheiro Eletricista Roberto Luiz de Carvalho Freire - 1º Vice-Presidente

Engenheiro Civil Stênio de Coura Cuentro - 2º Vice-Presidente

Engenheira de Segurança do Trabalho Giani de Barros Câmara Valeriano - 1ª Diretora Administrativa

Engenheira Civil Eloisa Basto Amorim de Moraes - 2º Diretora Administrativa

Engenheiro Eletricista Clóvis Correa de Albuquerque Segundo - 1ª Diretor Financeiro

Engenheira de Pesca Magda Simone Leite Pereira - 2º Diretora Financeira

**Os cadernos estão disponíveis online, através do site:
www.creape.org.br/cadernos-do-semiarido-riquezas-e-oportunidades/**

CADERNOS DO SEMIÁRIDO, Esclarecimentos

O lançamento do Projeto Asa Branca, ocorrido na cidade de Salgueiro, em 13 de dezembro de 1979, pelo Governador Marco Maciel, cujo propósito era promover o fortalecimento da infraestrutura desenvolvimentista para a região semiárida de Pernambuco, criando as mais otimistas expectativas em relação às novas políticas públicas propostas para o Estado através de ações integradas nas áreas dos Recursos Hídricos, de Estradas e de Eletrificação Rural.

Nos Recursos Hídricos, começando pela perenização dos rios e pela implantação de sistemas de abastecimento d'água para as populações e pequenos sistemas de irrigação; nas estradas, principalmente com as vicinais, visando a integração dos distritos nos Municípios e da Eletrificação, indispensável ao progresso da região, proporcionando à melhoria na qualidade de vida do homem do campo, para que pudesse dispor de condições para usar equipamentos como uma farrageira, por exemplo, confeccionar peças para instalação de um curral ou produzir simples equipamentos rurais.

Alguns outros aspectos novos foram incorporados às práticas nesses tipos de modernidade tais como: estradas com faixa de pavimento estreito (trecho BR 232- Umãs); compra de seis rotopercussoras, capazes de perfurar um poço profundo de 50 metros em seis horas; aquisição dos dois primeiros anemômetros de Pernambuco para medição da velocidade do vento e poder iniciar um projeto para o emprego da energia eólica no Estado; adotar nos projetos de estradas o aproveitamento dos aterros -barragens e passagens molhadas, dentre outros.

Tudo isso gerou uma confiança muito grande nos futuros investimentos no nosso Estado, sobretudo quando o Governador Marco Maciel, acompanhado do Secretário da Fazenda da época, o Dr. Everardo Maciel, recebeu o empresariado do setor da construção civil do Estado para informá-lo do grande volume de obras que teríamos pela frente.

Diversas iniciativas no Estado de Pernambuco, no que diz respeito aos recursos hídricos, já vinham sendo implantadas no Governo Nilo Coelho. Ideias novas começaram a serem postas em prática, a começar pelos projetos de irrigação.

A infraestrutura deu saltos importantes inclusive no campo dos transportes com a pavimentação de estradas, um novo aeroporto e com os benefícios decorrentes da implantação de Sobradinho.

Nessa mesma época, começaram a chegar as propostas para a comercialização dos sistemas de dessalinização de água com tecnologias já usadas com muito sucesso em diversos países do mundo. É lógico que tais novidades eram de grande interesse para nosso Estado, sobretudo por ser uma grande solução para um amplo campo social e humano para substituir o desumano cenário da "lata d'água na cabeça". Eram frequentes os deslocamentos de mães de famílias com "um pote de barro na cabeça" caminhando 5 ou 6 quilômetros carregando água para a cozinha de casa.

Esse drama social reclamava com urgência por uma solução para a falta d'água em situações de grande vulnerabilidade, quão imprevisíveis e quase dolorosas.

Em Pernambuco tinha-se, na época, cerca de 800 poços profundos desativados. Poços que não estavam funcionando por falta de um ou mais parafusos. Preferimos, então, ampliar a nossa frota de máquinas perfuratrizes adquirindo seis rotopercussoras com amplas vantagens diante dos equipamentos que dispúnhamos até então.. Com essa providência adotada pela CISAGRO, órgão da Secretaria de Agricultura

do Governo do Estado, foi realizado um proficiente programa de aproveitamento de águas subterrâneas oferecendo esse precioso líquido a muitas escolas, postos de saúde, áreas para agricultura familiar, dentre outros.

Os anos entre 1995 e 2000 foram marcantes no Brasil com a implantação da nova política de recursos hídricos: Leis das Águas, criação de órgãos e dos instrumentos para promover a gestão no país. A recente virada do século trouxe vários eventos significativos relacionados com os recursos hídricos para o nosso Semiárido. Talvez o de maior impacto tenha sido o programa de implantação de 1 milhão de cisternas: "P1MC", implementado em 2001. Criado por orientações da Sociedade Civil, em 1999, foi apresentado ao governo F.H.C que construiu 17 cisternas em um projeto piloto. A partir de 2003, com a assinatura de um convênio com os Governos de Luiz Inácio Lula da Silva e Dilma Rousseff que perdura nos dias atuais, foram construídas 1,3 milhão de cisternas em 1200 municípios, beneficiando 5 milhões de pessoas. São formidáveis os relatos sobre os benefícios do referido Programa São também extraordinários os relatos que aconselham a execução de outras cisternas por família para a destinação de água para os animais e para a agricultura de subsistência.

A existência da água armazenada é uma indução natural ao interesse por água de qualidade. No âmbito federal, criou-se o programa denominado "Água boa", que em 2004 passou a ser chamado de "Programa Água Doce". Tem sido muito bom o progresso dessa iniciativa. Pernambuco foi um Estado onde a dessalinização teve um ótimo progresso. Temos informações fidedignas do êxito das iniciativas tomadas pelos colegas Professores da UFPE e Secretário Sérgio Rezende, de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente-PE, do Secretário adjunto e também Professor José Almir Cirilo, bem como o Professor José Antônio Alves, então Presidente do LAFEPE, que iniciaram a ação extensiva de dessalinização em Pernambuco durante o 3º. Governo de Miguel Arraes, entre 1995 e 1998. Esse programa foi consolidado posteriormente na gestão de Eduardo Campos e nos governos que o sucederam, a partir de 2007. Hoje Pernambuco conta com cerca de 250 dessalinizadores distribuídos nos municípios do semiárido, inclusive com experiência de operação contínua por energia solar, mantidos pela Secretaria de Infraestrutura e Recursos Hídricos. Destaque pode ser dado aos municípios de Riacho de Almas, Sertânia e Cumaru, por meio das parcerias com as prefeituras.

Com igual interesse temos tido acesso a informações sobre o progresso de dessalinizadores em larga escala ao redor do mundo, como os existentes nos Estados Unidos, Israel e Arábia Saudita, dentre vários outros, a grande maioria deles fazendo uso da tecnologia da "osmose reversa". Os maiores dessalinizadores do Brasil, encontram-se no arquipélago de Fernando de Noronha. Hoje não se pode deixar de lado a questão dos custos da dessalinização, uma vez que ao torná-la mais barata ela ficará mais acessível aos países pobres. Outro ponto importantíssimo é a adoção de novas tecnologias, inclusive com o emprego de novos materiais. Ao conhecer as qualidades do grafeno, a comunidade científica passou a acreditar no emprego futuro desse material, apostando na sua importante contribuição para a questão dos recursos hídricos em todo o planeta Terra.

Estamos torcendo para o total sucesso de uma nova e enorme conquista para a humanidade, sobretudo com esse trabalho fantástico de pioneiros como os integrantes da ONU, os da Universidade de Manchester, como cientistas os Professores Rahul Nair e Ram Devanathan, sendo que o segundo é também, integra o periódico da Nature Nanotechnology, do Laboratório Nacional do Noroeste do Pacífico dos Estados Unidos. Desde quando foi descoberto, em 1962, o grafeno tem surpreendido o mundo com qualidades extraordinárias. Esperemos um pouco mais!

Como o objetivo principal deste caderno é condensar informações e promover o uso da Dessalinização de Água, tudo o que vier a se constituir em favor da popularização dessas tecnologias, inclusive de economia de energia e manuseio dos sistemas, tornam-se fundamentais para tal sucesso.

Não queremos concluir estes esclarecimentos sem antes agradecer a vários atores que foram indispensáveis ao êxito de tudo aquilo que foi produzido até aqui.

O apoio do Magnífico Reitor da UFRPE, Prof.^o Dr. Marcelo Carneiro Leão e de toda a sua equipe. Ao jovem Bruno Souza Leão, Diretor da Editora Universitária pela sua dedicada e competente cooperação. Outro reconhecimento muito especial, é devido ao Eng.^o Agrônomo Geraldo Eugênio de França, um dos grandes

expoentes brasileiros na Ciência Agrônômica. Pernambuco e o IPA, bem como os nossos Cadernos do Semiárido devem muito ao amigo e Professor.

Queremos também estender os nossos melhores reconhecimentos a três líderes e amigas verdadeiramente exponenciais: Dr.^a Conceição Martins, Secretária e Confreira da Academia Pernambucana de Ciências Agrônômicas, a Mestra e Eng.^o Ambiental Thaís Bezerra Patú, Secretária Executiva da Associação dos Engenheiros Ambientais e Sanitaristas de Pernambuco(AEAMBS-PE) e a Dr.^a Emmanuelle Rodrigues Araújo, pesquisadora do IPA. Igualmente, com fraternos agradecimentos, registramos o valoroso apoio do Governador do Distrito 4500, o Companheiro Avelino Queiroga Cavalcanti Neto.

A elevada contribuição no campo científico e tecnológico é de responsabilidade dos 16 autores dos capítulos deste 19^a Caderno sobre "Dessalinização de Água em Pernambuco", que tanto valorizam e engrandecem esta série. São eles:

José Almir Cirilo – Professor Titular da Universidade Federal de Pernambuco, Campus Agreste; Alexandre Ricardo Pereira Schuler – Professor Titular da Universidade Federal de Pernambuco; Simone Rosa da Silva – Professora Associada da Universidade de Pernambuco; Nyadja Menezes Rodrigues Ramos – Diretora da Companhia Pernambucana de Saneamento – COMPESA; Antônio José Alves – Professor Titular da Universidade Federal de Pernambuco; Luis Henrique Pereira - Companhia Pernambucana de Saneamento – COMPESA; Guilherme Freire - Companhia Pernambucana de Saneamento – COMPESA; Milton Tavares de Melo Neto - Companhia Pernambucana de Saneamento – COMPESA; Luciola Beltrão - Companhia Pernambucana de Saneamento – COMPESA; José de Assis Ferreira – Secretaria de Infraestrutura – SEINFRA/SERH; José Alberto Barbosa – AquaPura; Tatiane Barbosa Veras de Albuquerque – Pesquisadora de Pós-Doutorado, Universidade Federal de Pernambuco; Rochele Sheila Vasconcelos - Pesquisadora de Pós-Doutorado, Universidade Federal de Pernambuco; Alexandre Carlos Araújo de Santana – Doutorando em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Pernambuco; Ana Karolina Peres de Melo Silva – Mestranda em Gestão Ambiental, Instituto Federal de Pernambuco; Fernanda Maria Bernardino da Silva – Mestranda em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Pernambuco.

Como fato novo de cunho muito prazeroso quão especial, foi o convite que recebemos do Ilustre Presidente do Conselho Regional de Engenharia e Agronomia(CREA-PE), Engenheiro Civil Adriano Antônio Lucena, para que mantenhemos a valorosa parceria pela qual vários serviços meritórios já foram prestados à Sociedade Pernambucana.

O número de pesquisadores e professores que têm sido os responsáveis pela autoria desses 19 Cadernos já chega a 219.

Com renovados agradecimentos, fraternalmente,



Mário de Oliveira Antonino

Eng.^o Civil, Professor, Rotariano e
Presidente da Academia Pernambucana de Engenharia.

PALAVRA DO PRESIDENTE DO CREA-PE

Cara leitora e caro leitor,

O Caderno do Semiárido chega em sua 19ª edição com um conteúdo bastante rico sobre dessalinização, idealizado pelo Engenheiro Civil e Professor Mário de Oliveira Antonino e organizado pelo Engenheiro Civil e Professor José Almir Cirilo. O assunto é de extrema importância para o Estado, que possui mais de 80% do território no Semiárido, e precisa pensar estratégias para afastar o risco de desertificação em áreas mais críticas.

A desigualdade na distribuição do abastecimento da água é um dos problemas que não deveriam mais encontrar espaço no século XXI. As Engenharias, Agronomia e Geociências estão desempenhando um importante papel na construção de soluções sustentáveis para essa e outras necessidades do povo brasileiro, como pode ser visto nesta edição.

Mário de Oliveira Antonino presta um trabalho de valor inestimável ao idealizar este volume, que agora segue com o desafio de orientar políticas públicas de recursos hídricos e conscientizar a sociedade a respeito das tecnologias disponíveis para dessalinização de águas salobras com baixo custo.

Para tanto, o Caderno do Semiárido traz para a discussão o contexto da distribuição global da água e as experiências internacionais com a dessalinização que podem contribuir com o case brasileiro, além de se aprofundar nos tipos de técnicas disponíveis e seus custos, sempre buscando trazer as questões para a realidade do Semiárido brasileiro e, especialmente, de Pernambuco.

Tenha certeza, leitor ou leitora, que nas próximas páginas você vai embarcar em um conjunto de textos assinados por profissionais e pesquisadores competentes, que emprestam seus saberes para a construção de um mundo melhor.

Boa leitura!

Adriano Antonio de Lucena

Presidente do Crea-PE

MENSAGEM DO ORGANIZADOR DA PUBLICAÇÃO

A dificuldade de abastecimento das populações difusas do semiárido brasileiro com água de boa qualidade para atender minimamente suas necessidades mais urgentes retrata um dos aspectos mais desafiadores das políticas públicas para a região desde sempre. A popularização da tecnologia de dessalinização de águas salobras e a redução do custo do processo trazem à tona a necessidade de fortalecimento dessas ações como uma grande solução para o problema. Por outro lado, a exemplo de muitas regiões litorâneas de condições climáticas semiáridas e áridas, a dessalinização da água do mar responde por parcela significativa, senão total, da água potável fornecida à população das cidades em diversos países.

Este volume dos Cadernos do Semiárido busca contribuir para a difusão do conhecimento sobre a dessalinização das águas. Os autores esperam que essa contribuição se reflita no aperfeiçoamento das políticas de recursos hídricos de Pernambuco e do Nordeste brasileiro em particular.

