FACULDADE CAPIXABA DA SERRA
ENGENHARIA CIVIL

FABRÍCIO FELIPE DE SOUZA
RODOLPHO ZANETTI DIAS

ESTUDO DA VIABILIDADE E SUSTENTABILIDADE DA DESSALINIZAÇÃO ENQUANTO TÉCNICA DE TRATAMENTO DE ÁGUA NO SEMI-ÁRIDO

SERRA-ES
2015

FABRÍCIO FELIPE DE SOUZA
RODOLPHO ZANETTI DIAS

ESTUDO DA VIABILIDADE E SUSTENTABILIDADE DA DESSALINIZAÇÃO ENQUANTO TÉCNICA DE TRATAMENTO DE ÁGUA NO SEMI-ÁRIDO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Graduação em Engenharia Civil da Faculdade Capixaba da Serra, como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.
Orientador: Profº M.Sc. Joãozito Cabral Amorim Júnior

SERRA-ES
2015

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca da Faculdade Capixaba da Serra - Multivix. Serra, ES.)

SOUZA, Fabrício Felipe de.

S729e Estudo da viabilidade e sustentabilidade da dessalinização enquanto técnica de tratamento de água no semi-árido / Souza, Rodolpho Zanetti Dias. – Serra: Faculdade Capixaba da Serra, 2015.

35 fls.

Orientador: Joãozito Cabral Amorim Júnior

Trabalho de conclusão de curso (Curso Engenharia Civil) – Faculdade Capixaba da Serra. 2015.

1. Sustentabilidade. 2. Água - Recursos naturais. 3. Dessalinização da água. I. DIAS, Rodolpho Zanetti. III. AMORIM JÚNIOR, Joãozito Cabral. IV. Faculdade Capixaba da Serra. V. Título.

CDD:333.7

FABRÍCIO FELIPE DE SOUZA
RODOLPHO ZANETTI DIAS

ESTUDO DA VIABILIDADE E SUSTENTABILIDADE DA DESSALINIZAÇÃO ENQUANTO TÉCNICA DE TRATAMENTO DE ÁGUA NO SEMI-ÁRIDO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Graduação em Engenharia Civil da Faculdade Capixaba da Serra, como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovada com restrição em _____

COMISSÃO EXAMINADORA

_____

Profº M.Sc. Joãozito Cabral Amorim Junior
Faculdade Capixaba da Serra
Orientador

Agradecimentos

Gostaríamos em primeiro lugar agradecer ao Profº Joãozito Cabral Amorim pelo apoio em todos os momentos no desenvolvimento desse trabalho.

Aos nossos Pais pelo apoio incondicional em todos os momentos, nos ajudando para uma formação técnica como profissional e também gerando caráter preparado para enfrentar as diversidades da vida.

A Deus por nos abençoar poderosamente e nos direcionar forças para a caminhada.

A instituição de ensino Multivix pelo ensino de qualidade e compromisso, sempre acreditando no futuro e valorizando o presente.

Ao nosso Orientador, pelos conselhos e paciência.
A todos os professores que formaram nosso caráter acadêmico.

Por vezes sentimos que aquilo que
fazemos não é senão uma gota de água
no mar. Mas o mar seria menor se lhe
faltasse uma gota.
(MADRE TERESA DE CALCUTÁ)

RESUMO

A disponibilidade de água, tem se tornado cada vez mais um problema para a sociedade. A captação de água em rios e outros efluentes, tem apresentado baixíssimos índices comparados as demandas crescentes. O processo de dessalinização por osmose reversa tem se tornado uma alternativa para o fornecimento de água potável a regiões com menor disponibilidade de um sistema tradicional de captação de água. No Semiárido os impactos econômicos, ambientais e sociais, impulsionam o crescimento dessa técnica de tratamento, ou seja, pessoas poderão ter acesso a água de boa qualidade para consumo, criação de animais, cultivo da agricultura de subsistência, gerando fonte de renda e melhorando a qualidade de vida. O presente trabalho aborda a sustentabilidade do processo de dessalinização, quando apresenta um projeto de destinação do material de rejeito gerado através desse método.

PALAVRAS-CHAVE: Disponibilidade de Àgua. Osmose Reversa. Sustentabilidade. Dessalinização. Semi-áridas. Sustentabilidade.

LISTA DE FIGURA

FIGURA 2.1 – DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA NO PLANETA TERRA..... 14
FIGURA 2.2 - RECURSOS DE ÁGUA DOCE POR CONTINENTES EXISTENTES NO PLANETA TERRA..... 15
FIGURA 2.3 - DISPONIBILIDADE DE ÁGUA DOCE POR M³ NO ANO DE 2007... 16
FIGURA 2.4 - VALORES POPULACIONAIS DE 2009 ESTIMATIVA EM 2050..... 17
FIGURA 2.5 - EVOLUÇÃO E ESTIMATIVA DA DISPONIBILIDADE DE ÁGUA GLOBAL DESDE 1950 ATÉ 2025..... 18
FIGURA 2.6 - DEMOSTRAÇÃO DA REGIÃO DO SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO..... 21
FIGURA 2.7 - VEGETAÇÃO PREDOMINANTE NO SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO, CAATINGA..... 22
FIGURA 2.8 - SECA NA LAGOA DE NAZARÉ, ESTADO DO PIAUÍ: CLIMA SEMI-ÁRIDO..... 23
FIGURA 2.9 - EQUIPAMENTO DE DESSALINIZAÇÃO POR OSMOSE REVERSA..... 27
FIGURA 2.10 - FLUXO DA ÁGUA ATRAVESSANDO A MEMBRANA SEMI-PERMEÁVEL..... 28
FIGURA 2. 11 - REPRESENTAÇÃO DA MEMBRANA UTILIZADA NA OSMOSE REVERSA..... 29
FIGURA 3.1 - PROCESSO COMPLETO DO SISTEMA DE DESSALINIZAÇÃO... 30
FIGURA 3.2 - CRIAÇÃO DE PEIXE TILÁPIAS COM USO DA ÁGUA DE REJEITO NO SEMI-ÁRIDO..... 31
FIGURA 3.3 - PLANTAÇÃO DE ERVA-SAL COM USO DA ÁGUA DE REJEITO NO SEMI-ÁRIDO..... 32

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 111
1.2 PROBLEMA 12
1.3 OBJETIVO 12
1.3.1 OBJETIVO GERAL 12
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 12

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 13
2.1 IMPORTÂNCIA DA ÁGUA NA SAÚDE DOS SERES VIVOS 13
2.2 ESCASSEZ DE ÁGUA NO PLANETA 14
2.3 ESCASSEZ DE ÁGUA NO BRASIL 19
2.4 ESCASSEZ DE ÁGUA NO SEMI-ÁRIDO 19
2.5 SALINIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E SUPERFICIAIS 24
2.5.1 SALINIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E SUPERFICIAIS NO SEMI-ÁRIDO ... 25
2.6 - DESSALINIZAÇÃO 25
2.6.1 – DESSALINIZAÇÃO POR OSMOSE REVERSA 26

3 MATERIAIS E MÉTODOS 30
3.1 PROCESSO DE DESSALINIZAÇÂO 30
3.2 DESTINAÇÂO DA AGUA DE REJEITO 31

4 CONCLUSÃO 33

5 REFERÊNCIAS 34

1 INTRODUÇÃO

A água é, certamente, o único recurso natural diretamente relacionado aos aspectos da civilização humana, desde o desenvolvimento agrícola e industrial aos valores culturais e religiosos enraizados na sociedade. É um recurso natural essencial, seja como componente bioquímico de seres vivos, como meio de vida de várias espécies vegetais e animais, como elemento representativo de valores sociais e culturais e, até, como fator de produção de vários bens de consumo final e intermediário.

