

UTILIZAÇÃO DE TECNOLOGIAS DE DESSALINIZAÇÃO DE ÁGUA

Ana Alice Quintans de Araujo ¹
Rui de Oliveira ²
Ruth Silveira do Nascimento ³

RESUMO

O semiárido nordestino apresenta um regime pluviométrico marcado por extrema irregularidade de chuvas, no tempo e no espaço, aliadas às elevadas taxas de evapotranspiração e ao predomínio de rochas impermeáveis, que favorecem a limitação de águas superficiais e obrigando a população a fazer utilização das águas subterrâneas que em sua maioria não possuem água com qualidade devido ao contato durante um longo tempo com as rochas cristalinas, resultando em águas com alto grau de salinidade e sodicidade, o que limita bastante o uso desse recurso, necessitando de tecnologias que proporcionem a mudança de cenário como a dessalinização. No Brasil, mais especificamente no Nordeste, o processo mais utilizado é o de osmose reversa, que ocorre quando é empregada uma forte pressão sobre a água, de modo a deslocá-la em direção a algumas membranas que são capazes de separar praticamente toda a água dos sais minerais e outras impurezas presentes no volume original. Diante do exposto, o estudo sobre as técnicas de dessalinização de água torna-se importante auxiliadora no conhecimento de cada uma das tecnologias bem como os recursos requeridos.

Palavras-chave: Dessalinização, Osmose reversa, Osmose inversa.

INTRODUÇÃO

No contexto da crise hídrica que assola nosso país, o Nordeste brasileiro é a região mais castigada com a escassez prolongada de água recorrente nesta área. Fazendo necessário o desenvolvimento de tecnologias capazes de suprir esta necessidade.

O semiárido nordestino apresenta um regime pluviométrico marcado por extrema irregularidade de chuvas, no tempo e no espaço, aliadas às elevadas taxas de evapotranspiração e ao predomínio de rochas impermeáveis (embasamento cristalino), que favorecem a limitação de águas superficiais (COSTA et al., 2006). A partir desta problemática os moradores dessa região, são obrigados a procurar alternativas que possam garantir a sua subsistência. Surge então, a utilização de águas subterrâneas provenientes da perfuração de poços. No entanto,

¹ Doutoranda em Engenharia Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, anaaliceq@gmail.com;

² Doutor em Engenharia Civil da Leeds Metropolitan - LEEDS, ruido@gmail.com;

³ Doutora em Recurs Naturais pela Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, ruthsn@gmail.com.

muitos deles possuem água com qualidade que difere dos parâmetros legais vigentes, devido ao contato durante um longo tempo com as rochas cristalinas, resultando em águas com alto grau de salinidade e sodicidade, o que limita bastante o uso desse recurso (BRASIL, 2012), necessitando de tecnologias que proporcionem a mudança de cenário como a dessalinização.

Visando o enquadramento das águas provenientes dos rejeitos de dessalinização nos valores de potabilidade exigidos, o presente trabalho faz uma revisão bibliográfica acerca das tecnologias aplicadas na destinação do rejeito no mundo, no Brasil e na Paraíba.

REFERENCIAL TEÓRICO

1. Dessalinização: conceito, histórico e impactos negativos

Tendo como objetivo favorecer a remoção de sais minerais, microrganismos e, outras partículas sólidas que estão em excesso na água, a dessalinização consiste num processo físico-químico de tratamento de água que permite atingir os níveis de qualidade exigidos pela Portaria MS 2.914/2011.

Conforme Silveira et al. (2015) o processo de dessalinização iniciou em meados dos anos 30 e vem se aperfeiçoando ao longo dos anos;

- Em 1928 foi instalada em Curaçao, ilha no mar do Caribe, uma estação dessalinizadora pelo processo da destilação artificial, com uma produção diária de 50 m³ de água potável.
- Nos Estados Unidos da América, as primeiras iniciativas para o aproveitamento da água do mar datam de 1952, quando o congresso aprovou a lei pública número 448, cuja finalidade era criar meios que permitissem reduzir o custo da dessalinização da água do mar. O Congresso designou a Secretaria do Interior para fazer cumprir a lei, resultando na criação do Departamento de Águas Salgadas;
- Em 1961, o Chile foi um dos países pioneiros na utilização da destilação solar, construindo o seu primeiro destilador.
- Em 1964 entrou em funcionamento o alambique solar de Syni, ilha grega do Mar Egeu, considerado o maior da época, destinado a abastecer de água potável a sua população de 30.000 habitantes;

