

Avaliação da sustentabilidade do processo de dessalinização de água no semiárido potiguar: Estudo da comunidade Caatinga Grande

Evaluation of the sustainability of the water desalination process in the semiarid potiguar: Study of the Caatinga Grande Community

Lidiane Gomes Pinheiro¹
Douglisnilson Moraes Ferreira²
Fernanda Lourenço da Silva³
Josimar Araújo Medeiros⁴
Luciana Castro Medeiros⁵
Paula Dorti Peixe⁶
Sueli Aparecida Moreira⁷

Resumo

Embora a água subterrânea seja uma alternativa para o abastecimento humano, muitas vezes apresenta-se imprópria para o consumo devido aos altos índices de sais dissolvidos. Assim, o tratamento de água por osmose reversa surge como alternativa para a obtenção de água potável. O objetivo deste estudo foi avaliar a sustentabilidade ambiental, econômica e social do processo de dessalinização de água subterrânea na comunidade Caatinga Grande em São José do Seridó/RN. Foram realizadas visitas técnicas à comunidade a fim de levantar dados sobre o sistema, verificar a percepção ambiental dos moradores e realizar coletas das fontes principais de água disponíveis no sistema de tratamento hídrico da comunidade. Por meio dos dados coletados constatou-se que o sistema é socialmente sustentável, uma vez que favoreceu a convivência da população com a realidade local. A sustentabilidade econômica e ambiental, apesar dos custos elevados com a manutenção e produção de rejeitos, depende de

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil
lidiane.gpinheiro@yahoo.com.br

² Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil
douglisnilson.morais@ifrn.edu.br

³ Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil
nandinha_lourenco@hotmail.com

⁴ Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil
josimarsaoriosedoserido@gmail.com

⁵ Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil
luciana_castrom@yahoo.com.br

⁶ Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil
paula.dorti@hotmail.com

⁷ Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil
suelimoreira@yahoo.com.br

Recebido em: 05/01/2017; Aceito em: 04/05/2018

intervenções políticas e pesquisas avançadas para beneficiar a comunidade, a fim de tornar o sistema autossustentável. Conclui-se que, para o desenvolvimento de comunidades rurais, o sistema de dessalinização de águas subterrâneas é uma metodologia viável quando se emprega técnicas pós-tratamento e recursos financeiros de maneira sustentável.

Palavras-chave: Sustentabilidade, semiárido, dessalinização, comunidade.

Abstract

Although groundwater is an alternative to human supply, it often presents itself unfit for consumption due to the high indices of dissolved salts. Thus, water treatment by reverse osmosis appears as an alternative to obtaining drinking water. The objective of this study was to evaluate the environmental, economic and social sustainability of the process of desalination of groundwater in the Caatinga Grande community in São José do Seridó/RN. A community study was carried out with technical visits to seize data on the system, to verify the environmental perception of the residents and to carry out collections of the main sources of water available in the community water treatment system. By means of the results it was found that the system is socially sustainable, since it favored the coexistence of the population with the local reality.. The economic and environmental sustainability, despite the high costs of maintaining and producing tailings, demands interventions of the order of public policies and advanced research to benefit the community in order to make the system self-sustaining.. It is concluded that, for the development of rural communities, the groundwater desalination system is a viable strategy when employing post-treatment techniques and financial resources in a sustainable manner.

Keywords: Sustainability, semiarid, desalination, community.

Introdução

A oferta de água no semiárido é um dos maiores desafios para os governos e para a sociedade, no que tange à escassez para a produção de alimentos e para o abastecimento. O crescimento populacional nessas áreas tem exigido enormes volumes de água, inclusive nos anos de seca. No embasamento cristalino, o problema agrava-se ainda mais, visto que o solo da depressão sertaneja é raso, pedregoso e com pouca drenagem, afetando a quantidade e a qualidade da água subterrânea.

Diante deste quadro, a exploração das águas subterrâneas tem se tornado uma alternativa para o abastecimento humano e animal. Em contrapartida, as águas comumente encontradas possuem altos índices de sais dissolvidos, ultrapassando os limites máximos permitidos deste

parâmetro na água para o consumo humano, de acordo com a Portaria MS Nº 2.914 de 2011 (BRASIL, 2011). Por conseguinte, a dessalinização por osmose reversa representa uma opção para que essa água possa ser consumida com segurança pela população, uma vez que o processo de tratamento de água pelo sistema de dessalinização não permite a passagem de bactérias e reduz os teores de sais.

A dessalinização de água por osmose reversa é um processo de hiperfiltração que retira parte dos sais de água salobra, proveniente de poços ou do mar. Essa filtração é do tipo cruzada, a qual movida por uma força motriz de pressão permite a passagem da água da região concentrada para menos concentrada acompanhada por pequena quantidade de sais, originando uma corrente de água purificada compatível com os padrões de potabilidade (SOARES et al., 2005; MONTEIRO, 2009). Deste modo a água produzida em comunidades que possuem este sistema apresenta reduzidos o teor de sais e os contaminantes microbiológicos prejudiciais à saúde humana (MONTEIRO, 2009).

No entanto, independentemente da eficiência da membrana e da estrutura instalada dos dessalinizadores, o sistema produzirá a água potável, mas também irá gerar um rejeito altamente salino e de poder poluente elevado que precisa de um manejo adequado sobre pena do efeito na salinização do solo ameaçar o bem-estar da população (SOARES et al., 2005).

Neste contexto, a busca pelo desenvolvimento sustentável não deve ser entendida apenas pela dimensão física, pois os aspectos ambientais precisam se fundamentar, sobretudo, aos aspectos sociais, já que ambos poderão alterar ou proteger os modos de vida da população (OJIMA, 2013). Buarque (2002 p.15) acrescenta que os discursos sobre modelos para enfrentamento dos desafios atuais têm levado à “formulação de novas concepções de desenvolvimento – endógeno, humano, local – entre as quais a proposta de desenvolvimento sustentável”. O autor cita a relevância do

planejamento dessas ações no escopo local pela proximidade do cidadão, com seus problemas e a efetivação de mecanismos de participação.

O desenvolvimento sustentável envolve as dimensões do plano social, ambiental e econômica (SACHS, 2008; SEN, 2010). Requer a adoção de padrões mais justos e com maior respeito pela natureza aonde a política tem um papel importante (SACHS, 2008). Para Amarty Sen (2010) o desenvolvimento compreende um processo de expansão das liberdades reais que as pessoas gozam. As liberdades são fins e meios do desenvolvimento no qual se assegura a remoção das principais fontes de privação de liberdade: pobreza, disparidades sociais e autoritarismo. Sachs (2008) considera a cultura, as políticas nacionais e internacionais e as dimensões ecológicas e territoriais como critérios para a sustentabilidade.

Para estimar a sustentabilidade no tratamento da destinação do rejeito da dessalinização, implica considerar características locais e regionais, como geologia, clima, terra, disponibilidade hídrica, distância, assim como o volume de concentrado, os custos envolvidos, a opinião pública e a permissibilidade. Pesquisas avaliam o uso de rejeito em sistemas construídos para habitat de peixes e plantas (AMORIM et al., 2001). Dubon e Pinheiro (2001) observaram resultados promissores ao investigar o crescimento da tilápia (*Oreochromis*) em águas de elevada salinidade.