A água potável é um recurso cada vez mais escasso no planeta terra. Em 2007, a ONU (Organização das Nações Unidas) declarou que cerca de 1,1 bilhões de pessoa em todo o mundo não tem acesso à água própria para consumo e estima-se que 2 milhões de crianças morrem todo ano pela falta de água ou deficiência do tratamento de saneamento básico. Parece contraditório, pois o planeta terra é formado de dois terços de água e isso já não é mais suficiente no abastecimento de água, uma vez que a população mundial já ultrapassou os 6 bilhões de indivíduos. Na teoria ela não deveria faltar, sendo que toda essa água é encontrada nos pólos em forma de geleiras ou nos oceanos em água salgada, e o agrava é a distribuição irregular da água pelo planeta, onde se tem regiões com alto volume de água e outras com um volume muito reduzido que não supre a população local dessa região. (ARAIA, 2009).

A falta de água é paralelamente um pensamento subjetivo. A falta de água pode ser um produto social ou a consequência de padrões alterados de abastecimento decorrentes de alterações climáticas (UN-WATER, 2006). Assim, em algumas regiões, a disponibilidade de água doce conduz o modo de vida da sociedade, da saúde pública e até a economia, sendo ainda determinante na elaboração de normas sociais (Leusbrock, 2011).

1.2 PROBLEMA

Como existe a ameaça de se extinguir os recursos hídricos potáveis existentes, sendo uma incerteza a sustentabilidade do ser humano e o meio ambiente, no planeta terra. O processo de utilização de dessalinização pode ser utilizado para reverter o quadro crítico da crise hídrica. Neste contexto, é viável e sustentável a técnica da dessalinização no tratamento de água para consumo humano no Semi-Árido?

1.3 OBJETIVO

1.3.1 OBJETIVO GERAL

Estudar a viabilidade técnica e sustentabilidade do processo de dessalinização por osmose reversa no tratamento de água para fins potáveis.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar uma abordagem sobre o processo técnico de dessalinização no semiárido;
- Reconhecer a importância das técnicas utilizadas no manejo da água de rejeito

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 IMPORTÂNCIA DA ÁGUA NA SAÚDE DOS SERES VIVOS

Segundo Bacci e Pataca (2008), a água tem fundamental importância para a manutenção da vida no planeta, e, portanto falar da relevância dos conhecimentos sobre a água, em suas diversas dimensões, é falar da sobrevivência da espécie humana, da conservação e do equilíbrio da biodiversidade e das relações de dependência entre seres vivos e ambientes naturais.

Merten e Minella (2002) afirmam que, a água doce é um recurso natural limitado, cuja qualidade vem piorando devido ao aumento da população e à ausência de políticas públicas voltadas para a sua preservação. Estima-se que aproximadamente doze milhões de pessoas morrem anualmente por problemas relacionados com a qualidade da água. No Brasil, esse problema não é diferente, uma vez que os registros do Sistema Único de Saúde (SUS) mostram que 80% das internações hospitalares do país são devidas a doenças de veiculação hídrica, ou seja, doenças que ocorrem devido à qualidade imprópria da água para consumo humano.

Estima-se que 1.386 milhões de km³ de água existente no planeta terra, 97,5% seja de água salgada e 2,5% de água doce a salobra, e sendo que a água depende do ciclo natural que envolvem fatores climáticos, geológicos e entre outros relacionados ao solo e sendo que aproximadamente 505.000 km³ de evaporação acontece nos oceanos, mostrando que é nos oceanos que ocorre maior intensidade do ciclo, que também tem participação de ciclos hidrográfico terrestres. (PEREIRA, 2008).

Normalmente usamos o termo "qualidade de água", sendo indispensável entender que esse termo não faz referência a, fundamentalmente, a um estado de pureza a olho nu somente, mas que compete às características mais profundas como: químicas, físicas e biológicas, e que, logo que essas características são estipuladas diferentes intenções para o uso da água. (MERTEN; MINELLA, 2002).

2.2 ESCASSEZ DE ÁGUA NO PLANETA

De acordo com a FAO - Organização das Nações Unidas para Alimentação e a Agricultura de (2007), 75% da superfície do nosso planeta é coberta por água. Da totalidade de água existente 97,5% é água salgada, restando apenas 2,5% de água doce. Como apresenta a figura 2.1 de toda a água doce existente, apenas 0,4% é superficial, cerca de 30,1% é água subterrânea e cerca de 68,7% da água existente encontra-se no estado sólido (calotes polares, icebergues, etc).

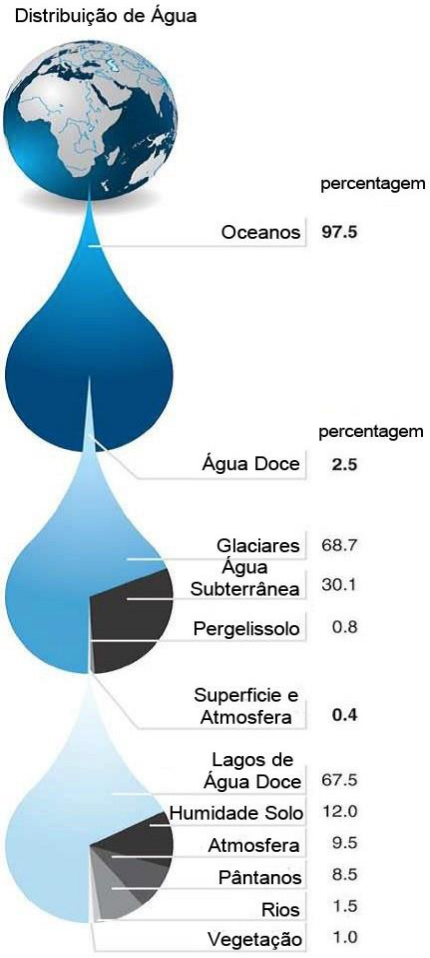

Figura 2.1 – Distribuição de água no planeta Terra.
Fonte: Banco Mundial

A disponibilidade de água doce não é encontrado igualmente ao longo do planeta, e dependem não só dos padrões do clima e precipitação, mas também das próprias estruturas geológicas (Leusbrock, 2011).