José Almir Cirilo

Professor Titular da Universidade Federal de Pernambuco, Campus Agreste

AUTORES

José Almir Cirilo - Professor Titular da Universidade Federal de Pernambuco, Campus Agreste

Alexandre Ricardo Pereira Schuler - Professor Titular da Universidade Federal de Pernambuco

Simone Rosa da Silva - Professora Associada da Universidade de Pernambuco

Nyadja Menezes Rodrigues Ramos - Diretora da Companhia Pernambucana de Saneamento – COMPESA

Antônio José Alves - Professor Titular da Universidade Federal de Pernambuco

Luis Henrique Pereira - Companhia Pernambucana de Saneamento – COMPESA

Guilherme Freire - Companhia Pernambucana de Saneamento – COMPESA

Milton Tavares de Melo Neto - Companhia Pernambucana de Saneamento – COMPESA

Lucíola Beltrão - Companhia Pernambucana de Saneamento – COMPESA

José de Assis Ferreira - Secretaria de Infraestrutura – SEINFRA/SERH.

José Alberto Barbosa - AcquaPura

Tatiane Tatiane Barbosa Veras de Albuquerque - Pesquisadora de Pós-Doutorado, Universidade Federal de Pernambuco

Rochele Sheila Vasconcelos - Pesquisadora de Pós-Doutorado, Universidade Federal de Pernambuco

Alexandre Carlos Araújo de Santana - Doutorando em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Pernambuco

Ana Karolina Peres de Melo Silva - Mestranda em Gestão Ambiental, Instituto Federal de Pernambuco

Fernanda Maria Bernardino da Silva - Mestranda em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Pernambuco

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	13
1 DISTRIBUIÇÃO GLOBAL DE ÁGUA	14
2 IMPORTÂNCIA DA DESSALINIZAÇÃO DE ÁGUA	16
3 TÉCNICAS DE DESSALINIZAÇÃO	18
4 AVANÇOS DA DESSALINIZAÇÃO	22
5 EXPERIÊNCIAS INTERNACIONAIS DE DESSALINIZAÇÃO	24
5.1 Estados Unidos da América	24
5.2 Israel	26
5.3 Arábia Saudita	27
5.4 Índia	28
5.5 Cabo Verde	28
6 CUSTOS DE DESSALINIZAÇÃO NO MUNDO	30
7 DESSALINIZAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO	32
7.1 História da dessalinização em Pernambuco	36
7.2 Situação atual da dessalinização em Pernambuco: perspectivas e desafios	37
8 PROPOSTA DE PLANEJAMENTO PARA INSTALAÇÃO DE DESSALINIZADORES NO SEMIÁRIDO	41
9 DESTINAÇÃO DOS EFLUENTES CONCENTRADOS	43
10 DESSALINIZAÇÃO DA ÁGUA DO MAR EM FERNANDO DE NORONHA	45
10.1 Histórico de Fernando de Noronha	46
10.2 Sistemas de mananciais de superfície e águas subterrâneas	46
10.3 Sistema Dessalinizador em Noronha	47
REFERÊNCIAS	50

APRESENTAÇÃO

Este Caderno de nº 19, da série: “Cadernos do Semiárido - Riquezas e Oportunidades”, tem como tema a dessalinização das águas.

O Capítulo 1 abrange a distribuição geral da água, sua disponibilidade e demanda no mundo.

O Capítulo 2 discorre sobre a importância da dessalinização da água e traz um panorama global da ocorrência das águas subterrâneas salobras e salgadas.

O Capítulo 3, sobre os métodos de dessalinização, aborda os diferentes tipos de técnicas utilizadas no mundo, para diferentes escalas. A técnica de osmose reversa, particularmente, representa uma grande parcela dos processos de produção de água dessalinizada no mundo.

A abordagem sobre os avanços da dessalinização consta do Capítulo 4, que vem ganhando grande espaço no mercado, devido à grande demanda por água. Aborda também a busca pela diminuição dos impactos ambientais causados nesse processo.

O Capítulo 5 apresenta experiências internacionais de dessalinização, entre eles nos Estados Unidos, Israel, Arábia Saudita, Índia e Cabo Verde.

O Capítulo 6 aborda os custos de dessalinização no mundo. As melhorias apresentadas nas tecnologias têm contribuído para a redução de custos e de consumo energético inerente ao processo de dessalinização.

O semiárido brasileiro é uma região que apresenta limitação e irregular disponibilidade de recursos hídricos, com elevados níveis de salinidade nos solos e nas águas. O Capítulo 7 aborda a dessalinização no semiárido brasileiro, com apresentação da história da dessalinização no estado de Pernambuco, suas perspectivas e desafios.

O Capítulo 8 traz a proposta de planejamento para expansão da quantidade de dessalinizadores no semiárido, ressaltando com exemplos dois municípios do estado de Pernambuco: Riacho das Almas e Cumaru.

Sabe-se que no processo de dessalinização é gerado um rejeito, que muitas vezes é descartado de forma inadequada gera problemas ao meio ambiente. O Capítulo 9 refere-se à destinação dos efluentes concentrados.

O Capítulo 10 aborda a dessalinização da água do mar no território de Fernando de Noronha.

DISTRIBUIÇÃO GLOBAL DE ÁGUA

José Almir Cirilo - Professor Titular da Universidade Federal de Pernambuco, Campus Agreste

A água é um recurso natural intensamente utilizado, devendo estar presente no ambiente em quantidade e qualidade apropriada para o consumo e como elemento essencial em todas as atividades. Através do ciclo hidrológico, a água é renovada de forma contínua. Contudo, ao longo dos anos, o seu consumo tem excedido o processo de renovação e como consequência a diminuição das reservas de água doce, preocupando a humanidade, visto que a água é vital para a sobrevivência de todos os seres vivos, bem como é responsável por diversos ciclos de renovação do planeta.

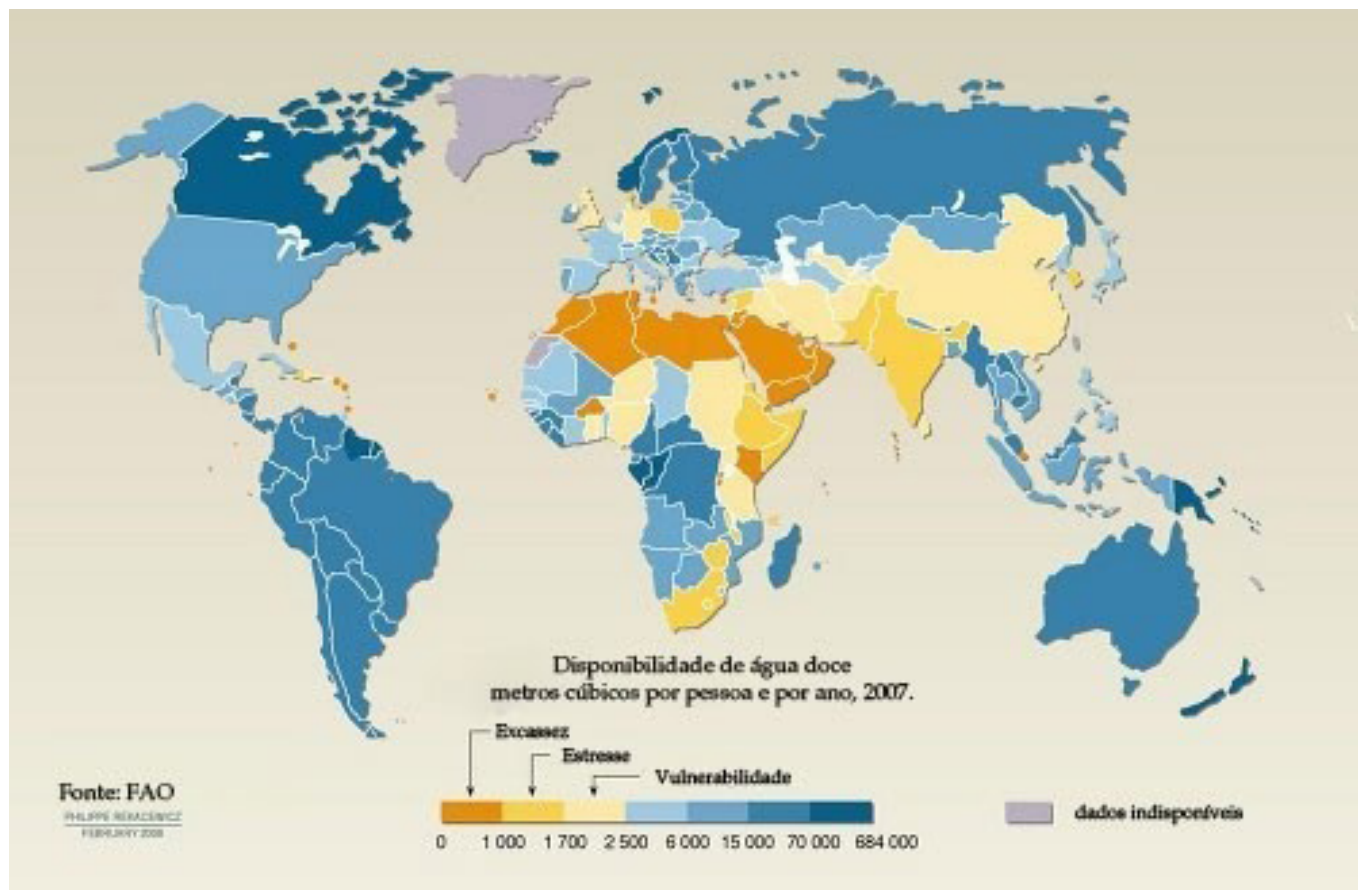
De acordo com Shahzad et al. (2019), em 2000, a demanda mundial de água foi de 4000 bilhões de metros cúbicos e estima-se que aumente mais de 58% até 2030. A ameaça da falta de água, em níveis que podem até mesmo inviabilizar existência de vida na terra, pode parecer exagero, mas não é. Os impactos sobre a quantidade e qualidade da água disponível, atrelados ao rápido crescimento da população mundial e à concentração dessa população em áreas densamente povoadas, já são evidentes em várias partes do mundo.

Sabe-se que os mananciais hídricos superficiais representam um importante reserva de água e têm papel fundamental no equilíbrio do ambiente, além de captação mais fácil. No entanto, sua distribuição é extremamente irregular. Considerando o total de água existente no planeta, apenas uma pequena parcela (3,5%) é doce. Desse total, 68,9% se concentra nas geleiras, 30,8% no subsolo e assim restam para a água livre na atmosfera, águas superficiais em rios, lagos e pântanos, apenas 0,3% do total de água doce. Sob todas as formas e depósitos da água existem problemas e desafios: a poluição das águas superficiais; a maior dificuldade de captação e a distribuição não uniforme das águas subterrâneas, além da presença de sais e outros minerais em muitas reservas; os sais presentes na água do mar, por fim, cujo aproveitamento requer a utilização de técnicas de dessalinização.

Se for considerado o valor total de água doce, a quantidade de água disponível no planeta ainda é muito superior a necessidade do homem. Porém, a distribuição é desigual e assegurar o acesso à água de qualidade para todos os fins humanos requer processos que consomem muita energia e muitos deles ficam inviáveis economicamente. Além disso, deve-se registrar o crescimento do consumo per capita que, nos últimos 70 anos a população triplicou, enquanto o consumo de água cresceu seis vezes.

Em todo o globo terrestre ocorre grande disparidade de água disponível para consumo por continente, como se pode observar na Figura 1.

Figura 1 – Disponibilidade de água doce m³/pessoa/ano



Fonte: FAO - Recursos Naturais (2014).

A carência hídrica é um problema de âmbito mundial. Mesmo países que no momento não enfrentam problemas de escassez de água devem se deparar com problemas de falta de água no futuro próximo.

A Índia, por exemplo, convive com escassos recursos hídricos: seu território possui apenas 4% da água potável do mundo e abriga 16% da população mundial. Naturalmente, há pouca água potável para o grande contingente de pessoas. A China, por sua vez, é um dos países mais ricos em água no mundo, fator que, todavia, não a exonera da crise hídrica, mesmo porque a maioria das águas encontra-se no sul do país, padecendo o norte de escassez.

No Brasil a situação não é muito diferente. Apesar de ser um país privilegiado em termos de recursos hídricos, pois possui 12% de toda a água da superfície do planeta, a distribuição dessa água no território nacional é irregular do ponto de vista de ocupação do território: são as regiões com menor densidade populacional as que apresentam grande quantidade de recursos hídricos. Em consequência da má distribuição hídrica, em determinadas regiões a população vive acometida de medidas de restrição, racionamento, rodízio, estado de atenção e alerta ao uso de água.

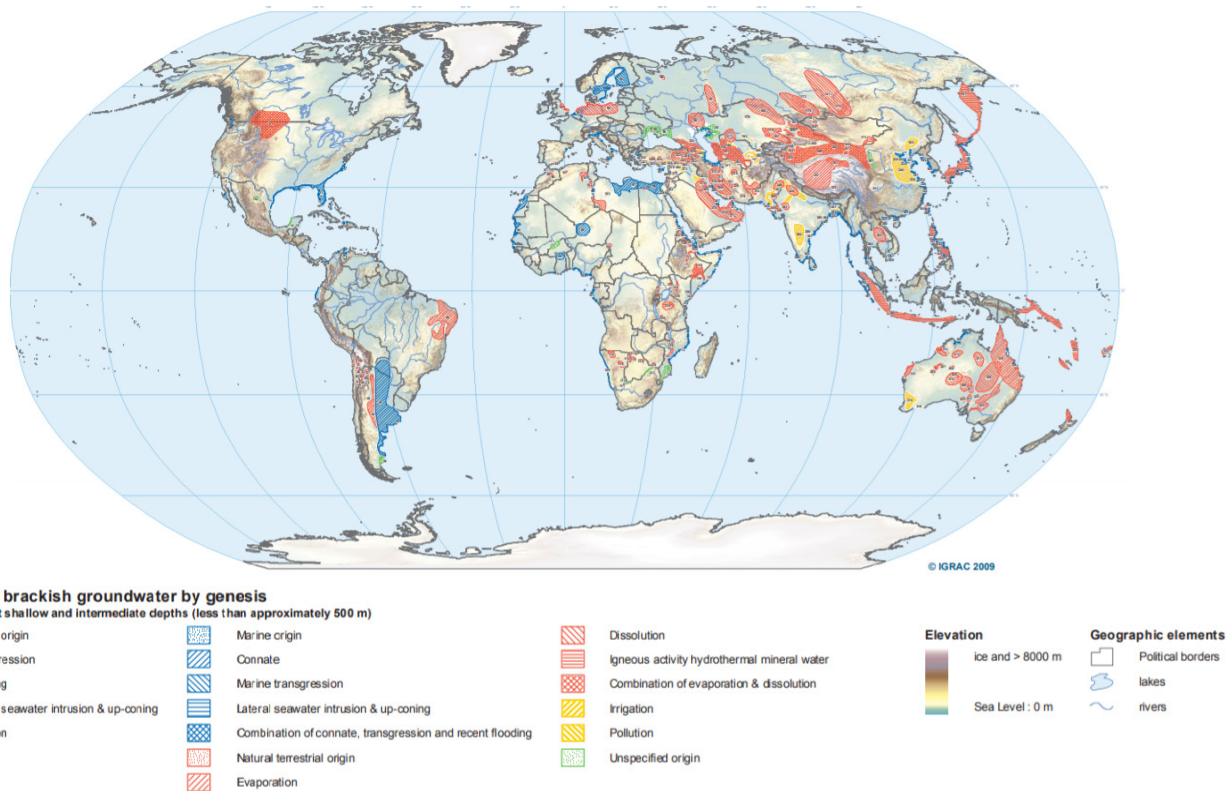
IMPORTÂNCIA DA DESSALINIZAÇÃO DE ÁGUA

Tatiane Barbosa Veras de Albuquerque - Pesquisadora de Pós-Doutorado, Universidade Federal de Pernambuco
Rochele Sheila Vasconcelos - Pesquisadora de Pós-Doutorado, Universidade Federal de Pernambuco

O estado de escassez, portanto, requer políticas adequadas para os recursos hídricos. Estabelecer critérios quanto ao uso da água é necessário, e a preocupação em direcionar o olhar para as atividades econômicas que contribuem para tal escassez é uma medida que pode minimizar os danos provocados por esse quadro. A pressão em relação à escassez de água potável vem desafiando pesquisas e gerando condições para o desenvolvimento de tecnologias eficientes para a dessalinização da água. Logo, percebe-se a necessidade de procurar novas fontes de água, sendo que a dessalinização surge como alternativa devido à grande disponibilidade de água salobra e salina em todo o mundo.