- Na Grã-Bretanha, em 1965, eram produzidas 74% de água doce que se dessalinizava no mundo, num total aproximado de 190.000 m³ por dia.
- No Brasil, as primeiras experiências com destilação solar foram realizadas em 1970, sob os auspícios do ITA (Instituto Tecnológico da Aeronáutica).
- Em 1971 as instalações de Curaçao foram ampliadas para produzir 20.000 m³ por dia.
- Em 1987 a Petrobrás iniciou o seu programa de dessalinização de água do mar para atender às suas plataformas marítimas, usando o processo da osmose reversa (ou inversa), tendo esse processo sido usado pioneiramente, no Brasil, em terras baianas, para dessalinizar água salobra nos povoados de Olho D'Água das Moças, no município de Feira de Santana, e Malhador em Ipiara.
- Atualmente, existem 7.500 usinas em operação no Golfo Pérsico, Espanha, Malta, Austrália e Caribe convertendo 4,8 bilhões de m³ de água salgada em água doce, por ano. O custo, ainda alto, está em torno de US\$ 2,00/m³. As grandes usinas, semelhantes às refinarias de petróleo, encontram-se no Kuwait, Curaçao, Aruba, Guernsey e Gibraltar, abastecendo-os totalmente com água doce retirada do mar.

Araujo (2016) cita vários processos de dessalinização da água, dentre os principais, destacam-se os processos térmicos: destilação Flash de Múltiplo Estágio (Multi-Stage Flash – MSF), destilação de Múltiplo Efeito (Multi-effect distillation – MED), destilação por Compressão de Vapor (Vapor Compression – VC), Destilação Através de Energia Solar e Congelamento e processos através de membranas, osmose reversa (OR) e eletrodialise.

No Brasil, mais especificamente no Nordeste, o processo mais utilizado é o de osmose reversa, que segundo Pena (2017), ocorre quando é empregada uma forte pressão sobre a água, de modo a deslocá-la em direção a algumas membranas que são capazes de separar praticamente toda a água dos sais minerais e outras impurezas presentes no volume original.

Este tipo de tratamento remove grande parte dos componentes orgânicos e até 99% dos sais dissolvidos (SOARES et al., 2005), comprovando ser um procedimento de grande eficácia, apesar da necessidade de tratamentos posteriores.

O processo de osmose inversa (OI), como também pode ser chamado, gera um rejeito com concentração salina superior aquela contida na água inicial e, conseqüentemente, implica em um alto risco de poluição ambiental.

A OI apesar de ser uma técnica de grande aplicabilidade, com resultados que conseguem obter um volume de água com uma concentração de sais bem menor que a inicial, e segundo Bezerra et al. (2016) proporcionar melhores condições para a população semiárida, também possui os seus riscos, que podem gerar impactos negativos de grande significância para o meio ambiente, como também para as pessoas diretamente e indiretamente envolvidas.

Estima-se que no semiárido brasileiro existam em torno de 400 dessalinizadores distribuídos por toda a área, gerando um volume alto de rejeitos lançado ao solo (ANDERS et al., 2015). Assim, devem-se analisar os impactos negativos provocados por este tipo de rejeito e as possíveis formas de reutilização.

O custo de produção de água obtida através da utilização da dessalinização é dado em termos de m³ de água produzida e pode variar de região para região, como mostram os dados apresentados na tabela 1.

Tabela 1 – Custo da água dessalinizada em US\$/m³ em várias usinas do mundo.

Usina e localização	¹ US\$/m ³	R\$/m ³	Ano
Ashkelon (Israel)	0,53	1,75	2003
Eilat (Israel)	0,74	2,45	1997
Bahamas	1,48	4,89	2003
Carlsbad, Califórnia (EUA) (Poseidon)	0,77	2,54	2005
Dhekelia (Chipre)	1,09	3,60	1996
Hamma (Argélia)	0,84	2,78	2003
Perth (Austrália)	0,92	3,04	2005
Singapura	0,49	1,62	2006
Tampa Bay, Flórida (EUA)	0,66	2,18	2004

¹(US\$ 1,00 = R\$ 3,31)

Fonte: Silveira et al. (2015)

Os valores variam devido à diferença da escolha dos processos, custo com energia de cada localidade e capacidade de produção de volume, pois se a capacidade de produção da indústria declina, proporcionalmente o custo de produção aumenta.