Na comunidade Caatinga Grande localizada no município de São José do Seridó/RN, a água para consumo humano era fornecida por um dessalinizador de osmose reversa. No entanto, os rejeitos oriundos da atividade geraram poluição do solo, ocasionando em problemas com a população, órgãos ambientais e, sobretudo preocupação dos beneficiários que temiam a paralisação do projeto (MEDEIROS, 2008).

Diante desta problemática, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) desenvolveu um projeto junto à comunidade, no qual o rejeito do dessalinizador era enviado para tanques de criação de tilápia e, após ser enriquecido com matéria orgânica do pescado, o efluente seria aproveitado para a irrigação da erva sal (*Atriplex nummularia*), e finalmente o uso da forragem na produção de feno para a engorda de ovinos e/ou caprinos. O referido projeto é considerado na região um avanço socioeconômico e socioambiental, além de compreendido como uma proposta

que contribui para o desenvolvimento em bases sustentáveis pelo foco na permanência e continuidade dos avanços na melhoria da qualidade de vida da população (BUARQUE, 2002).

Para os propósitos deste estudo, o foco é a avaliação de um sistema de dessalinização de água subterrânea gerido pela comunidade usuária, superando-se o determinismo, com ênfase no protagonismo de pessoas que habitam as terras, atores histórico-sociais de um cenário recorrente de análises das possibilidades de desenvolvimento humano endógeno (SANTOS, 1991; DIEGUES, 2000; BUARQUE, 2002; MORIN, 2003). Esses autores têm mencionado nas suas abordagens o processo de ebulição de movimentos locais pelo mundo, dando visibilidade ao viés emancipatório desses movimentos e como uma contraposição ao caráter uniforme imposto pelo globalismo.

O sistema de dessalinização de água subterrânea na comunidade Caatinga Grande é um projeto socialmente conceituado, ao permitir o acesso à água potável por parte da comunidade que convive com a escassez de água do semiárido, mesmo sem chuvas. Então, elaborou-se o presente estudo com o objetivo de avaliar a sustentabilidade no âmbito ambiental e socioeconômico do processo de dessalinização de água subterrânea na comunidade Caatinga Grande, através do repertório da contaminação ambiental pela deposição do rejeito salino nos corpos receptores, da qualidade da água dessalinizada por osmose reversa e da percepção dos moradores da comunidade com relação à relevância do sistema.

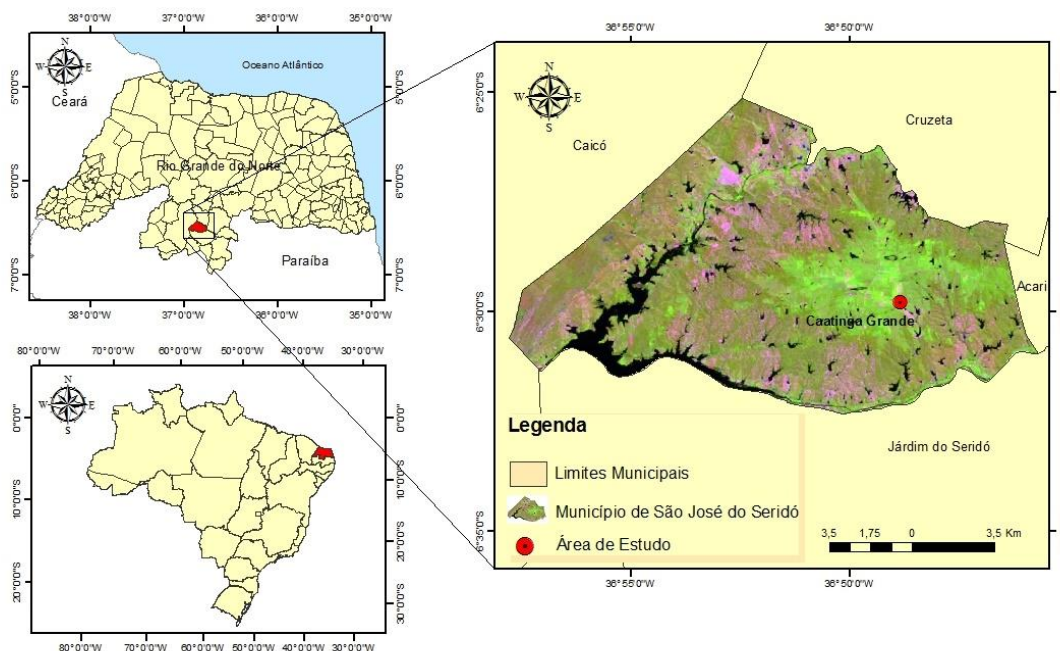
Metodologia

Caracterização da área de estudo

A área de estudo compreende a comunidade rural Caatinga Grande localizada a 12 quilômetros a sudeste da sede do município de São José do Seridó (Figura 1), situado na unidade geoambiental da Depressão Sertaneja.

Conforme descreve Ab’Sáber (1990, p. 159), essa área apresenta “altos pelados” com a presença de alta escarificação laminar de solos, manchas de chão sub-rochoso por grande extensão, presença de cactos esparsos concentrados em touceiras. Segundo o Ministério do Meio Ambiente, o município faz parte do Núcleo de Desertificação do Seridó, assim classificado pelo elevado nível de perturbação do meio biótico e abiótico (BRASIL, 2004).

Figura 1: Localização geográfica da comunidade Caatinga Grande e do Município de São José do Seridó/RN.



Fonte: IBGE e Earthexplorer, 2016 (adaptado).

O regime térmico é marcado por temperaturas médias anuais de 27,5 °C, apresentando uma insolação de aproximadamente 2.900 horas/ano, sujeito à influência dos ventos alísios secos do Nordeste. O clima é seco, com altas taxas de evapotranspiração que contribuem para a formação de rios temporários e pouca retenção de água no solo. A estação chuvosa é de curta

duração, da ordem de três a quatro meses (janeiro a maio), enquanto a estação seca se estende pelo resto do ano (RIO GRANDE DO NORTE, 2008).