Na Figura 2 apresenta-se um mapa com uma visão global preliminar da ocorrência de águas subterrâneas salobras e salgadas produzido por pesquisadores do Centro Internacional de Avaliação de Recursos Subterrâneos.

Figura 2 – Mapa preliminar da ocorrência de águas subterrâneas salobras e salgadas.



Fonte: Centro Internacional de Avaliação de Recursos Subterrâneos (2016).

Os avanços nas técnicas de dessalinização, com a construção de plantas em várias regiões do mundo, vêm transformando a dessalinização numa solução para a escassez de água potável.

Para o processo de dessalinização se requer uma vazão de água de salinidade elevada, que alimenta o sistema. É aplicada uma energia sob a forma de calor, eletricidade e/ou pressão de água no processo de dessalinização e por fim existem dois volumes de saída: um corresponde à água dessalinizada que é o produto pretendido e outro é o rejeitado ou concentrado (CLAYTON, 2006).

Existem diferentes processos usados para dessalinização, sendo que os mais relevantes podem ser agrupados em dois grupos: processos de dessalinização térmica, assegurado por métodos de destilação, baseando-se no processo natural do ciclo hidrológico; filtração com uso de membranas, baseados na capacidade dessas membranas de separarem seletivamente os sais da água. Entre esses processos, para se obter uma determinada quantidade de água dessalinizada a destilação tem um custo de 10 a 15 vezes superior ao de técnicas com membranas.

No processo de destilação, a água em estado líquido é aquecida ocorrendo o processo de evaporação que transforma a água de estado líquido para gasoso e as partículas sólidas ficam retidas, enquanto o vapor d'água é captado pelo sistema de resfriamento. Ao ser submetido a temperaturas mais baixas, o vapor d'água se condensa, retornando ao estado líquido. No processo de filtração com uso de membranas, através de bombas de alta pressão, a água atravessa membranas que capturam as partículas de sais minerais, permitindo somente a passagem de líquidos, retendo partículas sólidas.

A escolha da tecnologia que será aplicada em determinado local é influenciada pela qualidade da fonte de água, energia demandada, custos, frequência do uso da unidade, volume de água a ser produzido, dentre outros fatores. Dessa forma, cada método apresenta vantagens e desvantagens.

TÉCNICAS DE DESSALINIZAÇÃO

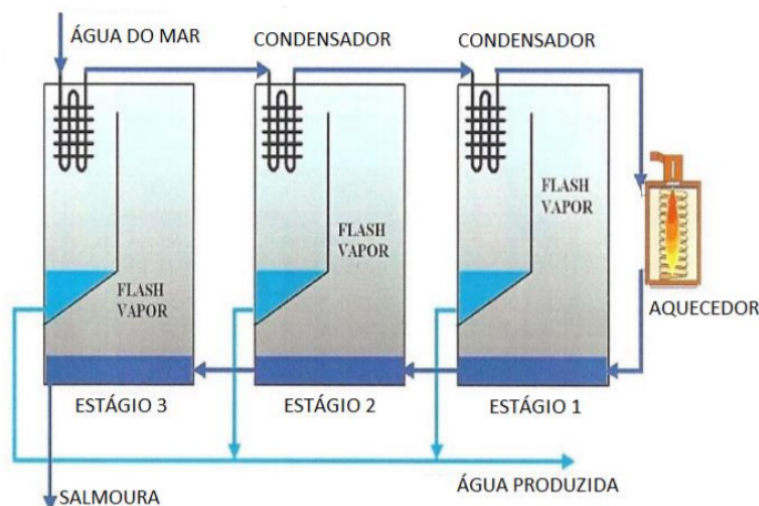
Tatiane Barbosa Veras de Albuquerque - Pesquisadora de Pós-Doutorado, Universidade Federal de Pernambuco
José Alberto Barbosa - AcquaPura

A dessalinização pode ser realizada sobre águas superficiais ou subterrâneas. As superficiais representam uma maior quantidade de água, incluindo os mares e oceanos.

Atualmente, existem várias tecnologias de dessalinização disponíveis e aplicadas por todo o mundo. Alguns desses processos estão desenvolvidos e em funcionamento em grande escala, outros em pequenas unidades para fins de demonstração ou investigação e desenvolvimento. A grande maioria dos sistemas de dessalinização utiliza um dos cinco processos apresentados a seguir:

- Destilação Multiestágios (MSF): A água desloca-se através de uma sequência de câmaras com pressões sucessivamente mais baixas. O vapor em altas temperaturas faz com que a água do mar entre em ebulição. A nomenclatura “multiestágios” justifica-se pelo fato de a água atravessar diversas câmaras de ebulição-condensação, garantindo um elevado grau de pureza. Neste processo, a própria água do mar é usada como condensador da água que é evaporada. Na Figura 3 tem-se imagem do diagrama simplificado do processo de Destilação Multiestágios.

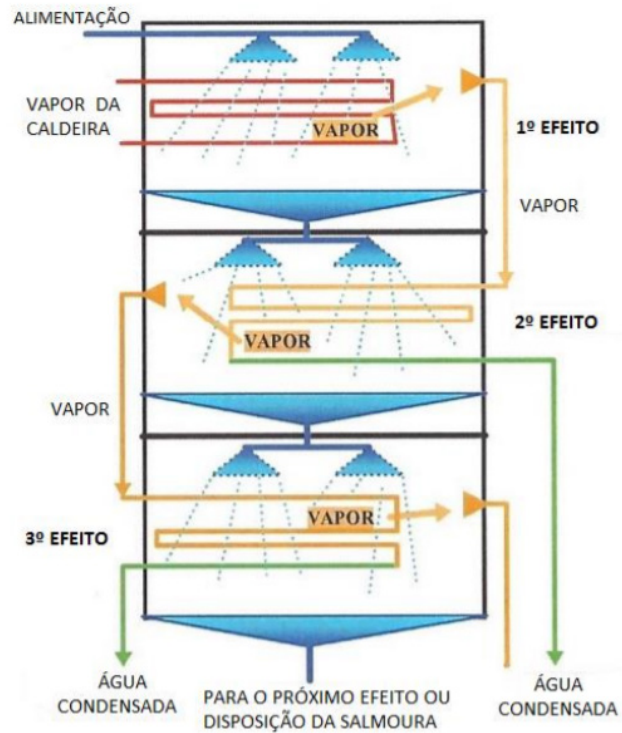
Figura 3 – Diagrama simplificado de um processo de Destilação Multiestágios.



Fonte: Adaptado de Foundation for Water Research (2011).

- Destilação Múltiplos Efeitos (MED): É conhecido por ser o método de dessalinização mais antigo, sendo muito eficiente termodinamicamente. O funcionamento deste processo se faz por meio de uma série de evaporadores chamados de “efeitos”. Funciona com um princípio similar ao da destilação por multiestágios, exceto que o vapor de água doce formado num efeito é usado para evaporar água do mar no outro efeito, promovendo uma fonte de calor para as evaporações seguintes (HENTHORNE, 2009). Na Figura 4 representa-se um diagrama simplificado do processo de Destilação Múltiplos Efeitos.

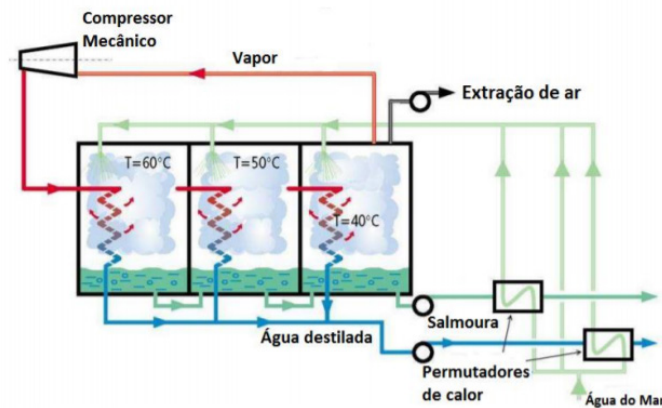
Figura 4 – Diagrama simplificado de um processo de Destilação Múltiplos Efeitos



Fonte: Adaptado de Foundation for Water Research (2011).

Compressão Mecânica de Vapor (MVC): O funcionamento desse processo é semelhante ao de Destilação por Múltiplos Efeitos, contudo utiliza um compressor, comprimindo o vapor. Como resultado dessa compressão, a temperatura e a pressão do vapor aumentam, ou seja, o trabalho feito na compressão do vapor se transforma em calor. A água salgada da alimentação é usada para resfriar o vapor comprimido que se condensa, transformando-se em água destilada. Na Figura 5 representa-se um esquema de um diagrama simplificado do processo de destilação por compressão a vapor.

Figura 5 – Diagrama simplificado de um processo de destilação por compressão a vapor.

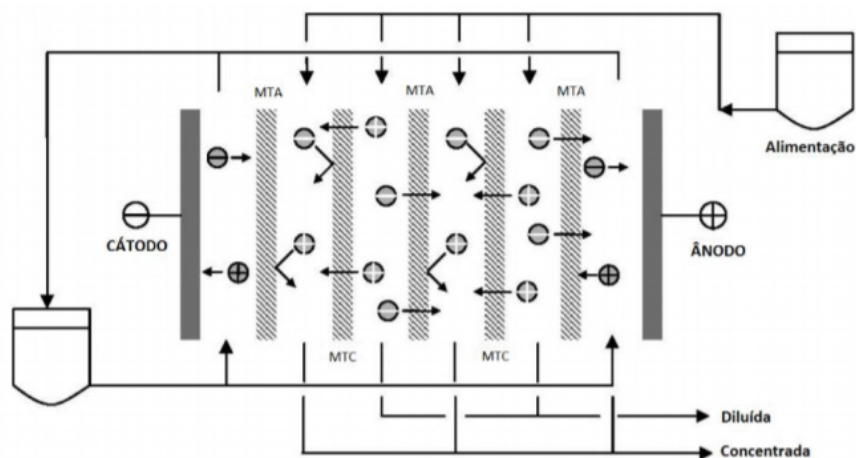


Fonte: Adaptado de Foundation for Water Research (2011).

- Eletrodíálise (ED): Além de energia elétrica, esse processo utiliza membranas semipermeáveis seletivas de íons, podendo ser catiônicas ou aniônicas. É um processo de separação por membranas, limitado a alimentações com no máximo 3000 mg/L de sólidos totais dissolvidos, restringindo-se a dessalinização de águas salobras. A Figura 6 apresenta um diagrama simplificado do processo.

- Eletrodialise (ED): Além de energia elétrica, esse processo utiliza membranas semipermeáveis seletivas de íons, podendo ser catiônicas ou aniônicas. É um processo de separação por membranas, limitado a alimentações com no máximo 3000 mg/L de sólidos totais dissolvidos, restringindo-se a dessalinização de águas salobras. A Figura 6 apresenta um diagrama simplificado do processo.

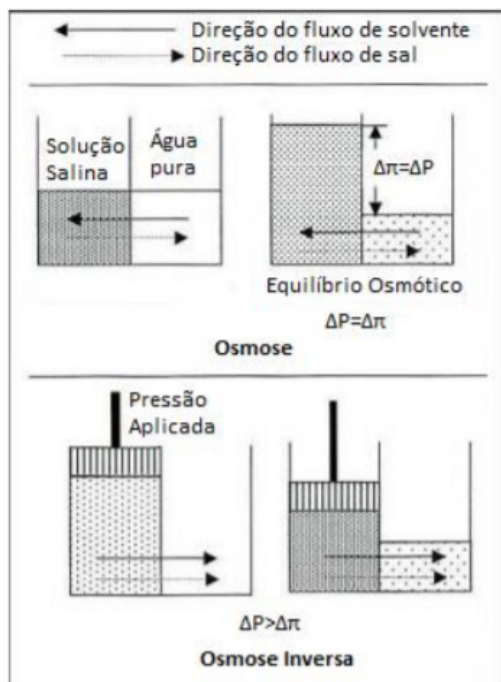
Figura 6 – Diagrama simplificado de um processo por eletrodialise.



Fonte: Adaptado de Charcosset (2009).

- Osmose Reversa (RO): Utiliza uma membrana semipermeável que possui um elevado grau de permeabilidade à água, mas é uma barreira impenetrável aos sais. Esta membrana separa as duas soluções com concentrações diferentes. Nesse processo, representado na Figura 7, a água passa através de uma membrana semipermeável de uma solução de baixa concentração para uma solução de alta concentração.

Figura 7 – Diagrama simplificado de um processo de dessalinização por osmose reversa.



Fonte: Adaptado de YOUNUS e TULOU (2005).