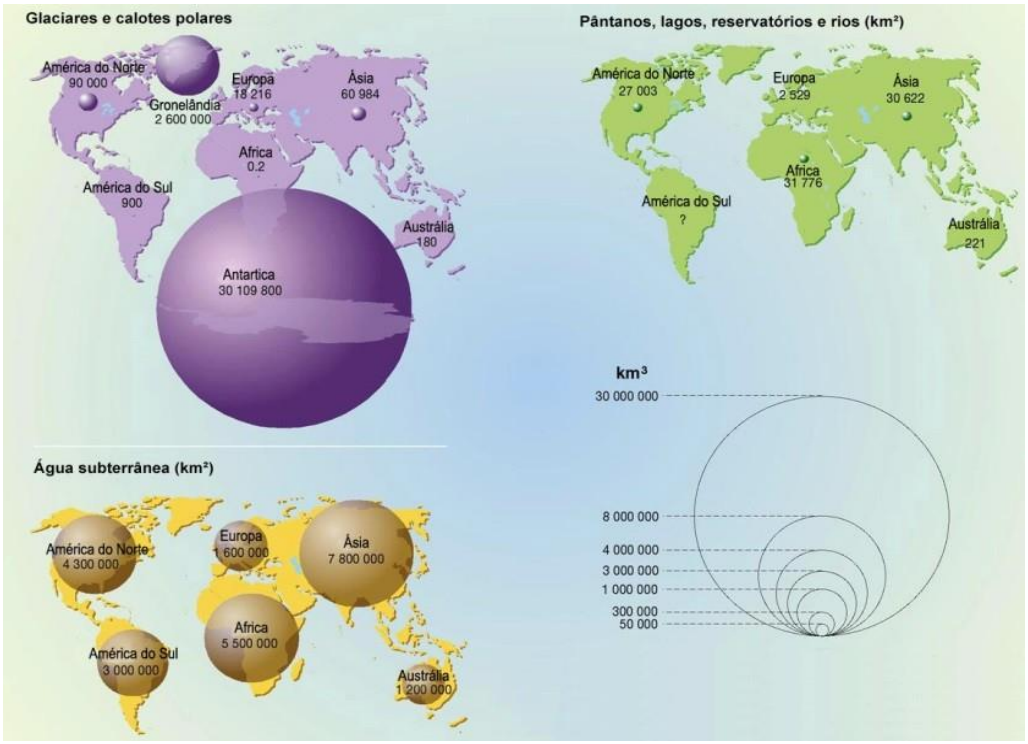

Figura 2.2 – Recursos de água doce, por continente, existentes no planeta Terra.
Fonte: Shiklomanov, 1999.

Observa-se na Figura 2.1 e Figura 2.2 que a distribuição e disponibilidade de água doce tem caraterísticas distintas para cada região, tornando-a recurso escasso em algumas localizações. As calotas de gelo cobrem cerca de 10% da superfície terrestre, e estão concentrados na Groelândia e na Antártida e contêm quase 70% da água doce do mundo. De acordo com o United States Geological Survey (USGS), 96% da água doce congelada do mundo estão no Sul e Pólo Norte (UNEP, United Nations Environment Programme, 2008).

As águas subterrâneas são, de facto, a fonte mais abundante e disponível de água doce e cerca de 1,5 bilhões de pessoas dependem desta para o abastecimento de água potável, WRI, PNUMA, PNUD, Banco Mundial, e Boswinkel, (1998, 2000 como citado por UNEP, 2008).

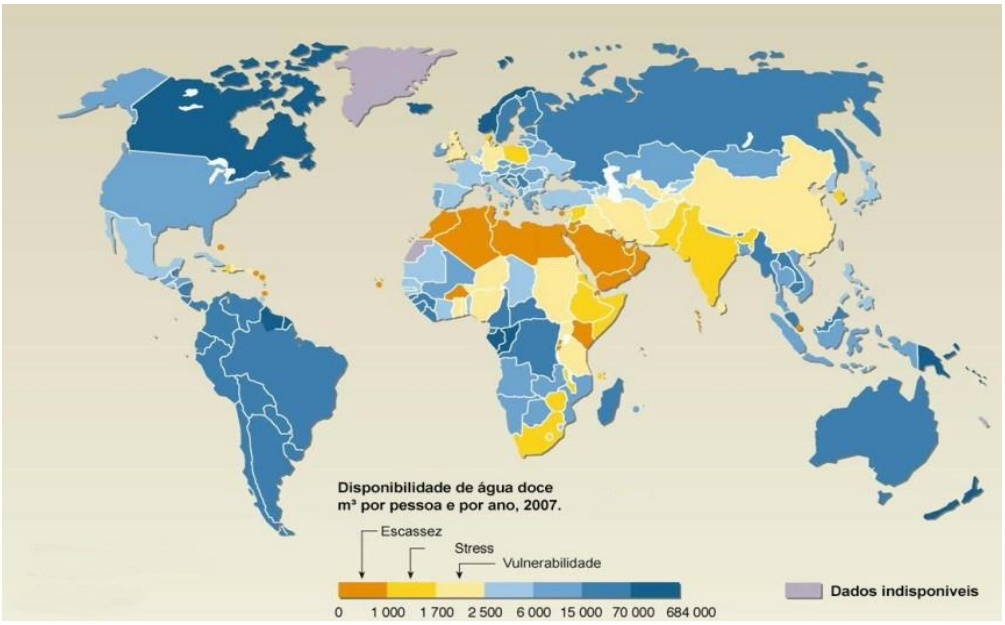

Figura 2.3 – Disponibilidade de água doce por m³ no ano de 2007.
Fonte: FAO, 2007.

Na Figura 2.3 temos uma demonstração da disponibilidade de água doce em todos os continentes, determinando através das cores as regiões onde já existe escassez de água potável. De acordo com os dados do IWMI, International Water Management Institute, uma em cada três pessoas convive com a escassez de água, verificando-se que 25% da população está em áreas que já indicam escassez de água, e mais de um bilhão de pessoas vive em locais onde a água é economicamente inviável, contudo, a falta de infraestrutura compromete a qualidade e fornecimento.

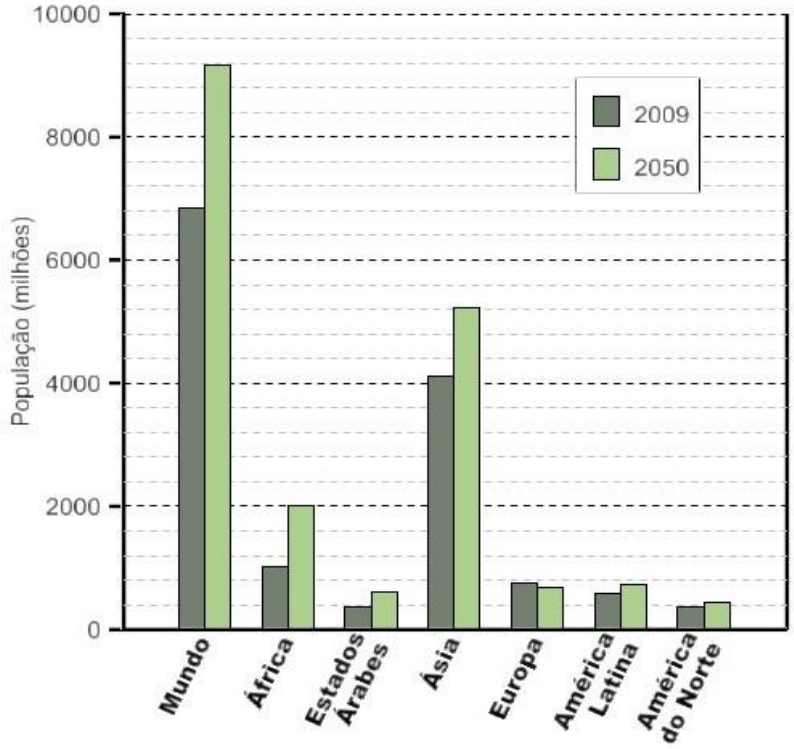

Figura 2.4 – Valores populacionais de 2009 estimativa em 2050.
Fonte: Leusbrock, 2011.