2. Tecnologias aplicadas no processo de dessalinização de água

Do volume de água submetida ao processo de dessalinização apenas uma pequena parte é convertida em água potável, enquanto a maioria é transformada em rejeito concentrado e comumente, destinada de forma equivocada.

Diante desta problemática, muitas tecnologias estão sendo desenvolvidas para minimizar os efeitos negativos causados a partir da água residuária produzida.

Em geral, nos países desenvolvidos, o rejeito está sendo transportado para os oceanos ou injetados em poços de grande profundidade; todavia, alternativas estão sendo estudadas, tais como: bacias de evaporação, redução de volume do rejeito por plantas aquáticas, bacias de percolação e irrigação de plantas halófitas (PORTO et al., 2001).

No Brasil, o rejeito não está recebendo, na maioria dos casos, tratamento antes de ser despejado no solo, como está acontecendo em Juazeirinho-PB, local onde está sendo estudado o processo de dessalinização por Bezerra (2016). Porto et al. (1999) alertam que a deposição deste resíduo poderá trazer, em um curto espaço de tempo, sérios problemas para as comunidades que se beneficiam da tecnologia da dessalinização.

Dentre as regiões secas do Brasil, destaca-se o semiárido paraibano, devido às poucas fontes de águas superficiais e aos baixos índices pluviométricos, justificando o alto uso da captação de água subterrânea. Diversas comunidades do interior do Nordeste têm os poços artesianos como a única fonte de abastecimento disponível (ANA, 2005). A água salina de profundidade está ainda abundantemente disponível em várias regiões, assim, sistemas de dessalinização de pequeno porte que atendem economicamente a demanda de água para o consumo humano, são implantados utilizando águas de poços tubulares. (SILVA, 2008).

METODOLOGIA

Uma revisão bibliográfica foi desempenhada para a realização do estudo acerca das tecnologias aplicadas na destinação do rejeito no mundo, no Brasil e na Paraíba. Para tanto, foram utilizados artigos científicos com abordagem do tema em estudo como recurso subsidiário para a seleção das técnicas mais empregadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em âmbito mundial as alternativas aplicadas para o tratamento de rejeito gerado no processo de dessalinização variam de acordo com as características, como por exemplo, climatológicas, cultural, técnicas mais viáveis e recursos financeiros disponíveis para seu emprego. Algumas destas tecnologias encontram-se expostas no Quadro 1.

Quadro 1. Alternativas aplicadas para o tratamento de rejeito gerado no processo de dessalinização no âmbito internacional.

Tecnologia	Descrição	Vantagens	Desvantagens
Emissão em Oceano (Einav et al.(2002), Ilhas Canárias-Espanha)	A emissão do rejeito é feita no Oceano Atlântico	Pouco efeito provocado no oceano, devido ao seu alto poder de diluição.	- Prejuízos aos ecossistemas costeiros.
Tanque de evaporação (Glueckstern; Priel, (1996), Naveg,- Israel)	A água bruta com alta concentração de sais é inserida em tanque de fundo preto e teto de vidro transparente para que o calor do sol evapore a água	Menor geração de rejeito.	- Requerimento de áreas muito grandes. - Alto custo de produção.
Osiose reversa (Glueckstern; Priel, (1996), Naveg,- Israel)	Passagem de uma solução salina por uma membrana semipermeável exercida por uma forte pressão.	Baixo custo de produção.	- Alta geração de rejeito.

Fonte: Autor (2019).

Para Soares (2006) o retorno do rejeito ao mar seria ideal, considerando o poder de diluição dos oceanos, porém, é conveniente considerar a fragilidade de cada ecossistema. O Mar Vermelho, conforme Hoepner e Latteman (2002) é mais sensível à emissão da água residuária proveniente da dessalinização, pois se trata de um corpo d'água semifechado, caracterizado pela troca limitada de água com o oceano aberto e também pelo frágil habitat biológico.

Einav et al. (2002) atestam que os prejuízos aos ecossistemas marinhos se devem não só à alta concentração do efluente, como também, a presença de compostos químicos que podem ser necessários ao pré-tratamento da água. Einav e Lokiec (2003) reiteram que além do impacto negativo sobre a vida marinha, os principais danos ambientais da dessalinização de águas marítimas por OR são: prejuízo ao uso do solo do litoral, poluição decorrente do aumento do uso de energia e poluição de aquíferos (se houver vazamentos nas tubulações).