Os sistemas que utilizam a técnica da Osmose Reversa alcançam aproximadamente 53% da capacidade total de produção de água dessalinizada no mundo. Na Figura 8 pode-se observar um equipamento de osmose reversa implantado.

Figura 8 – Equipamento de osmose reversa

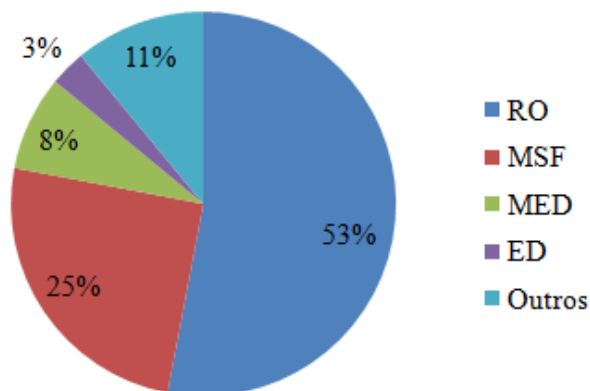


Fonte: Programa Água Doce (2016).

Já nos países do Oriente Médio a maioria dos sistemas de dessalinização emprega processos de evaporação. A Destilação Multiestágios (MSF) domina cerca de 25% de todo o mercado de dessalinização. Um pequeno percentual dos sistemas comerciais utiliza a tecnologia da Eletrodialise (ED).

Na Figura 9 é apresentado um gráfico com a capacidade total instalada de produção por dessalinização utilizando-se os processos existentes.

Figura 9 – Capacidade total instalada por tecnologia de produção



Fonte: Desaldata.com (2014).

O crescimento do uso da RO vem ocorrendo devido a alguns fatores, entre eles a redução de custos. Essa redução tem sido favorecida pela taxa de crescimento, a capacidade da planta, a concorrência com outras tecnologias e principalmente a melhoria na qualidade das membranas.

Alguns aspectos são determinantes na escolha da tecnologia que será utilizada, como a fonte de água, a energia demandada, o volume de água que será produzido, os custos, dentre outros fatores. Porém, entre os fatores envolvidos, a qualidade de água a ser dessalinizada é o principal fator a ser levado em consideração.

AVANÇOS DA DESSALINIZAÇÃO

Tatiane Barbosa Veras de Albuquerque - Pesquisadora de Pós-Doutorado, Universidade Federal de Pernambuco
Alexandre Ricardo Pereira Schuler - Professor Titular da Universidade Federal de Pernambuco

O mercado da dessalinização tem aumentado ao longo dos anos em todo o mundo. Além da crescente necessidade de água da população mundial, o mercado de dessalinização tem investido em pesquisas e alcançado importantes avanços e melhorias das tecnologias empregadas que se caracterizam por um aumento da eficiência dos processos de dessalinização e pela redução dos impactos ambientais.

De acordo com a Associação Internacional de Dessalinização (IDA), as tecnologias de dessalinização já são utilizadas em 150 países, sendo 86,8 milhões m³/dia sua capacidade mundial em 2010. O 31º inventário de dessalinização, publicado em 2017/2018 aponta que a capacidade mundial instalada de dessalinização é de 97,4 milhões m³/dia. Cada vez mais as organizações governamentais e as indústrias adotam estes processos de forma a responder ao aumento da demanda (GLADE, HEIKE., 2013).

Investimentos têm sido realizados nas diversas técnicas de dessalinização, onde as tecnologias que utilizam membranas têm vindo a superar a capacidade instalada por processos térmicos. Esse fato é traduzido pela capacidade instalada com base em processos de membrana ser hoje muito superior à capacidade instalada que recorre a processos térmicos, evidenciando um grande desenvolvimento dos processos de membrana.

O avanço tecnológico que foi desenvolvido nos últimos anos a partir de investimentos em tecnologias de membranas admitiu uma grande redução na pressão exigida e conseqüentemente um decréscimo no consumo de energia gasto no processo de dessalinização a partir dessa técnica. O aumento do tempo de vida e diminuição dos custos foram fatores que também permitiram a conquista de mercado desta tecnologia. Nesse sentido os sistemas de RO tornaram-se mais econômicos do que outros processos de dessalinização, devido às melhorias da tecnologia, em particular à diminuição do consumo de energia. Em 1980, o consumo era de 8 kWh/m³, descendo para menos de 2 kWh/m³ em 2010 (SHATAT, M. AND RIFFAT, S. B. 2012).

No entanto, em alguns locais onde o custo do fornecimento de calor é reduzido e/ou a concentração da água de alimentação é alta, os processos térmicos podem ser mais viáveis. A energia solar é um recurso abundante na Arábia Saudita, sendo uma energia potencial na dessalinização nessa região.

Outro grande problema relacionado à dessalinização são os riscos ambientais provocados pelo processo. Existem muitas barreiras à aceitação desse tipo de tecnologia pelas preocupações que levanta relativamente aos impactos ambientais. Resumidamente, estes impactos estão associados à emissão de poluentes atmosféricos e gases com efeito de estufa que são libertados na geração de energia resultante do consumo intensivo, ao aprisionamento de vida marinha na captação de água necessária ao processo e na descarga do concentrado devido às elevadas temperaturas, elevada salinidade e a elevada quantidade de produtos químicos presentes (MILLER, SYDNEY *et al.*, 2015).

Avanços tecnológicos têm levantado algumas maneiras de mitigar os impactos provocados pela dessalinização. Um exemplo é o processo de dissolução do rejeito que volta para o mar de uma maneira cadenciada, justamente para evitar o impacto na vida marinha ao redor dessa instalação. Se o descarte é feito de uma vez, certamente ocorre o impacto ambiental. Outra solução utilizada por algumas empresas é a reutilização do rejeito em plantações de halófilas, como os coqueiros, e em criações de tilápias e camarões.

Atualmente muito países tem investido em plantas de dessalinização e os investimentos aplicados no desenvolvimento dessa tecnologia têm gerado uma maior credibilidade relacionada à redução dos impactos ambientais provocados pelo processo. Muitas empresas têm realizado estudos de impactos ambientais, analisando individualmente os componentes de uma planta de dessalinização e os efeitos socioeconômicos e ambientais esperados, de forma a combater ou atenuar esses impactos. Essa medida é de fundamental importância no que diz respeito ao estudo dos potenciais efeitos adversos da dessalinização.

Em síntese, as melhorias desenvolvidas nas tecnologias e no desempenho dos processos de dessalinização têm contribuído para a redução de custos e de consumo energético inerente aos processos. O mercado da dessalinização está cada vez mais consolidado em nível mundial e empresas como a Siemens (Alemanha), Suez (França), Veolia (França) e Acciona (Espanha) são líderes de mercado e são não apenas construtoras de centrais de dessalinização como também utilizadores da tecnologia.

EXPERIÊNCIAS INTERNACIONAIS DE DESSALINIZAÇÃO

José Almir Cirilo - Professor Titular da Universidade Federal de Pernambuco, Campus Agreste

Nyadja Menezes Rodrigues Ramos - Diretora da Companhia Pernambucana de Saneamento – COMPESA

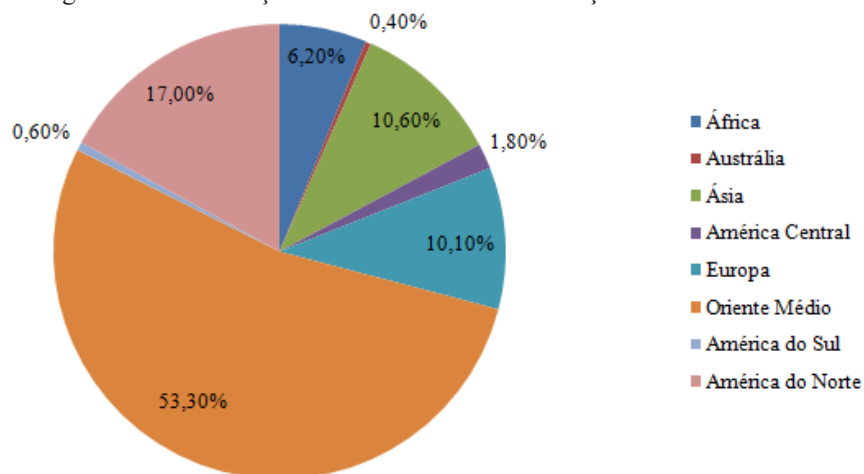
Fernanda Maria Bernardino da Silva - Mestranda em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Pernambuco

Introdução

A dessalinização da água do mar e de águas salobras é comum em países desérticos ou com pouca disponibilidade de água potável, como no Oriente Médio e na África. Mas o seu uso não se restringe a esses locais e já está bastante difundido no mundo.

Globalmente, a dessalinização da água tem vindo a aumentar desde 1960, com diversas cidades do mundo trabalhando para superar crises de abastecimento de água por meio de soluções sustentáveis de reutilização deste bem vital. O novo Manual de Segurança da Água da Associação Internacional de Dessalinização (IDA) e a Global Water Intelligence (GWI) divulgaram que 2019 deve ser o ano de maior crescimento de projetos de dessalinização desde o final dos anos 2000. O 31º inventário de dessalinização (julho de 2017 a junho de 2018) aponta que a capacidade mundial de produção é de 104,7 milhões m³ diários. Atualmente alguns países dependem estritamente das tecnologias de dessalinização para obter água potável. As plantas de dessalinização vêm aumentando em todo o mundo e a maior parte delas se concentra no Oriente Médio, conforme ilustrado na Figura 10.

Figura 10 - Localização das Plantas de Dessalinização ao redor do mundo



Fonte: Adaptado da Foundation For Water Research (2011).

5.1 Estados Unidos da América

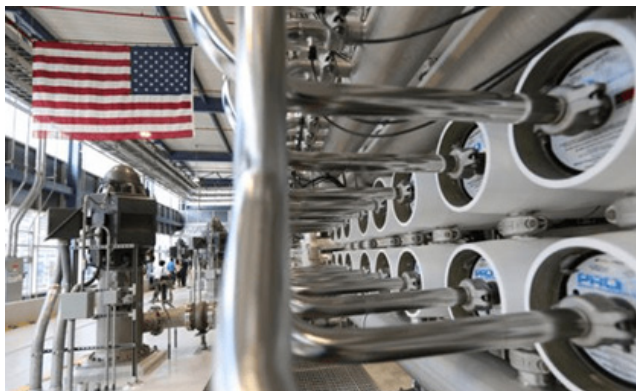
A humanidade já dessaliniza água há séculos. Porém, grande parte das tecnologias foram desenvolvidas no início dos anos 40, durante a segunda guerra mundial, quando estabelecimentos militares operando em áreas áridas precisavam de um jeito de suprir suas tropas com água potável.

A contribuição dos Estados Unidos da América foi marcante no avanço tecnológico nessa época, sendo um dos países que mais investiu no aprimoramento da dessalinização. Em 1952, o Congresso aprovou a Lei Pública, cuja finalidade seria criar meios que permitissem reduzir o custo da dessalinização da água do mar criando o Departamento de Águas Salgadas. Uma das primeiras plantas de demonstração de dessalinização de água do mar a ser construída nos Estados Unidos foi em Freeport, Texas, em 1961. Desde então, a escassez de água em várias cidades americanas resultou num planejamento de médio e longo prazo a fim de aumentar o uso da dessalinização de água salgada e salobra para suprir as poucas possibilidades de se obter água potável nessas regiões.

- **Texas**

Desde a sua inauguração em 2007, a inovadora usina de dessalinização Kay Bailey Hutchingson (KBH) desempenhou um papel fundamental na construção da resiliência de El Paso na estiagem, atendendo às necessidades de água de uma população em crescimento. Atualmente a usina Kay Bailey Hutchingson produz cerca de 104 mil m³/dia, dessalinizando água subterrânea salobra a partir da osmose reversa. A usina de dessalinização KBH também se tornou um modelo, atraindo visitantes de todo o mundo, como do Brasil, Israel, China, Iraque e Sudão. Muitos desses países também estão enfrentando secas com mais frequência e outros desafios sérios de abastecimento de água. A Figura 11 ilustra os sistemas de tubulações de água da usina Kay Bailey Hutchingson em El Paso – Texas.

Figura 11 – Sistemas de Tubulações de água em usina Kay Bailey Hutchingson em El Paso – Texas



Fonte: WaterWorld, adaptado por Portal Tratamento de Água (2018).

Figura 12 – Sistemas de Concentração - usina Kay Bailey Hutchingson em El Paso - Texas

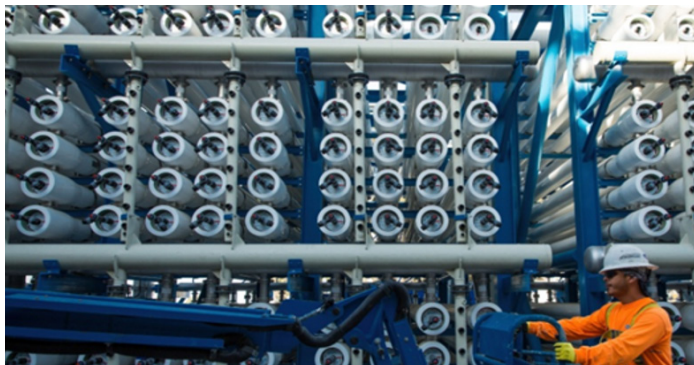


Fonte: WaterWorld, adaptado por Portal Tratamento de Água (2018).

- **Califórnia**

O projeto de Dessalinização de Água do Mar de Carlsbad em San Diego, na Califórnia, foi iniciado em 2015 e disponibiliza um sistema de abastecimento de água potável para o condado de San Diego. Consiste em aproximadamente 16 km de tubos de aço soldados de 54", dimensionados para 204 mil m³/dia de água dessalinizada por dia através da osmose reversa.

Figura 13 – Estrutura de Montagem da Osmose Reversa para dessalinização do mar de Carlsbad em San Diego – Califórnia.



Fonte: WaterWorld, adaptado por Portal Tratamento de Água (2018).

• Flórida

Nos Estados Unidos a maior planta de dessalinização se encontra em Tampa Bay, Florida, e começou produzindo 95.000 m³ de água por dia em dezembro de 2007. Após três anos de intenso redesenho e renovação, foi introduzida uma planta modernizada e totalmente automatizada que pode produzir 108 mil m³/dia de água potável, atendendo a 10 % das necessidades de água potável para as pessoas da região de Tampa Bay.

A Usina de Dessalinização de Água do Mar de Tampa Bay está agora totalmente operacional, dessalinizando água do mar por osmose reversa e foi projetada para fornecer um suprimento de água à prova de seca e ambientalmente saudável. Na Figura 14 apresenta imagem da planta da usina citada.