Conforme dados da UN-WATER (2006) a falta de recursos hídricos tem sofrido um agravamento, à medida que as áreas urbanas impõem uma demanda elevada sobre os recursos hídricos. Na Figura 2.4 mostra uma projeção de um aumento populacional, sobretudo em cidades asiáticas, onde a expectativa de crescimento nos próximos 20 anos é de 1 bilião de pessoas. Estima-se ainda que, na totalidade, se registe um aumento de 3 bilhões de pessoas até 2050, 90% das quais, deverão nascer e viver em países em desenvolvimento (Leusbrock, 2011).

O crescimento da população juntamente com a pressão económica sobre a sociedade aumentará a migração para as cidades, contribuindo para um aumento global da urbanização (Vörösmarty *et al.,* 2000). Em 2030, os 81% da população que moram em zonas urbanas serão pessoas que vivem em cidades ou vilas de países em desenvolvimento e 60% do total da população do mundo viverá em cidades localizadas em áreas costeiras. Esse movimento apresentará graves problemas no fornecimento e tratamento de água, devido não só aos recursos já limitados de energia, mas também à concentração local de habitação e indústria (UN-WATER, 2006).

Em regiões com abundância de água, como os trópicos húmidos, o desafio não estará no fornecimento da quantidade adequada de água, mas sim no fornecimento

de água com boa qualidade (Vörösmarty *et al.,* 2000).

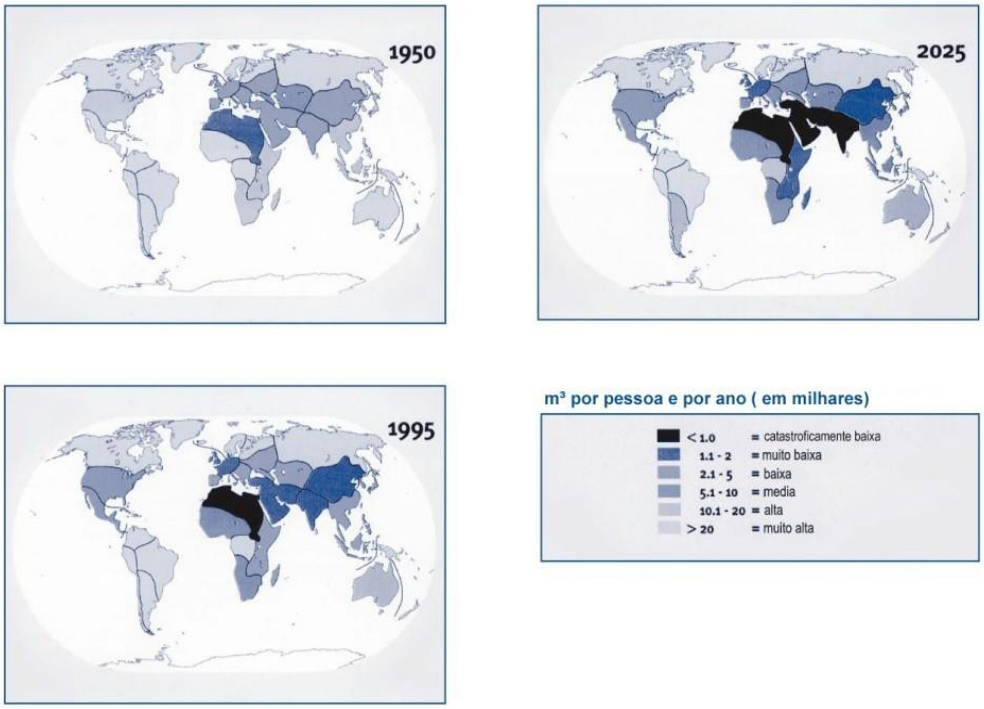

Figura 2.5 – Evolução e Estimativa da Disponibilidade de água global desde 1950 até 2025. Fonte: Banco Mundial, 2007.

A Figura 2.5 apresenta o consumo mundial de água desde 1950 com uma projeção até 2025, embora não se possa afirmar que a escassez de água seja global, pode-se dizer que cada vez mais um número crescente de regiões enfrenta já uma escassez de água crónica (Vörösmarty *et al.,* 2000).

2.3 ESCASSEZ DE ÁGUA NO BRASIL

O Brasil passou a vivenciar, a partir de 2014, os primeiros grandes focos e indicativos do que pode ser a maior crise hídrica de sua história. Com um problema grave de seca e também de gestão dos recursos naturais, o país vem apresentando níveis baixos em seus reservatórios em épocas do ano em que eles costumam estar bem mais cheios. Tendo em vista que o Brasil é considerado o maior reservatório de água potável do mundo, esse título não evitou que esse problema se instalasse causando mudanças na rotina e hábitos dos brasileiros, que vêm desde formas de economia e reaproveitamento, até multas para quem for pego desperdiçando publicamente a água. (PENA, 2014)

No ano de 2015 o Brasil gerou grande preocupação devido à falta de chuvas o que não é normal no período de Janeiro a Março, pois é conhecido como período de maior volume chuvoso, que resultou na baixa de reservatórios hídricos, nas grandes cidades, no qual se instalou o racionamento de água e uma conscientização de economizar o bem mais precioso que é uma fonte finita.

Porém essa realidade de escassez de água já é vivida pelas pessoas que residem no semi-árido Brasileiro ocupando 60% do território nordestino, na qual sobrevivem com o mínimo e com problemas gravíssimos por falta de água, mesmo existindo na região centenas de milhares de pequenos e médios açudes com altas concentrações de matérias orgânicas, salinizadas e poços perfurados que são abandonados, por não oferecer águas próprias para o consumo do ser humano, (CIRILO, 2008).

2.4 ESCASSEZ DE ÁGUA NO SEMI-ÁRIDO

A região nordestina Brasileira é considerada a mais populosa região semi-árida do mundo, com população de aproximadamente 21 milhões de habitantes, conforme dados do Instituto Nacional do Semi-Árido (INSA). As principais causas da seca do Nordeste são naturais, tais como: A proximidade da linha do Equador que tem características marcantes no clima Nordestino, as baixas latitudes condicionam à

região a apresentar temperaturas elevadas (média de 26ºC) e também numero elevado de horas de sol por ano e Influência do relevo com a serra do Borborema que atravessa vários estados, impedindo a passagem das correntes marítimas úmidas que partem do oceano para o interior.