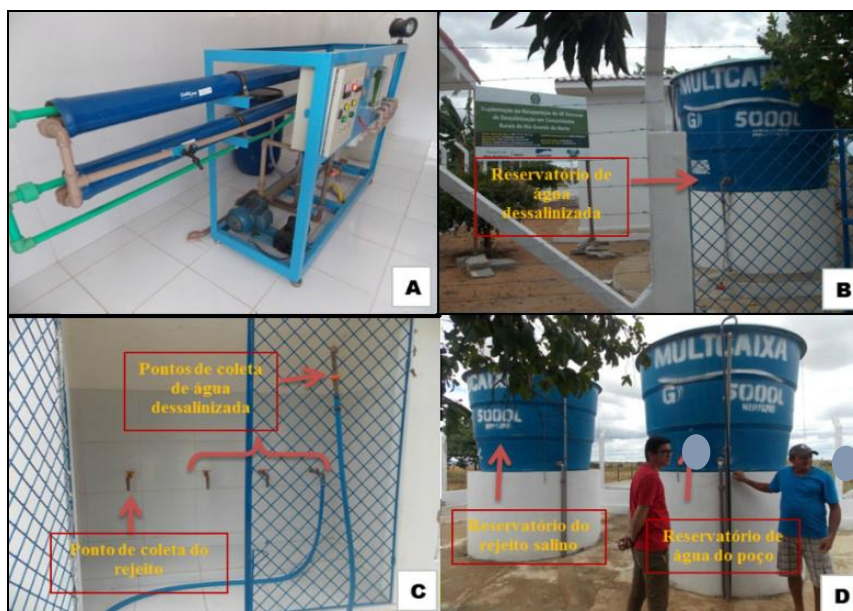
A vegetação predominante no município é a caatinga seca arbustiva cujo aspecto mais característico é a predominância de arbustos com árvores isoladas, senescência das folhas na estação seca, revelando os troncos brancos das árvores na paisagem (LEAL et al., 2003).

A população de São José do Seridó é de 4.231 habitantes sendo que a comunidade Caatinga Grande representa 10% desse contingente (IBGE, 2010). O perfil socioeconômico da comunidade compreende a agricultura de sequeiro e a pecuária, tendo também representatividade os empregos gerados pelos setores da indústria têxtil e de serviços (MEDEIROS, 2008). Outra importante fonte de entrada de recursos na comunidade diz respeito a trabalhadores rurais aposentados. Com relação à infraestrutura hídrica, a água para consumo humano é proveniente do sistema de dessalinização e para os demais usos a água é proveniente de um sistema de adutora e captada num açude da comunidade.

Sistema Dessalinizador

O sistema (Figura 2) foi implantado na comunidade no ano de 1998 através do Programa Água Boa, o qual foi retomado em 2003 com o nome Programa Água Doce (PDA). É de responsabilidade da Secretaria Estadual de Meio Ambiente e de Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte (SEMARH) a gestão do sistema de dessalinização, formação de recursos humanos, elaboração de diagnósticos técnicos e ambientais, manutenção e operacionalização dos sistemas, além de dar o apoio ao gerenciamento e manutenção dos sistemas (RIO GRANDE DO NORTE, 2015). Em 2006 a Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias – Semiárido (EMBRAPA - Semiárido) iniciou as pesquisas para otimização dos sistemas de produção com o aprofundamento dos conhecimentos em plantas halófitas, nutrição animal e piscicultura.

Figura 2: Imagens de equipamentos referentes às etapas do processo de dessalinização na Comunidade Caatinga Grande. A) Dessalinizador por osmose reversa; B) Reservatório de armazenamento de água dessalinizada; C) Pontos de captação de água dessalinizada; D) Reservatório de água do rejeito salino e água do poço antes da dessalinização.



Fonte: Autores (2015).

Desenho do estudo

O presente estudo é de natureza qualitativa, cuja abordagem se deu através do estudo da comunidade, que permite compreender as relações entre avanços tecnológicos em pequenas comunidades tradicionais. Os estudos da comunidade procuram descrever e compreender os modos de vida arraigados tradicionalmente e a demanda pela tecnologia da modernidade (MEKSENAS, 2002, p.114).

O Programa Água Doce responsável pela implantação, recuperação e gestão de sistemas de dessalinização no semiárido brasileiro tem como compromisso a garantia do uso sustentável dos recursos hídricos. Atualmente, o sistema de dessalinização encontra-se em atividade na comunidade rural Caatinga Grande que se localiza na região semiárida do Rio Grande do Norte. Então, optou-se por realizar um estudo da comunidade

com o objetivo de avaliar se o sistema dessalinizador pode ser considerado sustentável através de depoimentos da comunidade e de informações do sistema no que diz respeito ao seu funcionamento, manutenção, distribuição e uso da água pela população beneficiada.

Levantamento de dados e aplicação de formulário

Foram realizadas duas visitas técnicas à comunidade, nos meses de junho e novembro de 2015, para levantar dados sobre o sistema de dessalinização, bem como verificar a percepção ambiental dos moradores no tocante a implantação do sistema dessalinizador.

Realizou-se entrevista com perguntas pré-estabelecidas com dois membros da Associação de Usuários de Água. A fim de coletar informações viáveis sobre a operação do sistema e destinação do rejeito, como custos e manutenção, foram entrevistados a operadora do sistema de dessalinização e o piscicultor responsável pelo sistema de reuso do rejeito salino.

Em relação à percepção ambiental, foram aplicadas entrevistas com dezoito moradores, sendo onze homens e sete mulheres residentes nas áreas próximas ao sistema dessalinizador. Para isso, a fim de investigar a distribuição e eficiência do sistema, foram escolhidas as residências mais próximas do dessalinizador que havia a presença de moradores da comunidade no momento da aplicação, tendo sido entrevistados os chefes de família de cada residência para maior representatividade da comunidade.

Análises físico-químicas e microbiológicas da água

Foram realizadas duas coletas das principais fontes de água disponíveis na comunidade relacionadas com o sistema de tratamento de água (poço, rejeito, água dessalinizada), para realização de análises físico-químicas e microbiológicas, visando avaliar a qualidade da água disponível aos moradores, com intervalo de cinco meses entre as coletas.

Os procedimentos de coleta, preservação e armazenamento das amostras foram realizados de acordo com as recomendações da American Public Health Association (APHA, 2012). As coletas para determinação dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos foram realizadas utilizando garrafas de polietileno, com capacidade de 1,5 litros (físico-química) e frasco de vidro tipo pirex, com capacidade de 250 mL (microbiológicas), previamente esterilizados em laboratório. As amostras foram acondicionadas em caixas térmicas e encaminhadas para o Núcleo de Análises de Águas, Alimentos e Efluentes (NAAE) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), local de realização das análises.

Os parâmetros analisados foram de natureza física (pH, condutividade elétrica e salinidade), química (Nitrato, Nitrito, Amônia, Sódio, Potássio, Cloretos) e microbiológicas (Coliformes Totais e Termotolerantes / *E. Coli*). Para as determinações físicas utilizou-se medidor multiparamétrico de pH, condutividade, salinidade e sólidos totais dissolvidos. As análises de amônia, nitrato e nitrito foram realizadas por metodologias espectrofotométricas normatizadas pela APHA (2012). Já as determinações de sódio e potássio foram feitas mediante o uso de fotômetro de chama. As análises de alcalinidade total e cloretos foram realizadas mediante metodologias volumétricas com uso de indicadores e Método de Mohr, respectivamente. Para as análises microbiológicas, utilizaram-se métodos fluorogênicos de determinação qualitativa de coliformes totais e *Escherichia coli*.