Figura 14 – Planta da usina de dessalinização de água do Mar de Tampa Bay - Flórida



Fonte: WaterWorld, adaptado por Portal Tratamento de Água, (2018).

5.2 Israel

Com metade do seu território em área de deserto, em Israel 76% da água para consumo doméstico já provêm da dessalinização. É um país semiárido, no qual seus recursos naturais – chuva, Mar da Galileia e três aquíferos – não conseguem mais fornecer, sozinhos, a água que o país necessita. Com o uso da água dessalinizada, as fontes naturais de água, principalmente os aquíferos, podem se recuperar após muitos anos de estiagem (Tenne, 2015). As usinas de dessalinização fornecem 670 milhões de metros cúbicos por ano, dos 880 milhões consumidos domesticamente no país (Tenne, 2015).

- **Tel Aviv**

A usina de dessalinização Sorek, localizada a cerca de 15 km ao sul de Tel Aviv, Israel, entrou em operação em outubro de 2013 com uma capacidade de tratamento de 624 mil m³ / dia. A instalação de dessalinização usa o processo de osmose reversa de água do mar, fornecendo água para o sistema nacional de transporte de água de Israel. A construção da usina de dessalinização começou em janeiro de 2011 e foi concluída com um investimento total de cerca de US\$ 400 milhões.

Os principais componentes da instalação podem ser categorizados em um sistema de admissão, dutos de interconexão em terra e uma estação de bombeamento de água do mar.

Figura 15 – Planta da usina de Tel Aviv - Israel



Fonte: WaterWorld, adaptado por Portal Tratamento de Água (2018).

- **Hadera**

Localizada na cidade de Hadera - norte de Israel – a usina de dessalinização Koshersmap é capaz de produzir 127 milhões de litros de água potável por ano, o que seria equivalente a água para um de cada seis israelenses. Ela captura água do Mar Mediterrâneo e a torna potável.

O governo foi o responsável pelo plano de criar a usina, com o objetivo de atender as demandas de uma população crescente e com o seu estoque de água sempre ameaçado, dependentes quase que exclusivamente das chuvas de inverno.

Figura 16 – Planta da usina de Koshersmap em Hadera – Israel



Fonte: WaterWorld, adaptado por Portal Tratamento de Água (2018).

5.3 Arábia Saudita

A Arábia Saudita é o país que mais dessaliniza água no mundo. Lá a dessalinização teve início em 1928, quando as primeiras plantas foram construídas, mas foi a partir de 1970 que as plantas em operação atualmente começaram a tomar forma (Al-Alshaikh, 2015).

- **Jubail**

A usina Independente de Água e Energia Elétrica (IWPP), na cidade industrial de Jubail, tem a capacidade de dessalinizar 212 mil m³ / dia de água, o que pode suprir 4 milhões de pessoas. Comporta 27 unidades de dessalinização baseadas nas tecnologias de destilação de múltiplo efeito e compressão térmica de vapor. Em termos de rendimento, o processo permite obter 9.85 toneladas de água destilada por cada tonelada de vapor consumido.

Figura 17 – Planta da usina na cidade industrial de Jubail na Arábia Saudita



Fonte: WaterWorld, adaptado por Portal Tratamento de Água (2018).

5.4 Índia

- **Tamil Nadu**

A planta de dessalinização de Minjur está localizada no estado de Tamil Nadu, Índia, sendo a maior planta de dessalinização do país. Iniciou suas atividades em 2010 e atualmente produz 100 mil m³ / dia. A planta produz água potável usando tecnologia de osmose reversa e atende uma população estimada de 500.000 habitantes.

Figura 18 – Planta da usina de Tamil Nadu - Índia.



Fonte: WaterWorld, adaptado por Portal Tratamento de Água (2018).

5.5 Cabo Verde

Em Cabo Verde as reservas naturais de água são escassas e a estação chuvosa dura apenas três meses por ano. O arquipélago apresenta clima que vai de árido a semiárido nas diferentes ilhas.

A dessalinização garante água doce para cerca de 80% da população. A dessalinização em Cabo Verde iniciou-se em 1968 e, atualmente, o abastecimento dos principais centros urbanos (Sal, Mindelo, Boa Vista, Praia) é feito com água do mar dessalinizada. O país aposta no sistema de osmose inversa para produzir água doce. Cabo Verde utiliza tecnologias europeias, espanhola e austríaca, para a dessalinização da água do mar. A Electra, Empresa Pública de Eletricidade e Água, é responsável pela produção e distribuição da água dessalinizada nas ilhas de São Vicente, Sal e na Cidade da Praia.

• *Ilha do Sal e Ilha de São Vicente*

A inauguração de duas centrais de produção em 2018, uma na ilha de São Vicente e outra no Sal, marcaram o segundo momento das comemorações dos 50 anos da dessalinização em Cabo Verde. Cada uma das centrais tem uma capacidade de produção de 10 mil m³/dia. As centrais trabalham no sistema de osmose inversa para produzir água doce a partir da água do mar. Logo após a captação, a água do mar passa pelos filtros de areia, que têm por finalidade eliminar impurezas e resíduos sólidos maiores. Depois a água é novamente filtrada, desta vez por microfiltros. Neste processo de filtragem, consegue-se a retenção de sais dissolvidos. Obtém-se a água doce e a salmoura - solução com alta concentração de sal - que é devolvida ao mar.

Figura 19 – Tubulações e estrutura da planta de dessalinização na Ilha do Sal em Cabo Verde



Fonte: WaterWorld, adaptado por Portal Tratamento de Água (2018).

A fabricação de dessalinizadores em larga escala gera uma expectativa em todo o mundo, no sentido de baixar os custos da tecnologia e minimizar os impactos ambientais causados pelos rejeitos. O Brasil ainda não tem uma participação relevante entre os países que mais dessalinizam água, visto seu potencial hídrico. No entanto, a técnica de dessalinização tem grande importância em algumas regiões, como Fernando de Noronha e na região semiárida do Nordeste, locais que sofrem com a concentração de sais na pouca água produzida por poços em aquíferos fissurais (rochas cristalinas) e com a elevada taxa de evaporação que consome as águas reservadas na superfície.

CUSTOS DE DESSALINIZAÇÃO NO MUNDO

José Almir Cirilo - Professor Titular da Universidade Federal de Pernambuco, Campus Agreste
Tatiane Barbosa Veras de Albuquerque - Pesquisadora de Pós-Doutorado, Universidade Federal de Pernambuco
Nyadja Menezes Rodrigues Ramos - Diretora da Companhia Pernambucana de Saneamento – COMPESA

Embora ainda seja uma opção de abastecimento mais cara comparando com os recursos naturais, a dessalinização poder-se tornar em breve uma alternativa competitiva (THE WORLD BANK, 2012). Isso porque os custos de produção convencional da água têm aumentado em várias partes do mundo e os custos para dessalinizar vêm sendo reduzidos, conseqüentemente a dessalinização tem se tornado mais competitiva e economicamente atraente (BURN, 2015).

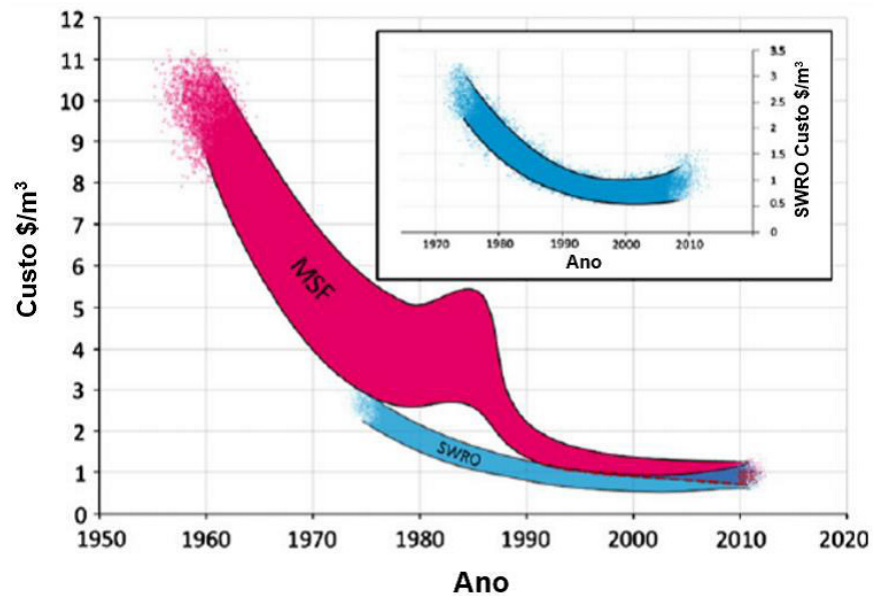
A tendência dos custos para a água a partir de fontes convencionais é aumentar ao contrário do que acontece com o custo de água dessalinizada que tende a diminuir com os melhoramentos da tecnologia (BERNAT, XAVIER et al., 2010). O investimento feito também vai variar a partir da tecnologia utilizada, onde, para capacidades de centrais semelhantes, os processos térmicos são mais caros do que os processos de osmose reversa.

A localização geográfica, a capacidade de instalação, a fonte de alimentação, a forma como é feita a descarga, o pós-tratamento, entre outros fatores, de fato vai influenciar nos custos da planta de dessalinização. Materiais, equipamentos, produtos químicos e tudo o que é necessário para o funcionamento da instalação requerem custos de operação e manutenção. A substituição de equipamentos também vai alterar nos valores adicionais necessários para o bom funcionamento do processo. Devido aos elevados custos de implantação do sistema de dessalinização, os governos têm feito manobras para convencer o setor privado, beneficiando-se dos avanços desse setor em tecnologia e gestão. As parcerias público-privadas têm sido bem-sucedidas e gerado bons frutos para a evolução dos processos.

A natureza da água que alimenta os sistemas de dessalinização tem relação com o custo dos processos. A dessalinização de água salobra pode ser considerada como tendo um terço do custo quando comparada à água do mar. No entanto, a água salobra é associada à água subterrânea, que não é considerada como recurso infinito como a água do mar (TORRE, J. B. 2015). Além disso, quando se tem unidades de dessalinização afastadas da costa oceânica, a disposição do resíduo é sempre um desafio, o que muitas vezes incrementa o custo da produção de água, apesar das novas tecnologias tenderem a diminuir a produção de rejeitos (BURN, 2015).

Na Figura 20 registra-se a evolução do custo de água dessalinizada de 1950 numa projeção para o ano 2020.

Figura 20 - Evolução do custo de água dessalinizada



Fonte: Missimer, T. M. et al. (2013).

Se existem parâmetros conhecidos que permitem estimar e determinar de forma razoável o custo total de água, como a salinidade, a capacidade da central de dessalinização, a tecnologia utilizada, o custo de energia e os requisitos regulamentares, existem outros parâmetros específicos, incluindo subsídios, riscos financeiros e políticos, que afetam o preço e levam a variações consideráveis observadas na licitação do projeto (BERNAT, et al., 2010). Ainda segundo esses autores, os custos no início da década de 60 era para MSF entre 7 e 9 US\$/m³ e para RO entre 3 e 5 US\$/m³, caindo em 2010 para valores inferiores a 1 US\$/m³ nos dois casos. Para que haja uma avaliação do custo do fornecimento da água dessalinizada deve-se fazer a distinção entre o custo real do tratamento da água por uma tecnologia de dessalinização e o custo real do fornecimento de água para o consumo. Como tal, o custo de entrega de água dessalinizada para os consumidores inclui também custos administrativos, de transporte, lucro do fornecedor. A análise feita é referente à avaliação dos custos do tratamento no processo de dessalinização.

A garantia de abastecimento de água, principalmente em regiões com escassez deste recurso, tem custos relativamente elevados. Porém os benefícios adquiridos com este investimento permitirão uma maior disponibilidade do recurso, e por isso uma diminuição da dependência de transferência de água proveniente de locais distantes, um controle direto sobre o volume do recurso hídrico disponível e maior proteção no serviço de entrega, para reduzir a dependência de fatores externos como desastres naturais e maior flexibilidade no uso de fontes de água.

DESSALINIZAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Simone Rosa da Silva - Professora Associada da Universidade de Pernambuco

José Almir Cirilo - Professor Titular da Universidade Federal de Pernambuco, Campus Agreste

Antônio José Alves - Professor Titular da Universidade Federal de Pernambuco

José de Assis Ferreira - Secretária de Infraestrutura – SEINFRA/SERH

O semiárido brasileiro é uma região marcada pela ação de um conjunto de fatores que concorrem para a escassez hídrica durante a maior parte do ano, com a ocorrência de períodos críticos de seca, que caracteriza a região e compromete seu desenvolvimento socioeconômico.

Segundo os critérios utilizados para a delimitação do semiárido pelo grupo de trabalho interministerial – GTI, instituído em 2004 pelo Ministério da Integração Nacional e Ministério do Meio Ambiente, os municípios incluídos na região possuem pelo menos uma das seguintes características: a) precipitação pluviométrica média anual inferior a 800 milímetros; b) índice de aridez de até 0,5, calculado pelo balanço hídrico, que relaciona a precipitação e a evapotranspiração potencial, no período de 1961 e 1990; e c) risco de seca maior que 60%, tomando-se por base o período entre 1970 e 1990.

A população do semiárido brasileiro é de aproximadamente 22 milhões de habitantes e dela faz parte a maior concentração de população rural do Brasil. A expressão “semiárido” indica que se trata de uma região com características que se aproximam da aridez. As razões para isso são várias, especialmente as formas de explorar a terra que a tornaram semiárida, aliadas à escassez de chuva e ao limitado sistema de armazenamento de água.

Figura 21 – Relação dos municípios/estados localizados no semiárido brasileiro

ESTADOS	MUNICÍPIOS NO SEMIÁRIDO
Alagoas	38
Bahia	278
Ceará	175
Espírito Santo	-
Maranhão	2
Minas Gerais	91
Paraíba	194
Pernambuco	123
Piauí	185
Rio Grande do Norte	147
Sergipe	29
TOTAL	1.262

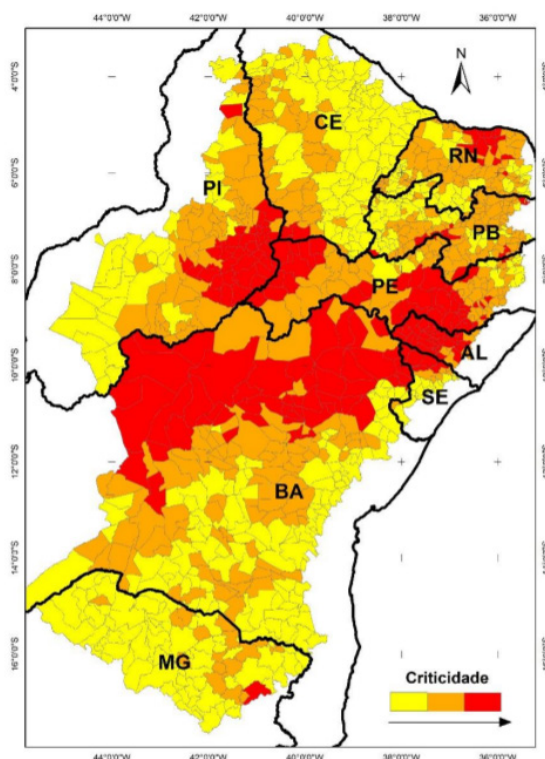
Fonte: SUDENE (2017).