Complementando o quadro 1 Ong et al. (1995) asseveram que os tanques de evaporação, concentram o rejeito e conseqüentemente, aumentam a concentração de elementos como selênio, boro e metais pesados tóxicos. A fim de minimizar este problema surgem as iniciativas com os testes em modelos para evaporadores de camada arenosa propostos por Glenn et al. (1998) e (GLENN et al., 1998) e o secamento em evaporadores ou tanques de solarização sob condições controladas mencionado por Hayes e Kipps (1992). (Hayes e Kipps, 1992).

Mickley (2004) explica que nos Estados Unidos da América (EUA), o rejeito vem sendo encaminhado para diferentes ambientes: 41% para águas superficiais, 31% para os esgotos, 17% em poços profundos, 2% jogados diretamente no solo, 2% em tanques de evaporação e 7% através de alternativas. Entretanto, a partir da preocupação com o impacto negativo que o efluente pode causar, Mickley (2004) mostra novas tendências como solução de descarte, dentre elas: a diminuição das destinações para os rios, esgotos e solos; aumento das destinações para os oceanos, poços profundos e tanques de evaporação e cristalização de sais e utilização para irrigação de culturas ou vegetação, se em pequenos volumes (até 4 m³). Ainda conforme este autor, esta última requer muita disponibilidade de terra e normalmente, é misturada com água para causar uma redução da salinidade.

Amorim et al (2004) relatam que na Califórnia, pesquisas avaliam a viabilidade do uso do rejeito em sistemas construídos para serem o habitat de pássaros, peixes e plantas (“wetlands”).

Na esfera Brasileira, igualmente ao que ocorre mundialmente, as técnicas empregadas variam conforme as características locais, haja vista que o nosso país possui uma extensão territorial bastante extensa e, conseqüentemente, culturas, climas, e poder econômico distintos. Fato que limita a viabilidade de desenvolvimento e utilização das tecnologias desenvolvidas pelos pesquisadores.

Estudos realizados por Amorim et al. (1997) e Pessoa (2000) constataram a salinização e problemas de erosão no solo, devido ao descarte indevido do rejeito nas localidades de Petrolina, Estado de Pernambuco, e no Estado do Ceará, respectivamente.

Pinheiro e Callado (2005), ainda no Estado Cearense, verificaram, considerando 79 comunidades com dessalinizadores em operação, que apenas 20% aproveitavam os rejeitos, mesmo sem conhecimento técnico-científico ou econômico, utilizando-o para lavagem de roupa e automóveis.

Amorim et al. (2004) reforçam que estes resíduos possuem potencial para contaminar mananciais, solo e a fauna e flora da região e poderão ser transportados pela ação dos ventos ou pela água de escoamento superficial e salinizar a água de áreas próximas. Para minimizar este problema, os autores sugerem o uso da evaporação solar para a cristalização dos sais dissolvidos, pois este reduz o volume das águas residuárias e os transforma em produto sólido, facilitando desse modo, o seu manuseio e reduzindo o contato com o solo; e a criação da Tilápia koina (*Oreochromis sp.*), porque estas podem ser cultivadas com alta qualidade com relação ao sabor, aparência do peixe e bom valor nutritivo.

Soares (2006) cita as seguintes tecnologias desenvolvidas para o reaproveitamento do resíduo; criação de camarão (*Panaeus vannamei*) desenvolvida por um grupo de pesquisa da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e cultivo de espécies halófitas, dentre as quais, a erva-sal (*Artriplex nummularia*). Esta por ser originária de regiões áridas consegue produzir e manter abundante fitomassa, mesmo em ambientes de alta aridez e salinidade e com baixo volume de precipitação.

Em Ibimirim, no Estado de Pernambuco, Santos et al. (2010) avaliaram o aproveitamento da água salobra subterrânea e do rejeito da sua dessalinização no cultivo hidropônico de duas variedades de alface (Vera e AF-1743). Os autores verificaram que o primeiro foi eficiente e satisfatório, enquanto o segundo proporcionou baixas produções e sintomas foliares que não justificariam seu aproveitamento comercial.

Na cidade de Mossoró, no Estado do Rio Grande do Norte, Dias et al. (2010) desenvolveram uma pesquisa para avaliar a produção hidropônica de melão rendilhado e concluíram que a água residuária diluída ou não com água de abastecimento, pode ser utilizada no cultivo com reduzidas perdas no rendimento dos frutos.