Resultados e discussão

Manejo e uso da água dessalinizada

De acordo com a análise das respostas de percepção ambiental, existem três fontes principais de abastecimento de água, sendo elas

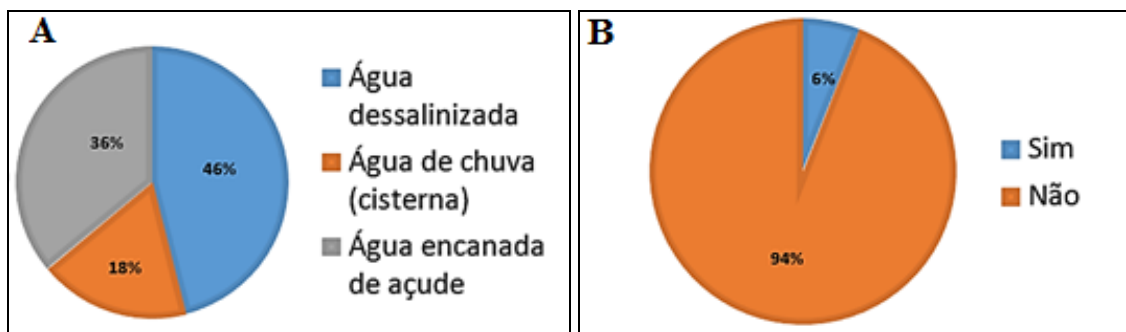
provenientes do dessalinizador (poço tubular), da água do açude (encanada da adutora) e da água da chuva coletada por meio de cisternas.

No entanto, observou-se que a maior parte dos moradores citou a água proveniente do dessalinizador como a fonte doméstica mais utilizada (Figura 3-A). Isto se deve à segurança do sistema de dessalinização em garantir a continuidade no fornecimento de água à comunidade mesmo nos anos sucessivos de seca, quando as cisternas não são reabastecidas devido à seca total, o mesmo ocorre com o fornecimento de água encanada que sofre interrupção devido à redução do volume do Açude Cajazeiras, durante longo período de seca, conforme destacou a população.

Além disso, observou-se *in loco* que há na comunidade um reservatório abastecido através de caminhão-pipa, sobretudo quando o sistema adutor apresenta problemas em decorrência das secas. Para compreender os mecanismos de enfrentamento da seca, Tuan (1980, p. 67) ressalta que “o nativo tem uma complexa e derivada percepção do meio por estar inserido nele, baseado em mitos e valores locais”.

Quando avaliou-se o conhecimento da comunidade sobre os impactos ambientais provocados pelo dessalinizador, notou-se que, na opinião da maioria, o sistema não representa uma fonte poluidora, uma vez que os rejeitos são destinados para irrigação de plantas, criação de peixes e dessedentação animal (Figura 3-B). Desta forma, a população local desconhece possíveis impactos negativos decorrentes do sistema dessalinizador sobre o meio ambiente.

Figuras 3-A) Fontes de água. **3-B)** Percepção do dessalinizador como fonte de poluição segundo a comunidade Caatinga Grande. São José do Seridó, RN.

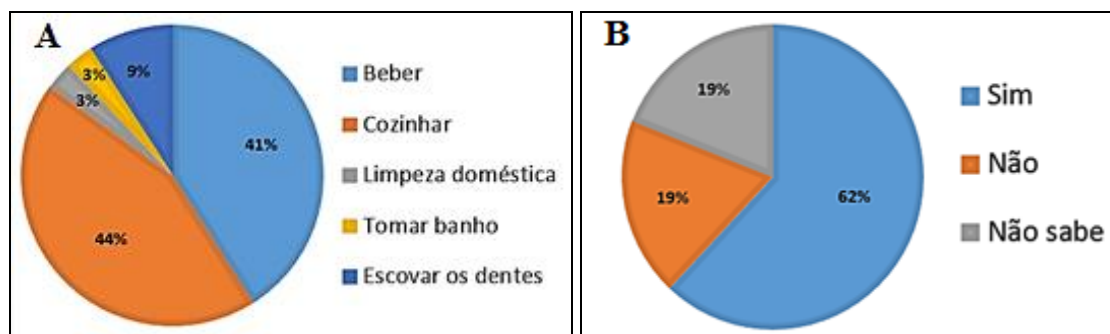


Fonte: Autores (2015).

Com relação à destinação da água dessalinizada nas residências, seu emprego é mais frequente para hidratação humana e cozinhar e com menos frequência para limpeza e higiene pessoal (Figura 4-A). A Organização das Nações Unidas - ONU calcula que a quantidade mínima para o consumo diário humano para as atividades de beber e cozinhar é de 5 litros por pessoa/dia. Desta forma, a comunidade tem suas atividades garantidas pelo abastecimento do dessalinizador para esses usos, pois a cota diária máxima é de 10 litros por pessoa/dia.

Quando indagados se a água poderia ser contaminada nas residências devido a sua manipulação inadequada, a grande maioria respondeu que sim (Figura 4-B). Essa informação permitiu considerar o local de armazenamento como etapa crítica de contaminação da água nas casas.

Figuras 4-A) Uso da água dessalinizada nas casas. **4-B)** Contaminação da água nas residências.



Fonte: Autores, (2015).

Durante as visitas à comunidade observou-se que a água era armazenada em tambores ou potes desprovidos de torneiras, cuja manipulação na hora de servir era propícia à contaminação hídrica. Também foi verificado que 88% dos consumidores não adotavam nenhum tratamento prévio da água, tais como, filtragem, fervura ou adição de hipoclorito, pois consumiam a água da mesma forma que era extraída do dessalinizador. Para modificar essa atitude ou hábito requer, segundo Santos et al. (2010), investir na educação para que todo cidadão se identifique como parte do processo de modo integrado à natureza. Os moradores também destacaram que fazem o descarte da água armazenada nas residências apenas quando a mesma apresenta sabor, odor e aparência comprometidos. Essa mesma percepção dos consumidores de que a qualidade da água só está alterada quando se pode sentir (sabor e odor) foi constatada por Maia e Guedes (2011).

Quando se questionou à comunidade sobre o total de água consumida por dia, apesar de disponíveis 10 litros de água por pessoa/dia, a maioria dos moradores não faz uso diário desta oferta, de forma que o excedente é armazenado para os dias seguintes ou destinado para irrigação de plantas ou dessedentação animal, evidenciando o uso racional da água. A racionalização do recurso hídrico é uma importante estratégia para

promover ações de educação ambiental conforme propõem Gheyi et al., (2012).

Em períodos anteriores à instalação do dessalinizador a população utilizava água proveniente do Açude Cajazeiras, localizado próximo à comunidade, além de cacimbões e carros pipa. Porém, além do açude fornecer água salobra, a população percorria quilômetros à procura de água e sofria com a seca em épocas de estiagem. Tais pontos consistiam nas principais dificuldades enfrentadas pelos moradores antes da instalação do sistema.