A problemática que envolve a disponibilidade de água para atender as necessidades humanas torna-se mais fortemente observável em regiões semiáridas, as quais apresentam condições climáticas adversas: baixo índice pluviométrico; alto índice de evapotranspiração; elevadas temperaturas, e chuvas distribuídas de forma irregular tanto no tempo quanto no espaço. Somado ao cenário climático, Marinho et al. (2012) afirmam que grande parte do semiárido brasileiro apresenta limitada e irregular disponibilidade de recursos hídricos, além de elevados níveis de salinidade nos solos e nas águas, principalmente em áreas cristalinas.

De acordo com Cirilo et al. (2010) a disponibilidade e usos da água na região Nordeste do Brasil, particularmente na região semiárida, continuam a ser uma questão crucial no que concerne ao seu desenvolvimento. É fato que grandes esforços vêm sendo empreendidos com o objetivo de implantar infraestruturas capazes de disponibilizar água suficiente para garantir o abastecimento humano e animal e viabilizar a irrigação. Todavia, esses esforços ainda são, de forma global, insuficientes para resolver os problemas decorrentes da escassez de água, o que faz com que as populações continuem vulneráveis à ocorrência de secas, especialmente quando se trata do uso difuso da água no meio rural.

Na Figura 22 apresenta-se um mapa contendo o resultado do índice de condição de acesso a água (ICAA) na região do semiárido brasileiro.

Figura 22 – Mapa do Semiárido com índice de condição de acesso a água



Fonte: Centro de Monitoramento de Desastres Naturais, (2017).

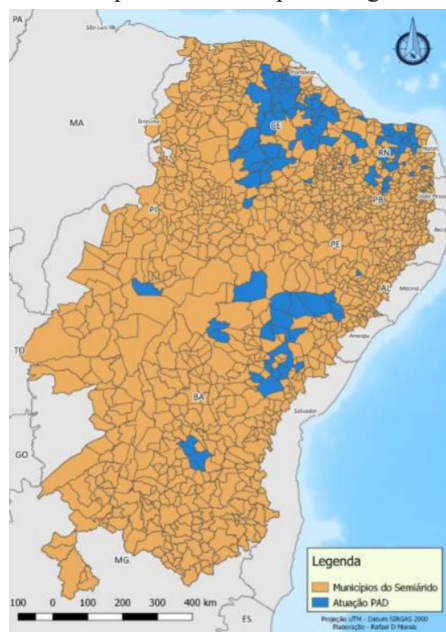
Um enorme desafio dos governos de regiões atingidas por esse tipo de ocorrência da natureza é mitigar seus efeitos (com ações de curto prazo) e reduzir (a longo prazo) a vulnerabilidade da sociedade para o convívio com o fenômeno, que é parte do clima, de recorrência inevitável. Assim, em virtude de os efeitos se acumularem por um considerável período, podendo perdurar por anos antes do término do evento, torna-se difícil delimitar o início, o final e o grau de severidade do fenômeno (CIRILO, 2015).

Em busca de soluções para escassez periódica de água no semiárido brasileiro, o homem tem utilizado as águas subterrâneas como alternativa para atender suas necessidades hídricas. Isso ocorre, principalmente, através da perfuração de poços. Todavia, grande parte das águas encontradas no subsolo é imprópria para o consumo humano em virtude dos altos índices de sais dissolvidos.

A salinidade é uma característica comum nos solos e subsolos das regiões semiáridas, isso em função destas regiões apresentarem: grande predominância de rochas cristalinas; muitos solos são rasos, pedregosos, com baixos valores de porosidade, e com baixa permeabilidade, o que condiciona uma circulação lenta dos fluidos e, conseqüentemente, maior tempo de permanência das águas em contato com o corpo cristalino (rico em sais), acarretando assim uma maior salinização das águas locais. Entretanto, mesmo com altos níveis de sais dissolvidos nas águas dos poços perfurados, muitas famílias acabam por ingerir estas águas.

Em decorrência a esse problema, com o intuito de aproveitar esta água e transformá-la em água potável para as comunidades, os governos dos Estados da região e o Ministério de Meio Ambiente, através do Programa Água Doce, vêm instalando e ampliando a quantidade de dessalinizadores na região (Figura 23).

Figura 23 – Municípios atendidos pelo Programa Água Doce



Fonte: Programa Água Doce, Sistema de Informações do Programa Água Doce. Banco de dados digital. <http://aguadoce.mma.gov.br/>. Acesso em abril de 2019.

Sabendo-se que a escassez periódica de água acaba por forçar inúmeras famílias a consumirem água de má qualidade (rica em sais ou com poluentes biológicos), a dessalinização e a desinfecção das águas tornam-se imprescindíveis para aumentar a oferta de água potável para uma população que cresce a cada dia.

O método mais utilizado no Nordeste tem sido o processo por osmose reversa (PORTO, AMORIM, ARAÚJO, 2004). Amorim et al. (2001) atribuem o predomínio da osmose reversa à simplicidade e robustez do equipamento, aos baixos custos de instalação e operação, a capacidade de tratar volumes baixos ou moderados de água bruta, a continuidade do processo e a excelente qualidade da água tratada.

A implantação e/ou recuperação de dessalinizadores agregam ações de mobilização social e sustentabilidade ambiental, como também aplicação do modelo de gestão com a sensibilização e participação efetiva das comunidades beneficiadas, manutenção (preventiva e corretiva) e monitoramento dos sistemas e a participação das Prefeituras (PDA, 2015).

Nas Figuras 24 a 27 são apresentadas algumas imagens de dessalinizadores implantados pelo Programa água Doce (PAD) nos estados da Bahia, Ceará e Paraíba.

Figura 24 – Imagem de dessalinizador implantado na Bahia.



Fonte: Ministério de Meio Ambiente – Bahia, acessado em 03/04/2019.

Figura 25 – Implantação de dessalinizador em Aracoiaba no Ceará



Fonte: Ministério do Meio Ambiente/Prefeitura do município de Aracoiaba – Ceará.
Acesso em 03/04/2019.

Figura 26 – Imagem de dessalinizador implantado na Paraíba



Fonte: MMA – Paraíba (2017).

7.1 História da dessalinização em Pernambuco

As ações para a promoção da implantação de dessalinizadores no estado de Pernambuco tiveram início ainda na década de 80 do século passado, por iniciativa do então governador Miguel Arraes que identificou, na época, oferta de equipamentos de dessalinização de águas salobras a um custo proibitivo de US\$ 50 mil. A Secretaria de Agricultura estadual foi instada a procurar potenciais fornecedores de equipamentos no país, o que foi conseguido com apoio de um engenheiro mecânico formado no Instituto de Tecnologia da Aeronáutica, que resultou na instalação de um protótipo no município de Riacho das Almas, até hoje o que possui maior quantidade de dessalinizadores no estado, como o da Figura 27. O equipamento custou ao estado cerca de US\$ 5000,00. “A grande quantidade de poços perfurados no Agreste do estado, abandonados pela alta salinidade de suas águas, merecia, aos olhos do Dr. Arraes, uma tentativa de utilização, preocupação esta que já existia na época do primeiro governo. O estado tinha investido muitos recursos na perfuração desses poços, então (1987-1990) seria conveniente investir um pouco mais e viabilizar a conclusão dos chafarizes (Figura 28) que aliviaría a falta de água potável para grandes populações dispersas e que no momento estavam dependentes de carros-pipa (PINHEIRO, 2014).

Figura 27 – Imagem de dessalinizador implantado em Riacho das Almas - Pernambuco



Fonte: Prefeitura Municipal de Riacho da Almas, site acessado em 02/04/19.

Figura 28 - Ex-secretário de Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco, Dr. José Almir Cirilo em visita ao chafariz, proveniente de água dessalinizada.



Fonte: autores (2015).

Em seu último governo, entre 1995 e 1998, novamente Arraes incentivou a disseminação do processo, agora via LAFEPE, o Laboratório Farmacêutico de Pernambuco, que passou a construir dessalinizadores que foram instalados sob a chancela da Secretaria de Agricultura, da Compesa – Companhia Pernambucana de Saneamento e da Diretoria de Recursos Hídricos da Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente, criada para atuar como órgão gestor dos recursos hídricos no estado. O desenvolvimento dos dessalinizadores começou em 1996, sendo os primeiros equipamentos entregues em 1997.

O programa de dessalinização de águas subterrâneas no estado de Pernambuco foi uma ação pioneira e de sucesso em sua época, cumprindo o objetivo de ofertar água de qualidade para as populações difusas residentes no semiárido.

7.2 Situação atual da dessalinização em Pernambuco: perspectivas e desafios

Um grande desafio encontrado em todo o semiárido tem sido a continuidade da política de investimento em dessalinização de água salobra. Dois aspectos são emblemáticos na questão: a) as frequentes mudanças de órgãos responsáveis pelo setor e a prioridade (ou não) dada a esse tipo de obra; b) a falta de manutenção dos equipamentos, prejudicada pela delegação da atividade de operação às comunidades usuárias ou às prefeituras. Em ambos os casos, o despreparo para operar os equipamentos e a descontinuidade no pagamento dos custos (energia, insumos, substituição de peças) têm levado à desativação de equipamentos por toda a região.

Atualmente existem 285 sistemas de dessalinização instalados e monitorados pela atual Secretaria de Infraestrutura e Recursos Hídricos de Pernambuco - SIRH, dos quais pouco mais de 200 unidades encontram-se em funcionamento. A população atendida pelos sistemas varia de 100 a 7500 habitantes, a depender da capacidade de produção. Embora a maioria dos equipamentos esteja instalada na zona rural, alguns operam na periferia das cidades do Agreste, levados a isso pelos efeitos da seca atual. Em Cumaru um equipamento de dessalinização supre o hospital local.

O Governo de Pernambuco adotou decisão acertada de estabelecer longo contrato de manutenção e acompanhamento da operação dos equipamentos, mantendo desde 2015 contrato que compreende manutenção de até 450 dessalinizadores. Porém, a descontinuidade de recursos financeiros tem prejudicado tanto o serviço como a expansão do programa. Estima-se que a instalação de 800 dessalinizadores poderia atender a cerca de 1/3 da população rural difusa do estado, o que seria um grande feito. Avaliação do governo estadual, baseado em seu contrato de manutenção, calcula em R\$ 0,24 o custo de 20 litros de água dessalinizada ou R\$12,00 por m³. Compare-se ao custo da água mineral adquirida por parcela significativa da população (R\$ 6,00 a R\$12,00) ou ao custo da água do caminhão-pipa, cuja qualidade da água é muitas vezes duvidosa, que, a depender da distância de transporte, chega a até R\$ 30,00 o m³. A maior parte dos equipamentos (80%) produz 600 L/h de água tratada; 15% têm capacidade de 1200L/h e 5% acima dessa vazão, sempre em função da demanda local e da capacidade de produção dos poços que alimentam os sistemas. A Figura 29 a seguir representa exemplos desses sistemas.

Figura 29 – Sistemas implantados pela SIRH - em sentido horário: dessalinizador cabinado, dessalinizador em abrigo de alvenaria, ficheiro de distribuição de água dessalinizada, reservatórios



Fonte: SIRH (2019).

Um grande avanço para a dessalinização de águas salobras é o suprimento de energia com geração solar. O dessalinizador representado na Figura 30, também no município de Riacho das Almas, foi o primeiro do Brasil alimentado exclusivamente por energia solar. Essa alternativa tem três impactos extremamente positivos: a) elimina-se a necessidade de rede elétrica trifásica no local do dessalinizador, o que muitas vezes é um problema na zona rural; b) acaba o problema de responsabilidade de pagamento mensal dos custos de energia; c) diminui a intervenção do operador do sistema. O custo de instalação dos dispositivos para uso de energia solar acrescem em torno de 30% o valor do equipamento convencional, perfeitamente recuperável em pouco tempo de operação.

Figura 30 – Dessalinizador instalado na zona rural de Riacho das Almas, suprido por energia solar.

Dessalinizador e tanques de acumulação de água tratada e concentrado.



Fonte: autores (2015).

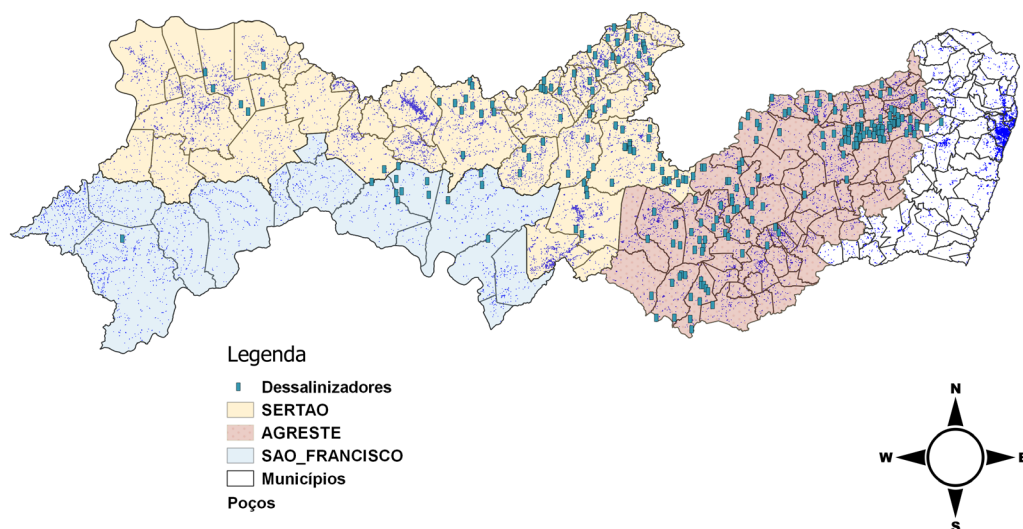
Figura 31 – Sistema de Dessalinização com capacidade de atender à uma população com aproximadamente 800 pessoas.