No município de Ribeirão Preto, São Paulo, Ribeiro et al. (2016) estudaram a possibilidade de reutilizar a água do rejeito e a sobra da água permeada proveniente de um sistema de OR, da unidade de hemodiálise do Hospital das Clínicas de Ribeirão Preto (HCRP-USP) e obtiveram como resultado que é possível reutilizar a sobra de água permeada diretamente na caixa central do HCRP-USP, pois esse procedimento não altera a qualidade da água de abastecimento do hospital. Por outro lado, as análises executadas para o rejeito mostraram que o mesmo tinha uma quantidade elevada de bactérias heterotróficas, o que impossibilitava a sua utilização na mesma caixa de abastecimento.

Assim, segue uma análise com as tecnologias mais frequentes utilizadas em nível brasileiro, que de forma sintética são explicitadas no Quadro 2 com as suas vantagens e desvantagens, conforme publicado pela comunidade acadêmica.

Quadro 2. Tecnologias de dessalinização no Brasil com suas vantagens e desvantagens.

Tecnologia	Descrição	Vantagens	Desvantagens
Descarte do rejeito no solo (Amorim et al. (1997) Petrolina – PE)	Efluente lançado diretamente no solo.	Rápido descarte	Salinização do solo; Erosão do solo.
Descarte do rejeito no solo (Pessoa (2000) Ceará)	Efluente lançado diretamente no solo.	Rápido descarte	Salinização do solo; Erosão do solo.
Reutilização do concentrado (Pinheiro e Callado (2005) Ceará)	Reutilização para lavagem de roupa e automóveis.	Reaproveitamento do resíduo.	Após a lavagem o efluente continua sendo descartado sem tratamento prévio.
Cultivo hidropônico de alface (Santos et al. (2010) Ibimirim – PE)	Utilização de água salobra subterrânea e do no cultivo de alface Vera e AF-1743.	Cultivo de alface Vera eficiente e satisfatório	Cultivo de alface AF-1743 com baixa produção e sintomas foliares sem aproveitamento comercial.
Produção hidropônica (Dias et al. (2010) Mossoró – RN)	Produção hidropônica de melão rendilhado	Água residuária diluída ou não com água de abastecimento pode ser utilizada no cultivo com reduzidas perdas no rendimento dos frutos.	Pequenas perdas no rendimento dos frutos.
Reutilização do rejeito para abastecimento de Hospital (Ribeiro et al. (2016) Ribeirão Preto – SP)	Reutilização de água do rejeito e a sobra da água permeada proveniente de um sistema de Osmose Reversa, da unidade de hemodiálise do Hospital das Clínicas de Ribeirão Preto (HCRP-USP)	Reutilização da sobra de água permeada diretamente na caixa central, sem alterar a qualidade da água de abastecimento do hospital.	Rejeito com quantidade elevada de bactérias heterotróficas, o que impossibilitava a sua utilização na mesma caixa de abastecimento.

Fonte: Autor (2019).

No Quadro 3 são elucidadas as diferentes tecnologias utilizadas em território paraibano para a utilização desta água salobra que na maioria das localidades é encontrada imprópria para

(83) 3322.3222

contato@conapesc.com.br

www.conapesc.com.br

consumo, a menos que seja realizado um tratamento prévio. Neste nível, já não são encontradas tecnologias tão diversificadas pois a realidade ambiental e econômica é praticamente a mesma nas diferentes cidades do Estado.

Quadro 3. Tecnologias de dessalinização na Paraíba com suas vantagens e desvantagens.

Tecnologia	Descrição	Vantagens	Desvantagens
Osiose Reversa (Alves et al. (2015), São João do Cariri)	Através da aplicação de uma pressão maior que a osmótica, o solvente passa pela membrana, agindo como barreira de fluxo aos solutos, resultando na separação do solvente e dos solutos.	- Composição química dentro dos limites exigidos pela legislação brasileira; - Alternativa de abastecimento por tratamento com membranas, possibilitou a permanência dos moradores rurais, evitando a prática de emigração em busca de qualidade de vida.	- Os resultados das amostras da água do poço e do rejeito apresentaram características salinas, contribuindo para incrustação nas membranas, sendo necessária a observância destas análises para pré-tratamentos químicos e/ou físicos.
Uso do rejeito nas atividades domésticas, carnicultura, piscicultura e cultivo hidropônico. (Alves (2013), Boa Vista)	Elaboração de ações de conscientização socioambiental para orientar a população rural sobre os problemas ambientais causados pelos resíduos e ensinar técnicas de reuso do efluente com menos impacto ambiental.	- Conscientização socioambiental da população quanto ao uso do sistema de dessalinização e o aproveitamento sustentável do rejeito.	- Constatada contaminação de 73,3% das amostras de água por <i>E. coli</i> .
Estoque de água pós processo de dessalinização (Lima et al. (2015), São João do Cariri)	Análise físico-química das amostras	- Água resultante do processo de dessalinização dentro dos padrões de potabilidade.	- Nos locais onde a água era estocada em material de alumínio, o elemento foi transferido para o fluido.
Osiose inversa (Silva (2008), São João do Cariri)	O estudo do desempenho de um sistema de dessalinização associado aos dados sobre a qualidade dos efluentes proporcionou o desenvolvimento de um mecanismo para	- O funcionamento do sistema pode ser aplicado para produção de águas com diferentes concentrações de sais; - Reutilização de 37,5% da produção do rejeito.	- Devido à alta taxa de incrustação serão necessários futuros tratamentos químicos para água de alimentação.