Em resposta à questão: “A instalação do dessalinizador resolveu o problema da falta de água para beber e cozinhar na comunidade?” todos os participantes da pesquisa responderam positivamente através de justificativas, tais como: “a sorte da gente é esse dessalinizador”, “melhorou a falta de água”, “se não fosse esse dessalinizador todos estaríamos perdidos”, “antes só tinha água do açude que não era tratada”. Quanto à questão sobre a principal vantagem da comunidade deter um sistema de dessalinização de água, os moradores destacaram: “disponibilidade de água”, “água tratada e de qualidade”, “o sistema ser de baixo custo” e, por último, o deslocamento quilométrico foi mencionado quando ouviu-se “não ter que andar para o açude” em busca de água para beber.

Quanto à avaliação do sistema por parte dos moradores da comunidade, 94% dos participantes da pesquisa avaliou a prática de dessalinização da água como boa ou ótima, justificando por meio do baixo custo do serviço à população, facilidade no acesso, transformação da água salgada em água potável e melhoria da qualidade de vida.

Os depoimentos da comunidade revelam a importância do processo de dessalinização e dos benefícios sociais oriundos de sua implantação. Com relação à coleta de dados por meio do formulário junto aos operadores locais do sistema, procedeu-se a análise para averiguação da sustentabilidade econômica do Sistema de Dessalinização da Caatinga Grande. O programa

atende a 87 (oitenta e sete) famílias cadastradas como sócias na Associação do Assentamento. Além dos associados, há 20 (vinte) colaboradores (famílias de outras comunidades, empresa e escola da comunidade) também cadastrados para utilizarem o sistema.

De acordo com as informações coletadas com os operadores do sistema, a manutenção do dessalinizador pela SEMARH é realizada mediante solicitação por parte da administração ou dos usuários. As manutenções internas, de responsabilidade dos operadores, são efetuadas no intervalo de 10 dias (troca dos filtros saturados) enquanto que a lavagem do reservatório de água dessalinizada é realizada a cada 60 dias. Não há nenhuma tecnologia básica para controle de qualidade da água ofertada. A Secretaria realiza monitoramento da água a cada 4 (quatro) meses, porém, os laudos não são apresentados à comunidade e ficam apenas nos bancos de dados do governo. Eles ressaltam ainda que, desde a instalação do sistema, não houve qualquer tratamento ou troca das membranas de dessalinização. Nesse caso, a água oferecida à população poderia conter índices de sais acima dos limites permitidos, tornando-se imprópria para fins de potabilidade. Destaca-se que o cloreto, em concentrações acima de 250 mg/L, dependendo dos cátions associados, pode gerar sabor detectável na água (CETESB, 2009). Em contrapartida, se houver incidência de outros íons como cálcio e magnésio, o alto valor poderá não interferir no sabor característico da água, sendo necessária a realização contínua de análise da água dessalinizada para fins de controle (BACCAN et al, 2001; SILVA, 2014).

A operacionalização do sistema de dessalinização é de responsabilidade de uma associada que foi capacitada pelos técnicos da SEMARH e a administração dos recursos é competência da Associação de moradores. Este modelo de participação social é de suma importância para que o desenvolvimento da comunidade seja compatível com os preceitos da sustentabilidade, pois a participação social deve ser fomentada a fim de

buscar os interesses sociais, proteção dos recursos naturais e culturais, condições essenciais para alcançar o Desenvolvimento Sustentável. Corroborando com essa assertiva, Santos (1991) salienta que a partir da participação direta pode-se pensar a sustentabilidade como alternativa para um projeto emancipatório pela reintegração de outros aspectos da vida ao processo de desenvolvimento.

A água dessalinizada é exclusivamente destinada para consumo humano sem qualquer tratamento adicional. Conforme relatos, a comunidade também dispõe de outras fontes de água, de qualidade inferior, com cor, sólidos e gosto característico. Nas residências, a água da adutora, recebida através de tubulação hidráulica, é utilizada na higiene pessoal e limpeza. Também há um reservatório que é abastecido com água de carros pipa que é destinado para os diversos fins. Cada associado(a) tem acesso 10 litros/dia/pessoa ao custo mensal de R\$ 5,00 (cinco reais); R\$ 8,00 (oito reais) às famílias colaboradoras; e R\$ 20,00 (vinte reais) à empresa local e à escola. A água dessalinizada é distribuída em recipientes das próprias famílias. Conforme Araújo (2013); Sousa e Ferreira (2015), a dessalinização teve um impacto social na comunidade, pois contribuiu com o acesso de água potável para abastecimento da população.

O dessalinizador é abastecido por água de origem salobra de um poço artesiano com 20 metros de profundidade com vazão de 2.800 litros por hora. O volume total de água utilizada no processo é controlado pela operadora do sistema, através de um reservatório, de modo que são tratados 6.000 litros, diariamente, total compatível com a demanda da população, do qual apenas 25% (1.500 l/dia) são de água dessalinizada usada para consumo humano, enquanto que 75% são rejeito, armazenado em reservatório e depois destinado a piscicultura, irrigação e dessedentação animal, sem qualquer tratamento prévio. Sarmiento et al. (2014) a partir de estudo realizado em comunidade no município de Mossoró/RN com dessalinizador de osmose reversa, observou que a porcentagem de água processada que se

transformava em rejeito era de 60%. Porto et al. (2004), a partir de estudos semelhantes, destaca que a quantidade de efluente gerado é da ordem de 40 a 70%.

A atuação da EMBRAPA na consolidação do projeto de dessalinização de água

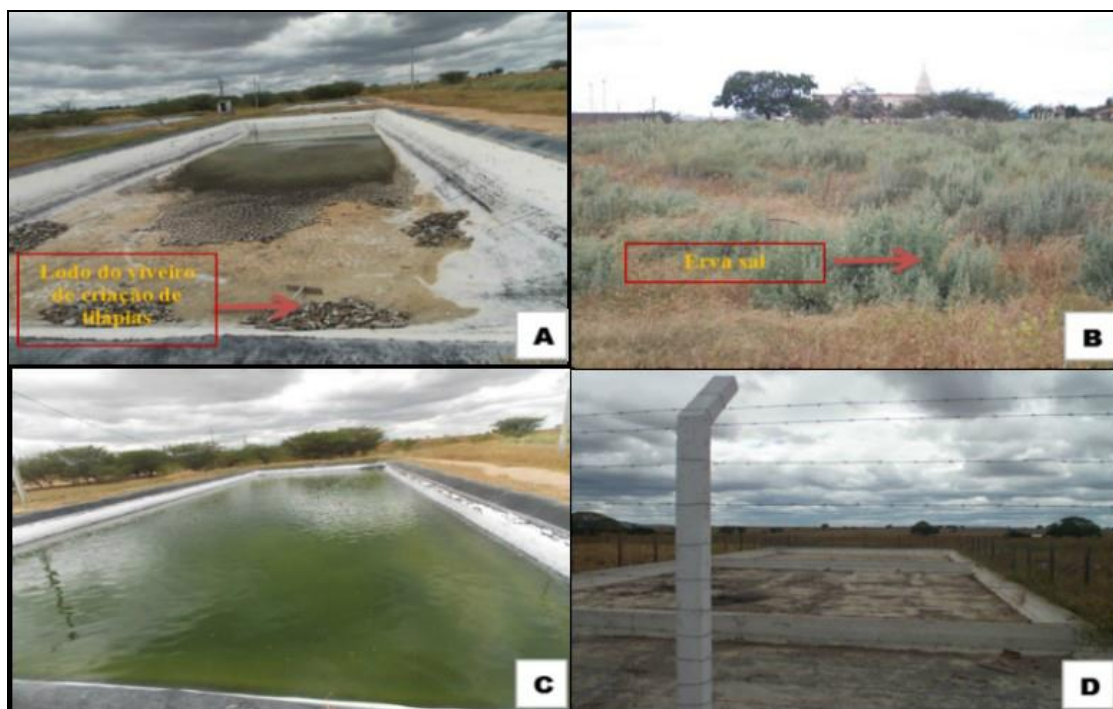
O maior desafio de projetos de dessalinização de água salina é a reutilização do rejeito para beneficiar a própria comunidade. No início, o projeto enfrentou problemas ambientais que quase culminaram na desativação do sistema de tratamento, pois o rejeito era armazenado em tanques para evaporação (Figura 6-D), fato que não se consolidou, pois ocorriam transbordamentos, ameaçando a salinização do solo. Após inserção da EMBRAPA, via programa governamental, foram implantados na comunidade o cultivo de tilápia rosa (*Oreochromis* sp.) (Figura 6-C) e irrigação da erva sal (*Atriplex nummularia*) (Figura 6-B) com o rejeito salino. Essas alternativas para a disposição do rejeito passaram por pesquisas e estão sendo implantadas em comunidades, desempenhando bons resultados e se firmando como uma solução real na mitigação dos impactos causados pelo rejeito de dessalinizadores no semiárido (AMORIM, et al., 2001; SOUSA e FERREIRA, 2015).