Fonte: autores (2015).

A Figura 31 a seguir representa a localização dos dessalinizadores em Pernambuco monitorados pela SIRH, junto com a localização de mais de 30 mil poços cadastrados no SIAGAS – Sistema de Informações de Águas Subterrâneas da CPRM – Serviço Geológico do Brasil.

Figura 32 – Localização dos equipamentos de dessalinização controlados pelo Governo de Pernambuco e malha de poços existentes no estado.



Fonte – Autores.

Uma outra iniciativa, associada ao Programa Água Doce, encontra-se em andamento para complementar o esforço da SIRH. Trata-se do Programa Água Doce, do Ministério do Meio Ambiente, em parceria com a secretaria estadual de agricultura. O programa tem como meta realizar a implantação e/ou recuperação de 170 sistemas de dessalinização no semiárido pernambucano, dentre os quais 20 serão Unidades Produtivas. Para subsidiar a tomada de decisão na indicação de comunidades a serem beneficiadas pelo atual convênio foi realizado um trabalho preliminar, que consistiu na realização de diagnóstico ambiental em 510 comunidades rurais, além da limpeza e teste de vazão de 340 poços.

As Unidades produtivas são compostas por um sistema desenvolvido pela Embrapa Semiárido, que tem por finalidade promover o uso adequado para o efluente (concentrado) do sistema de dessalinização, minimizando impactos ambientais e contribuindo para a segurança alimentar. O mesmo é composto por quatro subsistemas interdependentes, sendo inicialmente produzida a água potável, através do sistema de dessalinização; em seguida, o efluente do dessalinizador (concentrado), é enviado para tanques de criação de peixes. Então, o efluente (concentrado) dessa criação, enriquecido em matéria orgânica, é aproveitado para a irrigação da erva-sal (*Atriplex nummularia*) que, por sua vez, é utilizada na produção de forragem, com alto teor proteico, utilizada para a engorda de caprinos e/ou ovinos da região, fechando assim o sistema de produção integrado ambientalmente sustentável (PAD, 2012).

Figura 33 - Representação esquemática do sistema de produção integrado do Programa Água Doce



Fonte: Documento Base - Programa Água Doce (2012).

PROPOSTA DE PLANEJAMENTO PARA INSTALAÇÃO DE DESSALINIZADORES NO SEMIÁRIDO

Alexandre Carlos Araújo de Santana - Doutorando em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Pernambuco
Fernanda Maria Bernardino da Silva - Mestranda em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Pernambuco

Uma alternativa para potencializar uma visão mais focada nas reais fragilidades de atendimento da população rural é associar elementos de planejamento em escala de setores censitários. Esta é a escala mais representativa da distribuição populacional no território, podendo ser utilizada para analisar a disponibilidade hídrica por meio de infraestrutura existente de suprimento de água, como poços, cisternas rurais e dessalinizadores. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o estado de Pernambuco possui 12.498 setores censitários.

Como modelo, consideram-se aqui os municípios de Riacho das Almas e Cumaru, unindo informações quantitativas no que se refere à dessalinização nessa região inserida no semiárido pernambucano.

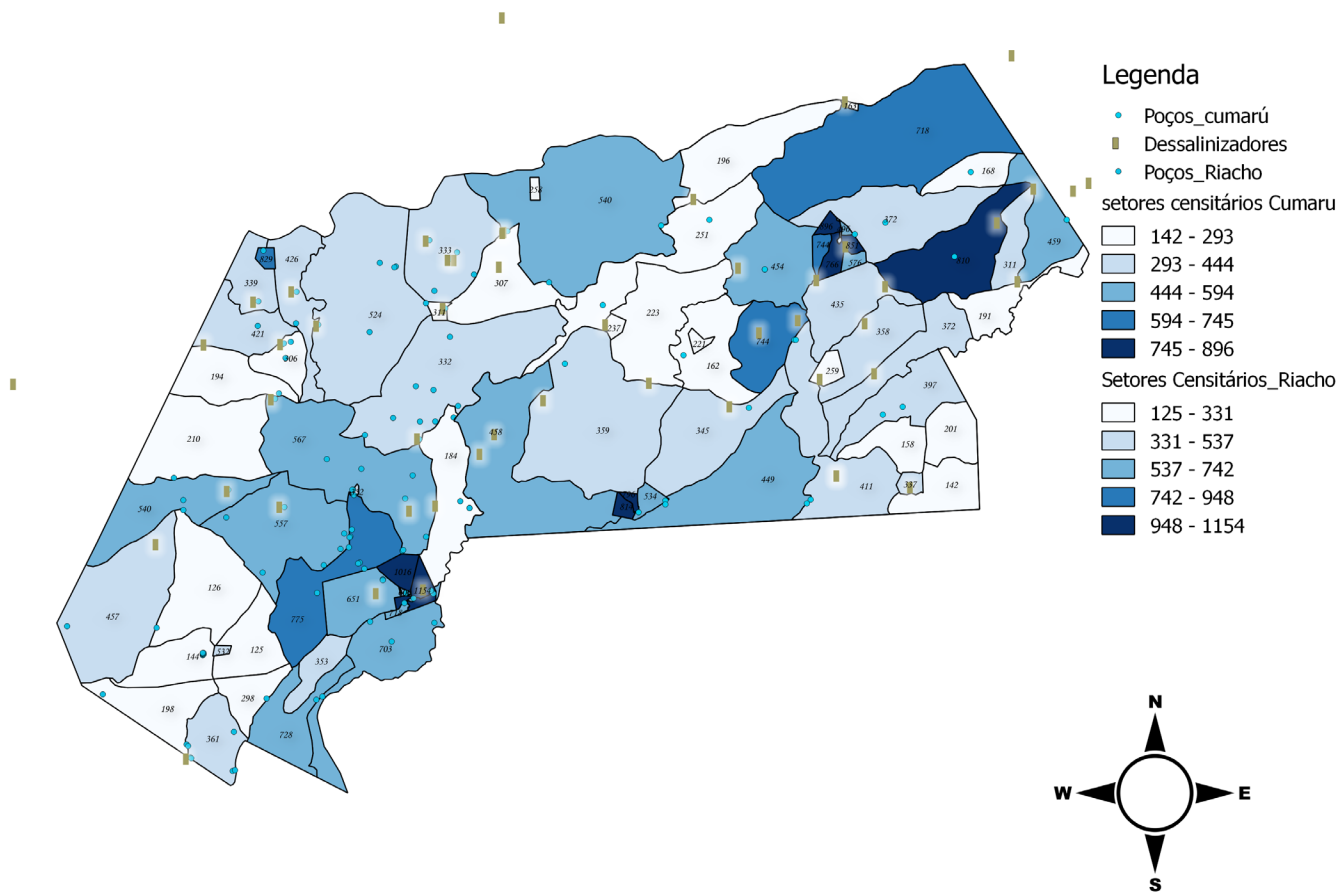
Segundo dados coletados pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) no Sistema de informações de águas subterrâneas (SIAGAS), Pernambuco possui 30.343 poços cadastrados. Destes, 95 estão localizados no município de Riacho das Almas e 147 em Cumaru. Por conta das características da água nestes poços existe a necessidade de dessalinização. Segundo técnicos da Secretaria de Recursos Hídricos de Pernambuco, a salinidade da água tratada chega a 16 mil mg/L, o que equivale aproximadamente à metade do teor de sais da água do mar.

A utilização de técnicas de geoprocessamento permite integrar as seguintes informações:

- População residente no setor censitário;
- Localização, qualidade da água e vazão dos poços existentes no setor;
- Localização e disponibilidade hídrica que pode ser obtida de outras fontes: reservatórios formados por barragens, cisternas rurais, sistemas simplificados de abastecimento de água, adutoras de sistemas integrados.

Com base nessas informações pode-se definir a necessidade e prioridades de utilização de dessalinizadores em escala compatível com a presença da população rural difusa. A Figura 33 indicada a seguir apresenta a localização de poços e 44 nos municípios de Riacho das Almas e Cumaru e a população distribuída nesses municípios por setor censitário.

Figura 34 – Distribuição populacional por setores censitários em Riacho das Almas e Cumaru, juntamente com localização de poços e dessalinizadores.



Fonte – Autores.

DESTINAÇÃO DOS EFLUENTES CONCENTRADOS

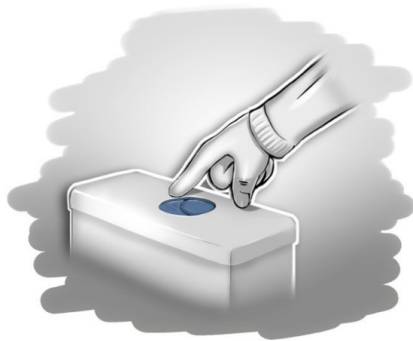
Alexandre Carlos Araújo de Santana - Doutorando em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Pernambuco
Ana Karolina Peres de Melo Silva - Mestranda em Gestão Ambiental, Instituto Federal de Pernambuco

Em geral, nos países onde estão localizadas grandes plantas de dessalinização, o concentrado ou rejeito está sendo transportado para os oceanos, esgotos ou injetados em poços de grande profundidade (PORTO et al., 2001). No Brasil, onde a técnica de dessalinização é aplicada em sua maioria a partir de águas subterrâneas, até meados dos anos 2000 os seus rejeitos eram descartados descriteriosamente, podendo gerar impactos como a erosão e a salinização do solo, refletindo na redução da produção agrícola (PESSOA, 2000).

Atualmente existe uma ampla gama de ações, produtivas ou não, que podem ser realizadas com o concentrado: Piscicultura (Tilápia), carcinicultura, dessedentação animal, cultivo hidropônico e em alguns casos, a irrigação de plantas halófitas, por exemplo a Atriplex, destinada à forragem animal.

Uma das possibilidades que melhor se adequa a realidade atual dos sistemas de dessalinização é o reuso da água para fins domésticos, geralmente agregadas e diluídas às águas que já teriam como destino esse fim, principalmente para uso em descargas e limpeza das residências.

Figura 35 – Métodos de aproveitamento do concentrado



Fonte: <http://www.astra-sa.com.br/destaques/index.php/descarga-ecologica/>

<https://blogs.gazetaonline.com.br/dicasdalucy/2015/03/12/lavar-cozinha-economizando-agua-preparado-da-lucy-para-retirar-gordura/>

Em relação ao concentrado, o PAD sugere em sua metodologia dois destinos principais: o mais utilizado é o envio do concentrado para tanques de evaporação, neste caso sem uso produtivo. A providência essencial é o revestimento dos

reservatórios de rejeito para impedir a penetração da água salgada no solo. Na maior parte desses reservatórios, por conta da evaporação intensa os resíduos secos que restam depositados são de pequena quantidade e podem ter seu uso adequadamente administrado. A outra prática, implantada nas unidades produtivas, é a construção de tanques destinados à piscicultura e posteriormente a água em alguns casos pode ser usada na irrigação de erva-sal (Atriplex).

Figura 36 – Tanques de piscicultura para aproveitamento do concentrado, segundo metodologia do PAD



Fonte: <http://cardumebrasil.blogspot.com/2012/11/ibimirim-realiza-primeira-despesca-em.html>
<http://meioambiente.culturamix.com/projetos/programa-agua-doce>

Figura 37 – Produção de erva-sal (Atriplex)



Fonte: Próprio autor. Acessada em março de 2016.

DESSALINIZAÇÃO DA ÁGUA DO MAR EM FERNANDO DE NORONHA

Guilherme Freire - Companhia Pernambucana de Saneamento – COMPESA

Milton Tavares de Melo Neto - Companhia Pernambucana de Saneamento – COMPESA

Luis Henrique Pereira - Companhia Pernambucana de Saneamento – COMPESA

Lucíola Beltrão - Companhia Pernambucana de Saneamento – COMPESA

Introdução

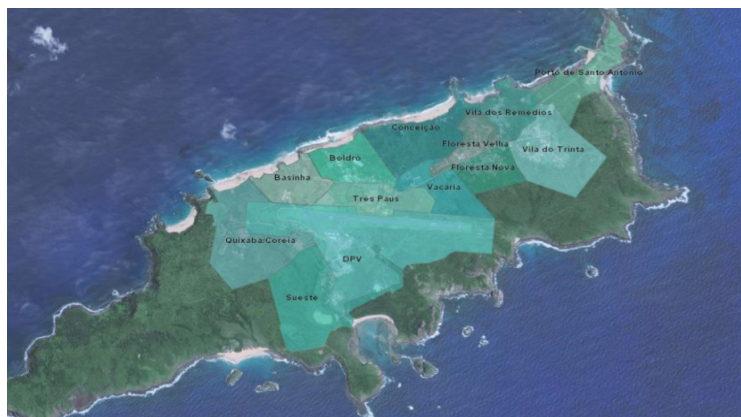
O arquipélago de Fernando de Noronha é um distrito do Estado de Pernambuco e geograficamente situa-se na mesorregião Metropolitana, microrregião de Fernando de Noronha. Ocupa uma área de 18,4 km², a qual representa 0,02% do território do Estado de Pernambuco e vem nos últimos anos sofrendo com a falta de chuvas que afeta a produção de água de superfície e a recarga dos poços, fato este que tem deixado a Companhia Pernambucana de Saneamento – Compesa, preocupada com a matriz de abastecimento existente. O clima da ilha é do tipo tropical com duas estações bem definidas: a seca, que vai de setembro a fevereiro e a chuvosa, com precipitações ocasionais, de março a agosto. A temperatura tem pouca variação durante o ano, mantendo uma média de 28°C, com chuvas médias de 1.300 mm/ano.

O sistema atual é composto pelo açude do Xaréu (Manancial de superfície); pequenos poços no cristalino; placas de captação de água de chuvas e o dessalinizador de água do mar.

Devido à falta de chuvas regulares, que alimentam o Açude e recarregam os poços, o sistema de dessalinização se apresenta como única fonte de abastecimento confiável e independe do clima. Assim, para dar segurança ao abastecimento de água da Ilha que atenda a demanda por água, tendo em vista que as fontes de superfície e subterrâneas, atualmente disponíveis, são limitadas. Nesse contexto o oceano Atlântico se apresenta como a grande alternativa.

As coordenadas geográficas da sede desse distrito são: Latitude sul: 03° 50' 30" e Longitude oeste: 32° 24' 45", Altitude média: 45m acima do nível médio do mar. Sua distância a capital do Estado é de 545 km, com acesso através das vias de navegação marítima e aérea, esta última com voos diários partindo de Recife e Natal. O limite geográfico desse arquipélago é o oceano Atlântico.