	a produção de águas com concentrações de sais variadas para dar suporte à aplicação do concentrado no desenvolvimento de hortaliças e algas.		
Osmose reversa (Silva et al. (2009), São Joao do Cariri e Campina Grande)	Avaliação da capacidade de incrustação, a partir de experimentos com águas oriundas de diferentes fontes de alimentação de sistemas de dessalinização.	<ul style="list-style-type: none"> - Constatação da necessidade de pré-tratamentos químicos e físicos para minimizar o potencial de precipitação de sais e substâncias orgânicas nas membranas. - Verificou-se que o índice de densidade de sedimentos é um teste rápido e eficaz na garantia da necessidade de pré-tratamentos. 	- O índice de saturação de languelier (ISL) não determinou, em todos os casos, possíveis potenciais de incrustação por materiais biológicos e orgânicos.
Eletrodialise, Evaporação Multi-Flash e Osmose reversa (Sousa et al. (2014), Santa Inês)	Comparação entre as principais técnicas de dessalinização para água salobra, para determinar a tecnologia mais adequada às características do município com a finalidade de propor a implantação de um sistema de dessalinização e purificação de água.	<ul style="list-style-type: none"> - Osmose reversa é o método mais eficiente, menos trabalhoso e oneroso; - O rejeito proveniente da OR é mais fácil de manusear. 	- A eletrodialise e evaporação multi-flash são menos eficientes e mais trabalhosas e onerosas quando comparadas com o método da osmose reversa.
Cultivo de <i>Chlorella</i> sp. em concentrado de dessalinização (Matos et al. (2015), São Joao do Cariri)	Análise da produtividade em biomassa (PB) e lipídica (PL) da microalga <i>Chlorella</i> sp. ao longo dos ciclos de cultivo.	- Opção atrativa para o desenvolvimento de complementos nutricionais e alimentação animal em virtude, do alto teor de proteínas.	- Não encontradas.
Osmose reversa (Silveira et al. (1998), Caturite)	Avaliação do desempenho das membranas para	- A pressão aplicada pode contribuir no aumento da	- A pressão aplicada pode contribuir de forma negativa para

	solução de cloreto de sódio ou água salobra, concentrado e o permeado.	recuperação do permeado.	o consumo de energia do sistema.
--	--	--------------------------	----------------------------------

Fonte: Autor (2019).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido à crise hídrica enfrentada, a perfuração de poços no Brasil tem sido feita em discrepância com os critérios ambientais e sanitários. Entretanto, especial atenção deve ser dada a água residuária, resultante do processo de dessalinização, pois o rejeito com alta concentração de sais, decorrente da osmose reversa, tem restrições de uso e sua inserção direta no solo provoca salinização, contribuindo na intensificação do processo de desertificação do mesmo.

Somente a dessalinização não é capaz de incluir a água sob os parâmetros de potabilidade, mas pode ser uma grande aliada junto às etapas de tratamento da mesma e existem duas alternativas para a minimização dos impactos negativos causados pelo resíduo proveniente da dessalinização; o correto lançamento ao meio ambiente e seu reaproveitamento através da utilização dos métodos que vêm sendo desenvolvidos pelos pesquisadores.

Em nível internacional as tecnologias mais utilizadas são os tanques de evaporação, osmose reversa, “wetlands”, entretanto, a que se destaca é a emissão no oceano, mesmo já existindo diversos estudos comprovando os prejuízos que este progresso pode causar.

No âmbito nacional outras tecnologias se tornam mais recorrentes como os cultivos de espécies halófitas, sistemas hidropônicos, criação de Tilápia Koina e osmose reversa. Estas se assemelham às utilizadas na esfera paraibana com prevalência da OR por se tratar de uma técnica que exige menor custo.