A região está localizada numa área em que as chuvas ocorrem poucas vezes durante o ano, recebe poucas influências de massas de ar úmidas e frias vindas do Sul, com isso, a massa predominante nessas regiões é a de ar quente e seca não gerando precipitações pluviométricas. Devido a essa caraterística de sertão a água disponível nessas regiões é imprópria para consumo devido a índices elevados de sal e também sofrem com a falta de chuva gerando uma desertificação elevada nessas regiões. A inexistência das chuvas tem provocado falta de recursos econômicos e de sobrevivência, não sendo capaz de prover o bem mais importante para os seres humanos que é a água. Muitas vezes as pessoas, precisam andar durante horas, sob o sol e calor forte, para pegar água de péssima qualidade.

A seca não é só um problema climático, mas também um problema social para as pessoas que vivem nessas regiões. Como os recursos hídricos são escassos, a população não consegue desenvolver atividades como agricultura mesmo que de subsistência e criação dos animais, sem esses recursos, predomina a situação de miséria e fome, com isso, os Nordestinos tem consumido água de fontes não potáveis, ou seja de má qualidade, ocasionando males a saúde. As consequências mais evidentes das grandes secas são a fome, a desnutrição, a miséria e a migração para os centros urbanos (êxodo rural).

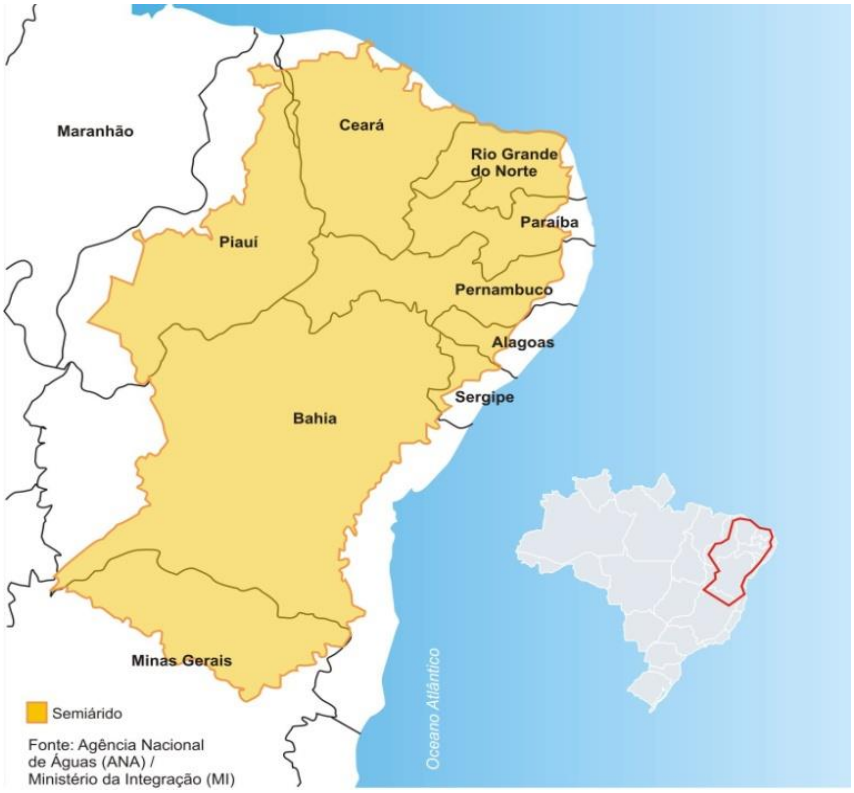

Figura 2.6 – Demonstração da região do Semi-Árido Brasileiro
Fonte: Agência Nacional de Águas ANA / Ministério de integração MI.

Delimitado pelo Governo Federal, em 1951 (Lei n° 1.348), o *Polígono das Secas*, com uma dimensão de 950.000 km2, conforme figura 2.6, equivale a mais da metade do: território da região Nordeste (52,7%), que vai desde o Piauí até parte do norte de Minas Gerais. O clima é semi-árido e a vegetação de caatingas. O solo é raso, na sua maior parte, e a evaporação da água de superfície é grande. Essa é a área mais sujeita aos efeitos das secas periódicas.

Figura 2.7 – Vegetação predominante no Semi-árido Brasileiro, Caatinga.
Fonte: Diário do Nordeste

Conforme Figura 2.7 a vegetação predominante nessas regiões é a caatinga, com o clima predominante é de semi-árido, esse tipo de vegetação é adaptado à escassez de água. Algumas espécies dessa vegetação têm a capacidade de armazenar água no caule e nas raízes, com a finalidade de poupar água para os momentos de seca. A questão da seca não se resume à falta de água. A rigor, não falta água no Nordeste.

Faltam soluções para resolver a sua má distribuição e as dificuldades de seu aproveitamento. De acordo com Correia (A seca: Realidade ou Mito, p.7) é:

> necessário desmitificar a seca como elemento desestabilizador da economia e da vida social nordestina e como fonte de elevadas despesas para a União ...desmitificar a ideia de que a seca, sendo um fenômeno natural, é responsável pela fome e pela miséria que dominam na região, como se esses elementos estivessem presentes só aí.

Figura 2.8 – Seca na Lagoa de Nazaré, estado do Piauí: clima Semi-árido.
Fonte: Portal AZ.

Os problemas que sucedem as secas resultam de falhas no processo de ocupação e de utilização dos solos e da manutenção de uma estrutura social profundamente concentradora e injusta. O primeiro fato se manifesta na introdução de culturas de difícil adaptação às condições climáticas existentes e do uso de técnicas de utilização dos solos não compatíveis com as condições ecológicas da região como apresenta a figura 2.8.

O segundo ocasiona o controle da propriedade da terra e do processo político pelas oligarquias locais. Esses aspectos agravam os resultados das secas e provocam a destruição da natureza, a poluição dos rios e a exploração por parte os grandes proprietários e altos comerciantes, dos recursos destinados ao combate à pobreza da região, no que se denomina de *"indústria da seca".*

2.5 SALINIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E SUPERFICIAIS

Os aquíferos têm como características nessas regiões a forma descontínua de armazenamento, sendo encontrada em fendas/fraturas nas rochas formando pequenos reservatórios naturais. As águas exploradas em fendas cristalinas são, em sua maioria, de qualidade inferior servindo apenas para consumo de animais. As águas que têm contato com esse substrato se mineralizam com facilidade as tornando salinizadas. WALTER (1968) relaciona algumas teorias que explicam, de certa forma, as origens desses sais no solo:

1 – Sal de rochas tendo como formação a sedimentação marinha. O sal passa por um processo de lixiviação oriundo das chuvas e transportado para as depressões. Nos desertos que possuem rochas sedimentares marinhas do Jurássico, Cretáceo ou da Era Terciária (por exemplo, o norte do Saara e o deserto egípcio), os solos salinos são comuns, ao passo que, nas regiões áridas com rochas magmáticas subjacente ou arenito, muito dificilmente se encontra algum solo salino.

2 – Áreas Salinas que possuem no mais recente passo geológico, formaram leitos lacustres ou marinhos. As áreas que cercam o Great Salt Lake, no Utah, em volta dos mares Cáspio e de Aral na Ásia Média, ao torno do lago do Chad no centro norte da África e o Tuz Gölü, na Anatólia Central.