No estudo de Gheyi et al., (2012) foi relatado que o reuso é o mais relevante instrumento para garantir a sustentabilidade hídrica das regiões secas. No estudo conduzido por Sarmiento et al. (2014) a utilização de rejeito salino para cultivo hidropônico de alface garantiu a produtividade. Sousa Neto et al., (2011) obtiveram resultados satisfatórios ao utilizar efluente de dessalinizador para irrigação de mudas de espécies nativas do bioma Caatinga - sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth) e jurema preta (*Mimosa tenuiflora* Willd. Poir) em reflorestamento. Essas espécies possuem potencial madeireiro, forrageiro e são importantes para a cobertura e proteção do solo. A utilização do rejeito para o desenvolvimento da piscicultura é apoiada no

trabalho de Dubon e Pinheiro (2001) com resultados promissores no cultivo de tilápia em água com salinidade elevada.

Na gestão do projeto de reuso do rejeito na piscicultura e irrigação da erva sal, o piscicultor realiza um trabalho que lhe rende 25% do lucro da venda dos peixes que é dividido pelo tesoureiro da Associação, o restante do valor é utilizado para compra dos alevinos e ração para os peixes sob um custo de R\$ 45 reais por 25kg de ração. Os dois tanques recebem, cada, cerca de 1.500 alevinos e despescam aproximadamente 700kg de peixe. O lodo após a despesca é utilizado como adubo para erva sal utilizada na alimentação animal e a água é destinada para irrigação (Figura 6-A).

Figuras 6-A) Viveiro de peixes após despesca sendo retirado o lodo; **6-B)** Cultivo de erva sal; **6-C)** Viveiro de peixes sendo abastecido; **6-D)** Tanques de evaporação do rejeito.



Fonte: Autores (2015).

Percebe-se que o trabalho desempenhado pelo piscicultor é pouco lucrativo, pois a venda do quilo do peixe é entre R\$ 5,00 a R\$ 6,00 a cada 6 meses. Todavia, os lucros econômicos do sistema devem ser considerados como ponto secundário, uma vez que os maiores ganhos para a comunidade é o desenvolvimento social e redução dos impactos ambientais, causados pela deposição dos rejeitos da dessalinização na superfície do solo (MORAIS, 2012; PORTO et al., 2004). *Qualidade da água dessalinizada usada para consumo humano*

A potabilidade da água foi avaliada de acordo à Portaria MS N° 2914 DE 12/12/2011 (BRASIL, 2011). A Tabela 1 apresenta os parâmetros e resultados obtidos.

Tabela 1: Resultados das análises de potabilidade da água.

PARÂMETRO	LIMITES PERMISSÍVEIS			ÁGUA DO POÇO	ÁGUA DESSALINIZADA	CARRO PIPA	DA CASA	REJEITO
	BRASIL	USEPA	CE					
Condutividade Elétrica (µS/cm)	ND	ND	2500	6500,00	250,5	206,20	254,20	6610,00
pH	6,0 – 9,5	6,5 – 8,5	6,5 – 9,5	6,96	6,11	6,81	6,63	7,51
Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)	1000	500	ND	3320,00	123,30	101,60	125,20	2990,00
Salinidade (g/L)	ND	ND	ND	3,58	0,17	0,15	0,17	3,36
Nitrogênio amoniacal (mg N/L)	1,5	ND	0,50	0,14	0,08	0,15	0,14	0,17
Nitrato (mg N/L)	10	10	11	48,07	6,18	3,07	6,23	44,19
Sódio (mg Na ⁺ /L)	200	ND	200	353,00	38,40	25,30	38,80	358,00
Potássio (mg K ⁺ /L)	ND	ND	D	44,00	5,00	4,50	5,10	44,00
Cloreto (mg Cl ⁻ /L)	250	250	250	2234,91	65,58	57,89	68,14	2249,18
Coliformes Totais (NMP/100 mL)	< 1,1	0	0	---	120,00	170,00	1600,00	---
Coliformes Termotolerantes / E. Coli (NMP/100 mL)	< 1,1	0	0	230,00	7,80	130,00	350,00	1300,00

Fonte: NAAE/ IFRN (2015).

A Condutividade Elétrica é a medida da capacidade do meio em conduzir corrente elétrica em uma amostra. Ela é dependente do número e do tipo de espécies iônicas dispersas. É um indicativo da concentração total de substâncias ionizadas em solução na água ou de sua salinidade. As unidades mais comumente utilizadas para expressão dos resultados são Mhos ou Siemens por unidade de comprimento (MACÊDO, 2006). A referência normativa nacional utilizada não expressa limites para esse parâmetro, assim como a legislação americana. No entanto, a Comunidade Europeia apresenta limite de 2500, desde que a água não seja agressiva, conforme Diretiva 98/83 CE. Para a água dessalinizada, observam-se baixas concentrações, de até nove vezes inferiores ao máximo permitido, similares às encontradas em amostragens de água de reservatórios de carro pipa e de domicílios.

A Salinidade é a quantidade total de todos os íons dissolvidos, tendo a mesma magnitude de sólidos totais dissolvidos, na maioria das águas, quando ambas as variáveis são expressas em miligramas por litro. A salinidade é numericamente menor que o resíduo filtrável e usualmente é expressa em gramas por quilograma (g/kg), gramas por litro (g/L) ou partes por mil (0/00) (MACÊDO, 2005). Observa-se eficiência no sistema dessalinizador, com redução dos sais de aproximadamente 95%.