REFERÊNCIAS

ALVES, I. M. **Sustentabilidade socioambiental dos sistemas de dessalinização de águas salobras implantados no município de Boa Vista na região semiárida da Paraíba**. Campina Grande – PB, 2013.

ALVES, R. V.; FERNANDES, M. S. M.; LIMA, S. A.; COSTA, T. S.; FRANÇA, K. B.. **Qualidade da água consumida pelos moradores do semiárido paraibano após**

dessalinização. Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, Aquidabã, v.6, n.1, p.222-245, 2015.

AMORIM, M. C. C.; JUNIOR, L. G. A. S.; PORTO, E. R. **Efeito de sais no solo provenientes de rejeitos da dessalinização por osmose inversa no semiárido Pernambucano.** In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola; 26, 1997, Campina Grande. SBEA, 1997.

AMORIM, M. C. C.; PORTO, E. R.; ARAÚJO, O. J.; SILVA, L. G. J. **Alternativas de reuso dos efluentes da dessalinização por osmose inversa: evaporação solar e meio líquido para cultivo de tilápia koina (Oreochromis sp.).** <http://www.cepis.ops-oms.org/indexpor.html>. 10 Jul. 2004.

ANA- Agência Nacional de Águas. **Panorama da qualidade das águas subterrâneas do Brasil.** Brasília, 2005.

ANDERS, C. R.; SANTOS S. J. S. A.; DIAS N. S.; MELO M. R. S. **Qualidade e impactos causados pela destinação do rejeito da dessalinização da água salobra no oeste potiguar.** In: WORKSHOP INTERNACIONAL SOBRE ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO, Campina Grande – PB, 2015.

ARAÚJO, F. A. A. **Desempenho de uma torre multiestágios para um dessalinizador controlado a energia elétrica.** Fortaleza – CE, 2016.

BEZERRA, E.B. N.; RÊGO, R. L. C. M; SILVA, I. A.; MEIRA, C. M. B. S.; OLIVEIRA, R. **Impactos da destinação do rejeito da dessalinização de água subterrânea em uma comunidade de Juazeirinho-PB,** In I Congresso Internacional da diversidade do semiárido, Campina Grande-PB, 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria Nº 2.914,** de 12 de dezembro de 2012. Disponível em:<<http://portal.saude.gov.br>>, 2012. Acesso em 27 de março de 2017.

COSTA, A. M. B.; MELO, J. G.; SILVA, F. M. Aspectos da salinização das águas do aquífero cristalino no estado do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil. **Revista Águas Subterrâneas,** v.20, p.67-82, 2006.

DIAS, N. da S.; LIRA, R. B. de; BRITO, R. F. de; NETO, O. N. de S.; NETO, M. F.; OLIVEIRA, A. M. de. Produção de melão rendilhado em sistema hidropônico com rejeito da dessalinização de água em solução nutritiva. **Revista Águas Subterrâneas,** v.14, n.7, p. 755-761, 2010.

EINAV, R.; HAMSSIB, K.; PERIYB, D. **The footprint of the desalination processes on the environment.** *Desalination*, Amsterdam, v.152, n.1-3, p.141-154. 2002.

EINAV, R.; LOKIEC, F. **Environmental aspects of a desalination plant in Ashkelon.** *Desalination*, Amsterdam, v. 156, n.1-3, p. 79-85. 2003.

GLENN, E. P; THOMPSON, T. L.; MIYAMOTO, S. **Halophyte crops and a sand-bed solar concentrator to reduce and recycle industrial, desalination and agricultural brines.** Tucson: United States Department of the Interior. 78p. 1998b. Desalination Research and Development Program Report N. 35.

GLUECKSTERN, P.; PRIEL, M. **Optimized brackish water desalination plants with minimum impact on the environment.** *Desalination*, Amsterdam, v.108, n.1-3, p.19-26. 1996.

HAYES, D.; KIPPS, J. **Salt-gradient solar ponds from concentrated subsurface agricultural drainage waters of the San Joaquin Valley, California.** Desalination, Amsterdam, v. 88, n.1-3, p.301-309. 1992.

HOEPNER, T.; LATTEMAN, S. **Chemical impacts from seawater desalination plants: a case study of the northern Red Sea.** Desalination, Amsterdam, v.152, n.1-3, p.133-140, 2002.