3 – A força da arrebentação ao longo de costas geram finas gotas de vapor que secam e formam um pó salgado que pode ser soprado terra adentro. Esse sal, então, é levado para dentro do solo pela chuva ou simplesmente nele depositado. Um processo similar acontece também nas regiões úmidas, mas em tais regiões o sal está sendo continuamente lixiviado e devolvido ao mar via rios (sal cíclico). Nas regiões áridas sem escoamento, entretanto, o sal concentra-se e, por esse meio, origina uma salinidade igual à encontrada na parte mais externa do deserto da Namíbia e nas partes áridas do oeste da Austrália.

4 - Água salgada vinda à tona nas nascentes, como acontece no norte das Terras Baixas Casparianas. Nesse caso, o sal origina-se em leitos marinhos que secaram em tempos geológicos anteriores e formaram grandes depósitos de sal a considerável profundidade.

2.5.1 SALINIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E SUPERFICIAIS NO SEMI-ÁRIDO

No Semi-Árido podemos considerar a origem dos sais sobre três aspectos: através da dissolução ou intemperização (hidrólise hidratação, solução, oxidação e carbonatação) dos minerais primários existentes nas rochas e no solo (substrato), tornando-os mais solúveis; da concentração dos sais pela ação do clima e através do fenômeno do endorreismo que não facilita a drenagem. Os sais proporcionam redução na velocidade de percolação da água no solo, tal redução pode alcançar magnitude tamanha, que as raízes das plantas não conseguem receber água em quantidade suficiente entre os turnos de rega.

Conforme Resolução Nº 357, de 17 de Março de 2005, no Capítulo I artigo 2º adota as seguintes definições em relação as águas:

I - águas doces: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰;
II - águas salobras: águas com salinidade superior a 0,5 ‰ e inferior a 30 ‰;
III - águas salinas: águas com salinidade igual ou superior a 30 ‰;

2.6 - DESSALINIZAÇÃO

Em terra firme só em 1560 que foi instalada a primeira planta de dessalinização, que foi na costa da Tunísia. Serviu para garantir o abastecimento de aproximadamente 700 soldados espanhóis que estavam sitiados pelos turcos. Em 1676, na Grã Bretanha foi emitida a primeira patente industrial para a retirada do sal das águas. Mas o grande salto de tecnologia aconteceu nos anos 40 durante a segunda guerra Mundial. (CRAVO, J.G. 2008).

No século XVI a dessalinização da água do mar tornou-se de suma importância para fornecer água de abastecimento em embarcações. A dessalinização em terra iniciou-se a partir do século XVIII e começou a exercer um papel importante a partir do final dos anos 40 e começo da década de 50, em particular nos países onde a água de uso próprio para consumo humano é insuficiente, como dar-se nos países do Golfo Árabe, Estados Unidos da América, Ilhas do Caribe e algumas áreas da América do Norte (SOUZA, 2006).

No Brasil o início dessa tecnologia data de 1986 com grande reação ao uso desta tecnologia dada o seu auto custo e sua complexidade.

Existem atualmente, cerca de 7.500 usinas de dessalinização, em operação no Golfo Pérsico, Espanha, Malta, Austrália e Caribe convertendo 4,8 bilhões de metros cúbicos de água salgada em água doce, por ano. O custo, ainda alto, está em torno de US$ 2,00 o metro cúbico. As imensas usinas de dessalinização da água encontram-se no Kuwait, Curaçao, Aruba, Guermesey e Gibraltar, fornecendo-os completamente com água doce retirada do mar. (KHAWAJI; KUTUBKHANAH e WIE, 2007).

2.6.1 – DESSALINIZAÇÃO POR OSMOSE REVERSA

Ocorrem vários processos físico-químicos e biológicos, que possibilitam transformar a água de modo a deixa-la pronta para o consumo. Um dos mais empregados é chamado de Osmose Reversa, que é quando a água se movimenta da condição de maior potencial para a condição de menor potencial, buscando o estado de equilíbrio.

A água se movimentará do módulo de menor potencial osmótico para onde for maior, já que este componente é sempre negativo.

Para que ocorra o processo de dessalinização, utiliza-se a osmose reversa, a qual possui dois aspectos fundamentais: a existência de fonte de energia para vencer o potencial osmótico da água salina, ou seja, para 'inverter a direção' que ocorreria na

osmose, e a qualidade da membrana semi-permeável que irá separar os sais. Para aumentar a eficiência da dessalinização pode-se, além de utilizar membranas mais eficientes, trabalhar com diferentes estruturas de produção; para isto, como explica Juan (2000), pode-se organizar as membranas em paralelo e/ou em série.

A figura 2.9 representa o equipamento de dessalinização por osmose reversa gerando a separação dos sais minerais da água. O processo inicia-se através de uma pressão mecânica superior a osmótica aplicada sobre a solução mais concentrada. No caso da água, a sua pressão osmótica é em torno de 30 atm a 25 ºC. Desse modo, se aplicarmos uma pressão maior do que 30 atm sobre a água da solução mais concentrada provocaremos a osmose reversa.

Figura 2.9 – Equipamento de Dessalinização por Osmose Reversa
Fonte: Blog Didi Galvão, 2013.

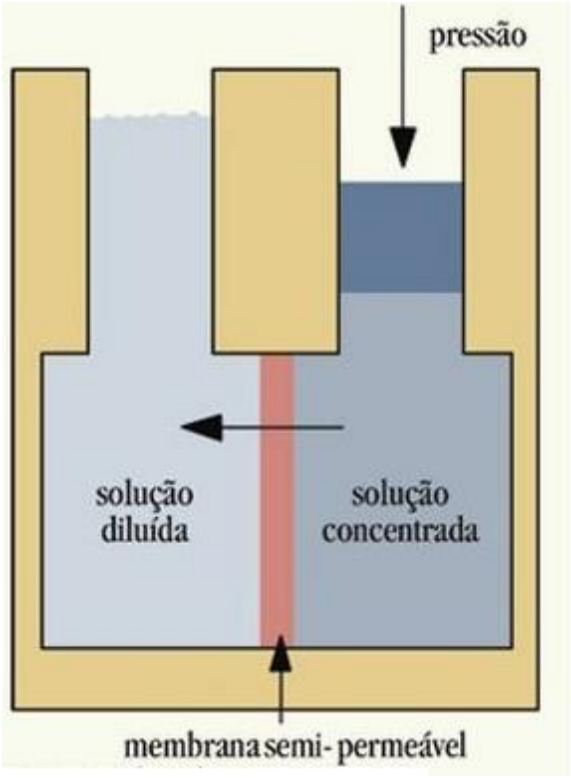

Figura 2.10 – Fluxo da água atravessando a Membrana Semi-Permeável
Fonte: Livro didático público/Biologia/SEED/PR

Devido a pressão, as moléculas de água passam pela membrana semipermeável separando em duas partes distintas: solução concentrada e diluída conforme Figura 2.10.

Uma das peças mais importantes e mais sensíveis do equipamento são as membranas conforme Figura 2.11, a membrana semipermeável é composta de folhas poliméricas com poros minúsculos da ordem de Angstroms (10^{-10} metros), medida compatível com o tamanho da molécula de água e gás carbônico, por isso ele é classificado como um nano filtro, sendo responsável pela retenção dos sais.