O potencial hidrogeniônico (pH) representa a concentração de íons hidrogênio H^+ (escala anti-logarítmica), indicando a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água (SPERLING, 1998). A faixa de abrangência do pH varia de 0 a 14 unidades de pH. De acordo com a legislação em referência, o intervalo recomendado para o índice é de 6,0 a 9,5 unidades de pH. Comparativamente com as legislações americana e europeia (USEPA, CE), o limite recomendado para o parâmetro é de 6,5 a 8,5 e 6,5 a 9,5 unidades de pH, respectivamente. De posse das informações coletadas, observa-se condições normais quanto a esse parâmetro para os

três pontos de água doce, em especial, a água dessalinizada, objeto principal do estudo.

Os cloretos são encontrados praticamente em todas as águas naturais, podendo ter origem mineral ou derivada de contaminação. Na água potável o sabor “salgado” produzido por concentrações de cloreto é variável e depende da composição química da água. Águas contendo 250 mg/L de cloretos podem apresentar um sabor salgado detectável se o cátion presente for sódio. Por outro lado, esta mesma característica pode estar ausente em águas contendo 1000 mg/L do Cl⁻ quando os cátions predominantes forem cálcio e magnésio (BACCAN et al, 2001; SILVA, 2014). A concentração de cloretos na água dessalinizada é quatro vezes menor que o limite previsto na legislação em referência e não oferece riscos à saúde humana. Situação observada também no reservatório do carro pipa e na água domiciliar, oriunda da adutora.

Os índices de sódio e potássio, indicativos da concentração de sais na água, não apresentaram valores acima dos limites, podendo ser utilizado para o consumo humano, sem maiores restrições. Ressalta-se que o limite apresentado para o sódio é de 200 mg/L, enquanto que não é previsto limite para o potássio.

As concentrações de nitrogênio amoniacal e nitrato apresentam limites máximos de 1,2 e 10 mg/L expressos na forma de nitrogênio. Para o nitrato, ainda que o limite máximo obtido esteja compreendido na faixa recomendada, o mesmo requer monitoramento, uma vez que a origem da água para fins de dessalinização apresenta alto teor do elemento e, após o tratamento, registra índices da ordem de 60% do permitido, podendo, ao longo do processo, com a saturação do sistema, sofrer variações que podem comprometer a qualidade da água distribuída à população. Ressalta-se que nitratos e nitritos podem causar uma desordem na oxigenação do sangue, denominada metahemoglobinemia. A concentração elevada da metahemoglobina no sangue decorre de alterações congênitas e de exposição

a agentes químicos diversos, resultando em quadro com múltiplos diagnósticos diferenciais, podendo levar à asfixia e óbito (NASCIMENTO et al., 2008). Outro fator relevante é a relação do nitrato com câncer. Dados do Instituto Nacional do Câncer (INCA) demonstram que a ingestão de água com altos índices de nitratos está relacionada à maior incidência de tumores gástricos.

A amônia pode ser oxidada através das bactérias (nitrosomonas) a nitrito e, dando continuidade a oxidação, as nitrobactérias o transformam em nitrato (MACÊDO, 2007). No entanto, as concentrações obtidas estão dentro do limite máximo recomendado, conforme disposto na Tabela 1, não oferecendo riscos à comunidade nem tampouco aos demais sistemas de reuso do rejeito.

Para os parâmetros microbiológicos, observou-se a presença de coliformes em todos os pontos analisados, inclusive na água doce final dessalinizada. De acordo com a legislação nacional, tais parâmetros devem estar ausentes para fins de potabilidade, normativa também adotada na Europa e nos Estados Unidos (BRASIL, 2011). Neste ponto, considerando os dados quantitativos registrados, recomenda-se a desinfecção da água no reservatório de acondicionamento, bem como, monitoramento periódico mensal da água distribuída. Os índices de coliformes termotolerantes registrados tornam todas as fontes de água em condições impróprias para a população. Destaca-se que, conforme informações da comunidade, não há registros de índices de doenças de veiculação hídrica entre os moradores. No entanto, a presença de Coliformes Totais na água dessalinizada requer maior investigação visando detectar as origens de contaminação da mesma, que podem ser oriundos de problemas ao longo do sistema, como vazamentos na rede, reservatórios com higienização inadequada, dentre outros. Isso é corroborado pelo fato de que a osmose reversa é capaz de remover microrganismos, como bactérias e vírus, através da membrana (SOUSA e FERREIRA, 2015). Ressalta-se que na visita realizada no sistema, observou-

se a presença de animais em seu entorno que podem ser fontes de contaminação, uma vez que as torneiras de saída de água estão em altura acessível (aproximadamente 1,0 metro), além do enchimento dos recipientes ser realizada através de mangueiras.

Conclusões

Considerando as adversidades do semiárido conclui-se que o sistema de dessalinização de água no contexto rural desprovido de sistema de abastecimento regular é sustentável, principalmente, sob a dimensão social, pois a segurança hídrica do sistema conferiu a manutenção do abastecimento de água na comunidade durante o período ininterrupto de cinco anos de seca. Representa uma estratégia de enfrentamento da realidade de períodos prolongados de seca extrema, colapso hídrico nos mananciais e recorre ao abastecimento esporádico por carros pipa. A água proveniente da dessalinização assegura condições vitais para o desenvolvimento da comunidade. Privar a população local do abastecimento de água equivale a retirar dela a liberdade real de fixar moradia naquele território.

Em relação à qualidade para o consumo humano, as análises da água do sistema de dessalinização demonstraram que o sistema é eficiente para retenção dos parâmetros físico-químicos de potabilidade avaliados. Por outro lado, os parâmetros microbiológicos da água indicaram que a presença de coliformes está relacionada à falta de técnica no manuseio e armazenamento da água tratada. Faz-se necessário, portanto, proceder ao pós-tratamento para o consumo humano, utilizando fervura ou esterilizantes químicos, como hipoclorito de sódio. Conclui-se, então, que o sistema é viável e o consumo de água é seguro mediante adoção de medidas profiláticas pelos moradores.

A percepção da comunidade evidenciou que a água é culturalmente concebida como meio de vida e, portanto, a dessalinização representa uma estratégia de superação da realidade e garantia da permanência na região semiárida. O benefício social reitera a ideia de que a sustentabilidade ambiental e econômica do sistema dependerá da dimensão política nacional. Reitera-se a importância da pesquisa e extensão para instrumentalizar a comunidade na busca pela geração de renda e emancipação da Associação. Em posse de técnicas e de recursos para o custeio do sistema, a comunidade alcançará autonomia e liberdade em seu desenvolvimento.