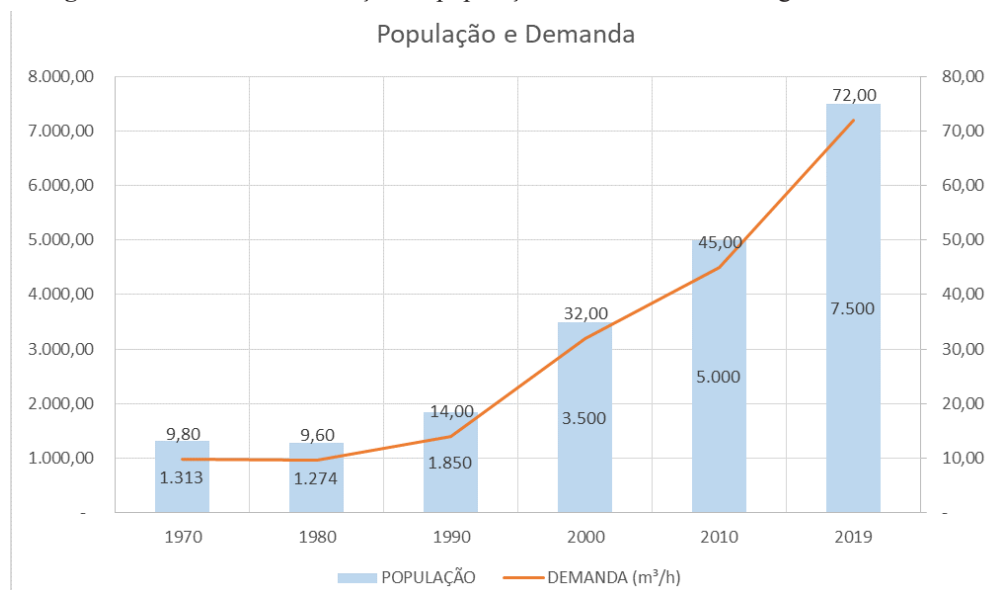
Figura 38 – Imagem da Ilha de Fernando de Noronha



Fonte: Compesa (2019).

A população na ilha de Fernando de Noronha vem crescendo de forma gradativa conforme pode ser visto na Figura 38. A partir de 1990 verifica-se a grande evolução no incremento populacional e, portanto, também na necessidade crescente pela disponibilidade hídrica.

Figura 39 – Gráfico da evolução da população versus demanda de água em Noronha.



Fonte: Compesa (2019).

10.1 Histórico de Fernando de Noronha

A seguir tem-se a linha do tempo com a marcação dos pontos históricos ocorridos em Fernando de Noronha quanto aos sistemas de abastecimento:

1503 - Descoberta;

1503 a 1736 - Invasões diversas;

1737 - Ocupação definitiva pelos Portugueses / Presídio;

1934 - Construção da 1ª Pista de Pouso;

1938 - Presídio Político;

1942 - Instalação do destacamento Misto Brasileiros e Americanos (3.000 homens) – Racionamento;

1948 - Construção do Açude do Xaréu;

1957 a 1965 – Base de Observação de mísseis Americana – 1º Dessalinizador;

1984 – Construção da ETA Boldró – Início do Abastecimento regular;

1988 - Noronha passa a ser administrado pelo estado de Pernambuco;

2003 - Entra em funcionamento a primeira versão do atual Dessalinizador (Compesa);

10.2 Sistemas de mananciais de superfície e águas subterrâneas

O sistema de abastecimento de água de Fernando de Noronha foi organizado a partir da Segunda Guerra Mundial, quando a ilha sediou uma base militar americana. Atualmente, a Companhia Pernambucana de Saneamento – Compesa opera esse sistema, que tem como fontes de abastecimento um manancial de superfície, denominado Açude Xaréu; Placas de concreto para coleta de chuvas, cuja construção data da época da Segunda Guerra Mundial; pequenos poços tubulares e um Sistema de Dessalinização.

A demanda por água na Ilha é bastante variável ao longo do ano e tem seu pico atual em torno de 72 m³/h.

O açude do Xaréu é a única captação de água doce, que por depender da precipitação pluviométrica não é considerada a fonte mais segura. Estudos recomendam a exploração de uma vazão segura de 13 m³/h e a ETA tem capacidade de tratamento de 30 m³/h; O Volume total de acumulação: 411 mil m³, tem-se na Figura 39 a imagem do açude do Xaréu.

Figura 40 – Fontes de Abastecimento - Açude do Xaréu



Fonte: Compesa (2019).

Fernando de Noronha é um pequeno arquipélago de origem vulcânica que ocupa uma área de cerca de 26 Km². Nesse tipo de terreno as rochas são praticamente impermeáveis e a água se acumula em fraturas, formando reservatórios limitados e com baixa capacidade de armazenamento e produção.

Rocha (1995) realizou um dos estudos pioneiros de Hidrogeologia na ilha e reconheceu como fraco a médio o potencial hidrogeológico, com vazão específica de 0,327 m³/h/m. Do ponto de vista qualitativo as águas são, predominantemente, de potabilidade passável a medíocre, com resíduo seco em torno de 1000,07 e pH (médio) de 8,44, com restrições ao consumo e irrigação (Rocha, 1995).

Os bancos de dados existentes apontam que foram construídos em Fernando de Noronha cerca de 49 (quarenta e nove) poços. A situação de funcionamento dos mesmos se encontra apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 – Situação dos poços em Noronha

Situação	Nº de Poços
Operando	24
Obstruídos	10
Desativados	7
Não encontrados	8

Fonte: Compesa (2019).

10.3 Sistema Dessalinizador em Noronha

A estrutura atual de captação de água do mar é composta por uma tubulação de PVC DN 300mm que liga o mar, na Praia do Boldró, a um reservatório circular, semelhante a um poço amazonas. Este reservatório serve de poço de sucção para a estação elevatória de água do mar. A alimentação do poço de sucção é feita por gravidade sendo “vaso comunicante” com o mar. Esta estrutura tem seu nível variando conforme a maré e permite cerca de 12 horas de bombeamento por dia, em média.

Na Figura 40 ilustra-se como ocorre a captação de água do mar atualmente existente em Fernando de Noronha.

Figura 41 – Captação e Estação Elevatória



Fonte: Compesa (2020).

A seguir tem-se os itens componentes do dessalinizador existente na ilha:

- Estrutura de alimentação de água do mar;
- Poço de sucção de água do mar;
- Estação elevatória ($Q = 130 \text{ m}^3/\text{h}$);
- Adutora de água do mar;
- Desarenação;
- Reservação;
- Filtros;
- Sistema de Osmose.

Figura 42 – Ponto de Captação de água salgada



Fonte: Compesa (2019).

Figura 43 – Sistema Boldró (Captação)



Fonte: Compesa (2019).

Figura 44 – Poço de sucção e unidade elevatória



Fonte: Compesa (2019).

REFERÊNCIAS

- BERNAT, X.; GIBERT, O.; GUIU, R.; TOBELLA, J. y CAMPOS, C. The economics of desalination for various uses. En: Martínez-Cortina, L. Garrido, A., López-Gunn, E. (eds): *Re-thinking Water and food security: Botín Foundation Water Workshop*. CRC Press/Balkema. Taylor and Francis, Leiden, pp. 329-346, 2010.
- BURN, S., HOANG, M., ZARZO, D., OLEWNIK, F., CAMPOS, E., BOLTO, B. AND BARRON, O. 2015. Desalination techniques - A review of the opportunities for desalination in agriculture. *Desalination*. 364: 2-16, 2015.
- CIRILO, J.A. 2008. Políticas públicas de recursos hídricos para o semi-árido brasileiro. Universidade de São Paulo, São Paulo. Vol. 63: 61-82
- CIRILO, J.A., Góes, V.C. & Asfora, M.C. 2007. Integração das águas superficiais e subterrâneas. In: Cirilo, J.A., Cabral, J.J.S.P., Ferreira, J.P.L., Oliveira, M.J.P.M., Leitão, T.E., Montenegro, S.M.G.L. & Góes, V.C. (orgs.). *O uso sustentável dos recursos hídricos em regiões semiáridas*. ABRH, Editora Universitária da Universidade Federal de Pernambuco. p. 167-175.
- CLAYTON, R. Desalination for Water Supply FR/R0013. U.K.: Foundation for Water Research, 2006. Review of Current Knowledge.
- FAO. Recursos naturais. O desafio da escassez e mudança climática. Acedido a: 16/06/2014, Disponível em: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:H15NRtDqENcJ:www.fao.org/docrep/012/i0765pt/i0765pt13.pdf+&cd=1&hl=pt-PT&ct=clnk&gl=pt>.
- GLADE, HEIKE. *Thermal Processes for Water Desalination*. s.l.: University of Bremen, 2013.
- INTERNATIONAL DESALINATION ASSOCIATION (IDA), 2018/2018 - <https://www.ida.org/>
- LAFEPE fabrica máquinas para filtragem de água. *Jornal do Comercio, Recife*, ano 97, n. 156, p. A3, 6 jan. 1996. Caderno Cidades.
- MILLER, S.; SHEMER, H.; SEMIAT, R. Energy and environmental issues in desalination. *Desalination*, vol. 366, pp. 2-8, 2015.
- MMA, Ministério do Meio Ambiente. 2004. Programa de ação nacional de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca. PAN Brasil. 213 p.
- NOREDDINE GHAFFOUR, N.; MISSIMER, T. M; AMY, G. L. Technical review and evaluation of the economics of water desalination: Current and future challenges for better water supply sustainability. s.l.: Elsevier, 2013, Vol. 309, pp. 197-207.
- PORTO, E. R.; AMORIM, M. C. C. DE; SILVA JÚNIOR, L. G. A. Uso do rejeito da dessalinização de água salobra para irrigação da erva-sal (*Atriplex nummularia*). *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande*, v.5, n.1, p.111-114, 2001.
- PESSOA, L. C. C. Análise de desempenho e do impacto ambiental dos dessalinizadores por osmose reversa. Fortaleza: UFC, 2000. 94p. Dissertação Mestrado
- PROGRAMA ÁGUA DOCE. Documento Base - Programa Água Doce. Brasília/DF.: MMA, 2012.
- PROGRAMA ÁGUA DOCE, Sistema de Informações do Programa Água Doce. Banco de dados digital. <http://aguadoce.mma.gov.br/>. Acesso em julho de 2017.
- SHAHZAD, M. W.; BURHAN, M.; NG, K. C. A standard primary energy approach for comparing desalination processes. *npj/ Clean Water*. 2:1, 2019. <https://doi.org/10.1038/s41545-018-0028-4>.
- SHATAT, M., RIFFAT, S. B., Water desalination technologies utilizing conventional and renewable energy sources, *International Journal of Low-Carbon Technologies: cts025*, (2012).
- SUDENE. 1980. PLIRHINE: Plano de Aproveitamento Integrado dos Recursos Hídricos do Nordeste.
- THE WORLD BANK. *Renewable Energy Desalination: An Emerging Solution to Close the Water Gap in the Middle East and North Africa*. s.l.: World Bank Publications, 2012. ISBN: 978-0-8213-8838-9.
- TORRE, J. B. *Dessalinização de água salobra e/ou salgada: métodos, custos e aplicações*. Trabalho de diplomação em Engenharia Química. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2015.

REALIZAÇÃO:



APOIO:



Os cadernos estão disponíveis online, através do site:
<http://www.creape.org.br/cadernos-do-semiarido-riquezas-e-oportunidades/>

DESSALINIZAÇÃO DE ÁGUA EM PERNAMBUCO

A experiência de governar um dos 530 Distritos de Rotary International do mundo nos deu a oportunidade de conhecer pessoas brilhantes e que desenvolvem projetos de transformações em seus países, mas especialmente nos fez vivenciar ações e iniciativas locais, nos despertando uma inquietação para atuar nas mudanças das vidas dos nossos conterrâneos menos favorecidos e os problemas associados que comprometem o desenvolvimento da nossa região.

Aqui no nosso Distrito 4500, que compreende os estados do Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco foram muitas lições aprendidas durante as visitas aos mais de 80 clubes e tantas outras iniciativas que nos impulsionam e motivam, como exemplo e destaque, o projeto Cadernos do Semiárido, coordenado por uma de nossas maiores referências intelectuais, o Diretor International Mário de Oliveira Antonino, e que nesta sua décima nona edição explora um assunto de tanta importância como a dessalinização de água para atender uma demanda técnica e social e ensinamentos para viabilizar e desenvolver a economia do semiárido nordestino.

Nos idos de 1979, iniciativas como o Projeto Asa Branca, já promovia no estado de Pernambuco ações de fortalecimento da região semiárida nas áreas dos recursos hídricos, e que foram posteriormente melhoradas com a compra de rotopercussoras, capazes de perfurar poços profundos de até 50 metros. Foram várias as iniciativas nesta área até a implantação da barragem de Sobradinho, época que chegaram as propostas para a comercialização dos sistemas de dessalinização de água com tecnologias já usadas com muito sucesso no mundo.

Nos governos federais subsequentes muitos outros projetos significativos disponibilizaram água para as comunidades rurais em mais de 1200 municípios, beneficiando mais de 5 milhões de pessoas, além da destinação da água para os animais e para a agricultura de subsistência.

Portanto, a existência da água armazenada é uma indução natural ao interesse por água de qualidade propulsando iniciativas de professores da UFPE, do Secretário Sérgio Rezende, de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente-PE, do Secretário adjunto e também Professor José Almir Cirilo, e também do Professor José Antônio Alves, Presidente do LAFEPE, em atividades de dessalinização que chegaram a beneficiar cerca de 250 municípios, acompanhando o progresso da tecnologia da dessalinização por Osmose Reversa, adotada com sucesso em Israel e Arábia Saudita.

E assim esta 19ª edição do Caderno vem compilar informações importantes, tanto da tecnologia quanto sobre a otimização dos custos associados, disponibilizando para a nossa região Nordeste conhecimentos para subsidiar ações nesta área dos Recursos Hídricos que constituem o grande entrave para o desenvolvimento do Semiárido Brasileiro.

A água, essencial e dona da vida, quando potável proporciona melhores condições de higiene, portanto melhorando a saúde e a qualidade de vida das pessoas, além das mais diferentes questões ligadas ao desenvolvimento da agricultura e da indústria local.

Desta forma, nos honra estarmos envolvidos e inseridos nesta iniciativa de transformação que orgulha o nosso Distrito 4500 e o Rotary International.



Avelino de Queiroga Cavalcanti Neto
Governador do Distrito 4500
Gestão 2019-2020