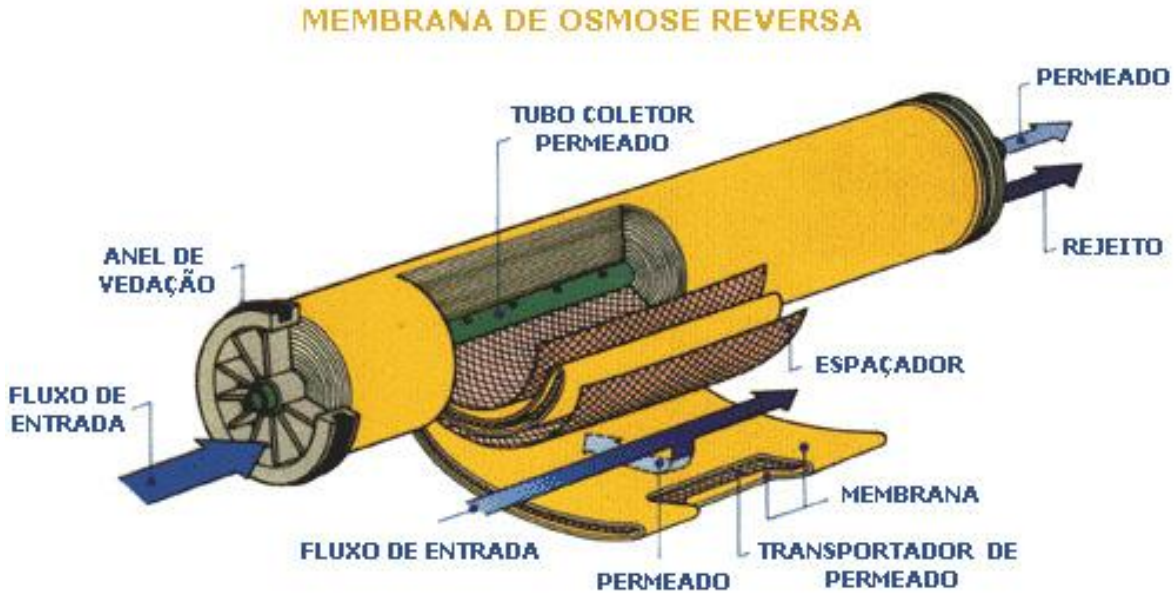

Figura 2.11 – Representação da Membrana utilizada na Osmose Reversa
Fonte: Site Water Works

A quantidade de água tratada está diretamente relacionada com o tamanho do equipamento e a quantidade de sal encontrada na água, ou seja, quanto menor e mais salino for a água menor o resultado final.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 PROCESSO DE DESSALINIZAÇÂO

A metodologia utilizada nesse trabalho teve como base o processo de dessalinização por osmose reversa. Como todo projeto, para instalação desse processo é necessário a elaboração de um estudo de viabilidade e sustentabilidade técnica.

Após esse estudo, a primeira etapa é a perfuração de um poço tubular para bombeamento da água submersa que é estocada em um tanque de alimentação (água bruta). Através de sucção, a água bruta é bombeada e lançada para o dessalinizador, que deve se encontrar dentro de um abrigo de alvenaria. Posteriormente a esse processo o resultado são dois tipos de água: uma potável e outra água de rejeito, que são armazenadas em tanques, assim como apresentado na figura 3.1.

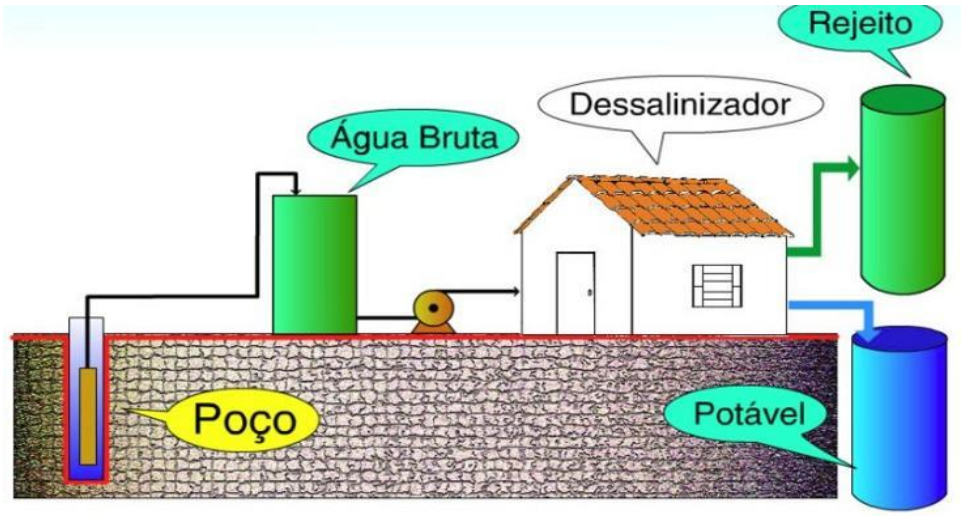

Figura 3.1 – Processo completo do sistema de dessalinização
Fonte: Governo do Estado de Pernambuco, 2012.

3.2 DESTINAÇÂO DA AGUA DE REJEITO

Ao término do processo de dessalinização obtemos água com um índice elevado de salinidade, denominada água de rejeito. Por essas características esse material não deve ser descartado diretamente no ambiente com o perigo de contaminação do solo e lençol freático. Com isso utiliza-se técnicas de reaproveitamento da água de rejeito: Criação de peixes Tilápias conforme figura 3.2 e irrigação da planta erva-sal (Atriplex nummularia) mostrado na figura 3.3.