Referências

- AB'SÁBER, A. Floram: Nordeste seco. **Estudos avançados**. v. 4. n. 9. p. 149-74. 1990. <https://doi.org/10.1590/S0103-40141990000200007>
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22th ed., Washington. APHA, 2012.
- AMORIM, M. C. C.; PORTO, E. R.; SILVA JÚNIOR, L. G. A. Evaporação solar como alternativa de reuso dos efluentes da dessalinização por osmose inversa. In: 21^o CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21, 2001, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa, UFPB, 2001. CD-ROM.
- ARAÚJO, A.S.P.A. **Contribuição para o Estudo da Viabilidade/Sustentabilidade da Dessalinização enquanto Técnica de Tratamento de Água**. 2013. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Portugal, 2013.
- BACCAN, N.; ANDRADE, J. C.; GODINHO, O. E. S.; BARONE, J. S. **Química Analítica Quantitativa Elementar**. São Paulo: Edgar Blucher Ltda., 2001. 167P.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Programa de Ação Nacional de Combate a Desertificação e Mitigação dos Efeitos das Secas – PAN-Brasil**. Brasília: MMA, 2004.
- _____. Ministério da Saúde. **Procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade**. Portaria MS N^o 2914, de 12 de dezembro de 2011.
- BUARQUE, S. **Construindo o desenvolvimento local sustentável**. – Rio de Janeiro: Garamond, 2002.
- CETESB. **Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo**. CETESB, 2009.
- DIEGUES, A. C. (Org.). **Etnoconservação: novos rumos para a conservação da natureza**. São Paulo: Hucitec, 2000.
- DUBON, J. A. M.; PINHEIRO, J. C. V. Aproveitamento de águas residuais provenientes de dessalinizadores instalados no Estado do Ceará. In: ENCUESTRO DE LAS AGUAS, 3, 2001, Santiago- Chile. **Anais...** Santiago- Chile, IICA, 2001. CD-ROM.

EARTHEXPLORER. Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 26 dez. 2016.

GHEYI, H. R.; PAZ, V. P. S.; MEDEIROS S.S.; GALVÃO, C. O. **Recursos hídricos em regiões semiáridas**. Campina Grande, PB: Instituto Nacional do Semiárido, 2012.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico**, 2010.

LEAL, I. R. et al. **Ecologia e conservação da caatinga**. Recife: Ed. Univ. da UFPE, 2003.

MACÊDO, J. A. B. de. **Águas e Águas**. 3.Ed.. Belo Horizonte - MG: CRQ-MG, 2007. 1027 p.

_____. **Introdução à Química Ambiental**. 2.ed.. Belo Horizonte - MG: CRQ-MG, 2006. 1028 p.

MACÊDO, J. A. B. de. **Métodos laboratoriais de análises físico-químicas e microbiológicas**. 3.Ed.. Belo Horizonte - MG: CRQ-MG, 2005. 601 p.

MAIA, J. L.; GUEDES, J. A. Percepção ambiental dos recursos hídricos no município de Francisco Dantas, RN. **Sociedade e Território**, Natal, v. 23, n. 2, p 90-106, jul/dez, 2011.

MEDEIROS, J. A. **Convivendo com a seca & combatendo a desertificação: novos olhares**. Caicó: NETOGRAF, 2008.

MEKSENAS, P. **Pesquisa social e ação pedagógica**. Conceitos, métodos e práticas. São Paulo: Loyola, 2002.

MONTEIRO, G. S. **Arranjos de membranas de osmose inversa: avaliação e comparação do desempenho de pequenos sistemas**. 2009. 83 p. UFCG, Campina Grande, Paraíba, 2009.

MORAIS, I. R. D. Planejamento e desenvolvimento regional: notas sobre a experiência do Rio Grande do Norte. **Sociedade e Território**, v. 24, n. 1, p. 77 – 96. 2012.

MORIN, E. **O MÉTODO 1. A Natureza da natureza**. 2. ed. Porto Alegre: Ed. Sulina, 2003.

NASCIMENTO, T. S.; PEREIRA, R. O. L.; MELLO, H. L. D.; COSTA, J. *Methemoglobinemia: from diagnosis to treatment*. *Rev. Bras. Anesthesiol.*, vol.58, n.6, pp. 651-664, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0034-70942008000600011>

OJIMA, R. Urbanização, dinâmica migratória e sustentabilidade no semiárido nordestino: o papel das cidades no processo de adaptação ambiental. **Cad. Metrop.**, São Paulo, v. 15, n. 29, p. 35-54. 2013.

PORTO, E. R.; AMORIM, M. C. C.; PAULINO, R. V.; MATOS, A. N. B. SISTEMA DE PRODUÇÃO USANDO O REJEITO DA DESSALINIZAÇÃO DE ÁGUA SALOBRA NO SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO. In: XIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Contribuição da Embrapa Semi-Árido para Mesa Redonda: Água Subterrânea e Desenvolvimento Agrícola. **Anais...** Cuiabá, 2004.

RIO GRANDE DO NORTE. Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte. 2015. **Programa Água Doce**.

_____. Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte – IDEMA. **Perfil do seu município: São José do Seridó**. v. 10. p. 1-23. 2008.

- SACHS, I. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Garamond, 2008.
- SANTOS, B. V. Subjetividade, cidadania e emancipação. **Revista crítica de ciências sociais**, Coimbra, Portugal, n. 32. p. 135-191. 1991.
- SANTOS, M. M. C.; SANTOS, V. M. C.; FILHO, M. B. S.; SOUZA, M. F. M.; RODRIGUES, F. C.. Educação ambiental e o homem do campo: vivências a partir de Classes multisseriadas. In: XVI Encontro Nacional de Geógrafos, 2010, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: 2010.
- SARMENTO, J. D. A.; MORAIS, P. L. D.; ALMEIDA, M. L. B.; NETO, O. N. S.; DIAS, N. S. Qualidade e conservação da alface cultivada com rejeito da dessalinização. **Revista Caatinga**. v. 27. n. 3. p. 90 – 7. 2014.
- SEN, A. **Desenvolvimento como liberdade**. São Paulo: Companhia das Letras, 2010.
- SILVA, G. A. B. Análise do controle operacional de estações de tratamento de água visando o atendimento dos padrões de potabilidade. 2014. 59 f. **Trabalho de Conclusão de Curso**. Universidade Estadual da Paraíba, Paraíba, 2014.
- SPERLING, M. V. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. 2ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – DESA. UFMG. 1998. 243p.
- SOARES, T. M.; SILVA, I. J. O.; DUARTE, S. N.; SILVA, E. F. F. Destinação de águas residuárias provenientes do processo de dessalinização por osmose reversa. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10. n.3. p.730–37. 2005. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662006000300028>
- SOUSA NETO, O. N.; DIAS, N. S.; FERREIRA NETO, M.; LIRA, R. B.; REBOUÇAS, J. R. L. Utilização do rejeito da dessalinização da água na produção de mudas de espécies da caatinga. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 4, p. 123-129, out.-dez., 2011.
- SOUSA, Y. M. M.; FERREIRA, E. G. Tecnologia para tratamento de água salobra: estudo do caso de Santa Inês-PB. **Revista Ambiental**. V.1, n. 1, p. 82 - 92, Jan/Mar, 2015.
- TUAN, Y. **Topofilia: um estudo da percepção, atitudes e valores do meio ambiente**. São Paulo: Difel, 1980.