LIMA, S. A. de; ALVES, R. V.; FERNANDES, M. S.; VENUTO, R. de F.; FRANÇA, K. B. **Controle físico-químico de recursos hídricos para diferentes tipos de armazenamento de água dos moradores no semi-árido da Paraíba.** In: II Workshop internacional sobre água no semiárido brasileiro. Anais. Campina Grande – PB, 2015.

MATOS, A. P.; MORIOKA, L. R. I.; SANT'ANNA, E. S.; FRANÇA, K. B. **Teores de proteínas e lipídeos de *Chlorella* sp. Cultivada em concentrado de dessalinização residual.** Ciência Rural, Santa Maria, v.45, n.2, p.364-370, 2015.

MICKLEY, M. C. **Membrane concentrate disposal: practices and regulation.** Denver: U.S. Department of the Interior. (Desalination and Water Purification Research and Development Program Report No.69). [Http://www.usbr.gov/pmts/water/media/pdfs/report069.pdf](http://www.usbr.gov/pmts/water/media/pdfs/report069.pdf). 10 de jul. 2004.

ONG, C.; TANJI, K.; DAHLGREN, R.; SMITH, G.; QUEK, A. **Water quality and trace element evapoconcentration in evaporation ponds for agricultural waste water disposal.** Journal of Agricultural and Food Chemistry, Washington, v.43, n.7, p.1941-1947. 1995.

PESSOA, L. C. C. **Análise de desempenho e do impacto ambiental dos dessalinizadores por osmose reversa.** Dissertação Mestrado. Fortaleza: UFC, p.94, 2000.

PINHEIRO, J. C. V.; CALLADO, S. M. G. **Avaliação de desempenho dos dessalinizadores do Ceará.** Revista Econômica do Nordeste, Fortaleza, v. 36, nº1, jan-mar. 2005.

PORTO, E. R.; AMORIM, M. C. C. de; SILVA, L. G. A. J. **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.

PORTO, E. R.; AMORIM, M. C. C. de; ARAÚJO, O. J.; JÚNIOR, L.G. A. S. **Aproveitamento dos rejeitos da dessalinização.** In: Simpósio sobre captação de água de chuva no semiárido brasileiro, 1., 1997, Petrolina. A captação de água de chuva: base para viabilização do semi-árido brasileiro. Anais. Petrolina: Embrapa Semi-Árido/IRPAA/IRCSA,. p.51-57, 1999.

RIBEIRO, L.; SANCHES-PAGLIARUSSI, M; RIBEIRO, J. **Reutilização da sobra de água permeada e de rejeito de uma central de tratamento de água por osmose reversa de uma unidade de hemodiálise hospitalar.** Brazilian Journal of Biosystems Engineering, v. 10(3), p. 259-272, 2016.

RILEY, J. J.; FITZSIMMONS, K. M.; GLENN, E. P. **Halophyte irrigation: an overlooked strategy for management of membrane fraction concentrate.** Desalination, Amsterdam, v.110, n.3, p.197- 211. 1997.

SANTOS, A.N.; SOARES, T. M.; SILVA, E. F. F.; SILVA, D. J. R.; MONTENEGRO, A. A. A. **Cultivo hidropônico de alface com água salobra subterrânea e rejeito da dessalinização em Ibimirim, PE.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.14, n.9, p.961-969, 2010.

SILVA, S. K. da. **Sistema de dessalinização da comunidade de Uruçu – São João do Cariri – PB: Análises, monitoramento e avaliação de um misturador para o uso do concentrado.** Campina Grande- PB, 2008.

SILVA, S. K. da.; MONTEIRO, G de S.; SILVA, J. N.; FERREIRA, W. B.; FRANÇA, K. B. **Estudo do índice de densidade de sedimentos em águas oriundas de poços tubulares aplicadas a sistemas de dessalinização via osmose inversa.** Goiânia – GO, v.5, n.8, 2009.

SILVEIRA, A. P. P.; NUVOLARI, A.; DEGASPERI, F. T.; FIRSOFF, W. **Dessalinização de águas,** São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

SILVEIRA, M. C.; FRANÇA, K. B. **Avaliação do desempenho de um sistema de dessalinização via osmose inversa para águas salobras.** In: X Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, São Paulo – SP, 1998.

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.730–737, 2006.

SOUSA, Y. M. M. de; FERREIRA, E. G.; FIGUEIREDO, C. F. V. de; VASCONCELOS, G. C. **Tecnologia para tratamento de água salobra: estudo do caso de Santa Inês – PB.** In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC, Teresina – PI, 2014.