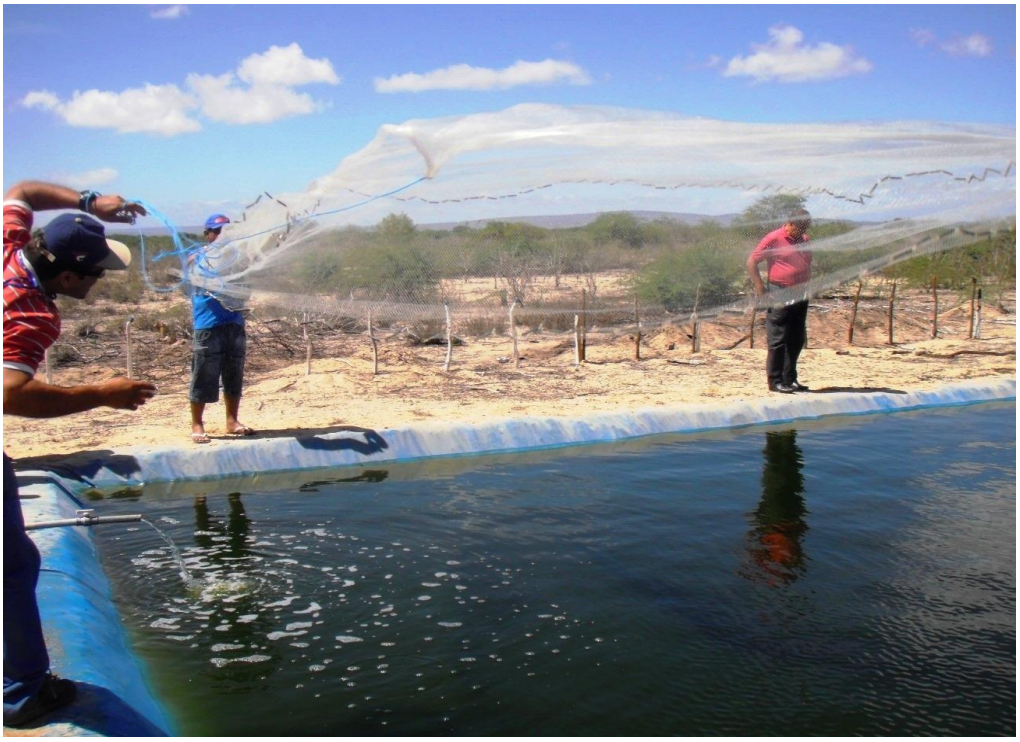

Figura 3.2 – Criação de peixe Tilápias com uso da água de rejeito no semi-árido
Fonte: O Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA)

A água de rejeito é utilizada para irrigação da planta erva-sal (*Atriplex nummularia*), que é capaz de absorver parte da salinidade lançada no solo.

Figura 3.3 – Plantação de Erva-sal com uso da água de rejeito no semi-árido
Fonte: Site Portal Brasil, 2010.

4 CONCLUSÃO

É preciso enfrentar o problema da escassez de água, uma realidade cada vez mais presente no nosso planeta e promover o desenvolvimento de novos recursos e novas formas de abastecimento de água.

A dessalinização é considerada como um meio viável para dar resposta a este problema, com viabilidade técnica para atender as dificuldades da população do semiárido nordestino.

Essa técnica pode ser implantada em localidades que inviabilizam a rede de abastecimento de água convencional, ou seja, através da captação da água de um poço na região podemos desenvolver uma estrutura de distribuição de água para um pequeno vilarejo. Projeto que irá diminuir sofrimentos históricos de famílias que convivem em áreas que não possuem água suficiente e de boa qualidade.

A destinação da água de rejeito era um problema relevante no processo de dessalinização, assim projetos foram estudados e desenvolvidos para o seu reaproveitamento em criações de piscicultura, cultivos hidropônicos, criação de microalgas, criação de tilápias e o cultivo da erva-sal, logo, o que estava sendo um problema, gera fonte de renda para as comunidades que viviam em escassez hídrica.

O método de dessalinização foi capaz de melhorar até o convívio entre as famílias e gerando união entre a comunidade. É importante um trabalho contínuo, com o objetivo de diminuir o custo global por m^3/d de água produzida, além da quantificação da pegada ecológica da dessalinização de água.

REFERÊNCIAS

Ambiente Brasil. Dessalinização da Água do Mar. Disponível em: <http://ambientes.ambientebrasil.com.br/agua/artigos_agua_salgada/dessalinizacao_da_agua_do_mar.html>, acesso em: 19 Abr. 2015.

AMORIM, Miriam Cleide Cavalcante de ; PORTO, Everaldo Rocha ; JÚNIOR, Luis G. de A. Silva. **Uso do rejeito da dessalinização de água salobra para irrigação da erva-sal *(Atriplex nummularia).*** Rev. bras. eng. agríc. ambient. vol.5 no.1 Campina Grande Jan./Apr. 2001

ARAIA, Fernando**. Água doce: O ouro do século 21**. Revista Planeta Terra. Edição 438 - Março/2009. Disponível em: <http://revistaplaneta.terra.com.br/secao/meio-ambiente/agua-doce-o-ouro-do-seculo-21>, acessado em: 08 jul. 2015.

BACCI, Denise de La Corte; PATACA, Ermelinda Murtinho. **Educação para a água**. Estudos Avançados, 2008.

CAVALCANTI, Clóvis. **A seca do Nordeste brasileiro: uma visão de estudos e pesquisas elaborados em um século de produção de conhecimento**. Revista Econômica do Nordeste, Fortaleza, v.19, n.,1, p. 97-126,jan./mar. 1988.

CERQUEIRA, Paulo Cezar Lisboa. **A seca no contexto social do Nordeste**. Caderno do CEAS, Salvador, n. 115, p. 13-33, maio/jun. 1988.

CIRILO. José Almir. **O uso sustentável dos recursos hídricos em regiões semi-áridas.** Recife: ABRH – Editora Universitária UFPE, 2007. p.61-79.

FAO (Roma, Itália). **Estudios de case de espécies vegetales para zonas áridas y semiáridas de Chile y México**. Santiago: Oficina regional de la FAO para América Latina y el Caribe, 1996. 143p.

FERREIRA, Aurélio B. de Holanda. **Novo dicionário AURÉLIO da língua portuguesa**. 3 ed. Curitiba, PR: Positivo, 2004.

FRANÇA, Kepler. **A contribuição do projeto água: fonte de alimento e renda quanto à resiliência familiar na comunidade de Uruçu-PB.** Qualit@s Revista Eletrônica ISSN 1677 4280 Vol.12. No 2 (2011)

KHAWAJI, A. D.; KUTUBKHANAH, Ibrahim K.; WIE, J. M. **Advances in seawater desalination Technologies, Desalination.** 221, p. 47–69, Sinaiyah, Arábia Saudita, janeiro, 2007.

MERTEN, Gustavo H.;* MINELLA, Jean P.**. **Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura.** Agroecol. e Desenvol. Rur. Sustent. Porto Alegre, v.3, n.4, p.34 out/dez 2002.

Obras contra as secas: **Objetivos, programas, ação da inspetoria, resultados**. Boletim da Inspetoria Federal de Obras Contra as Secas, Rio de Janeiro, v.10, n.2, p.157-197, 1938.

PEREIRA, Joaquim Antonio. **Geografia política da água.** 1° ed. São Paulo. Annblume, 2008.

PENA, Rodolfo Alves**. ESCASSEZ DE ÁGUA NO BRASIL**. Disponível em: < http://www.brasilescola.com/geografia/escassez-agua-no-brasil.htm>, acesso em: 01 jul. 2015.

PORTO, Everaldo Rocha; AMORIM, Miriam Cleide Cavalcante de. **II-025 – Alternativas de reuso dos efluentes da dessalinização por osmose inversa: evaporação solar e meio líquido para cultivo de tilápia koina (oreochromis sp.**). Trabalho Apresentado no 21° Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental; de 16 a 21 de Set/2001 – Campina Grande-PB.

SATORI, Elen Romão; BATISTA, Érica Ferreira. **Construção e Aplicação de um Destilador como Alternativa Simples e Criativa para a Compreensão dos Fenômenos Ocorridos no Processo de Destilação.** Construção e Aplicação de um Destilador. 56 Vol. 31 N° 1, FEVEREIRO 2009.

SOUZA, Luiz Faustino. **Dessalinização como Fonte Alternativa de Água Potável.** Norte Científico, v.1, n.1, 2006.