

IMPACTOS DA DESTINAÇÃO DO REJEITO DA DESSALINIZAÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA EM UMA COMUNIDADE DE JUAZEIRINHO-PB

Ewerton Braullio Nascimento Bezerra (1); Rayssa de Lourdes Carvalho Marinho do Rêgo (2); Carla Isonaide Araújo da Silva (3); Celeide Maria Belmont Sabino Meira (4); Rui de Oliveira (5)

- (1) *Universidade Estadual da Paraíba, e-mail; ewertonbraullio@hotmail.com*
(2) *Universidade Estadual da Paraíba, e-mail; rayssamcarvalho@hotmail.com*
(3) *Universidade Estadual da Paraíba, e-mail; carla_esa@outlook.com*
(4) *Universidade Estadual da Paraíba, e-mail; celeide.sabino@globo.com*
(5) *Universidade Estadual da Paraíba, e-mail; ruideo@gmail.com*

RESUMO

Nos últimos anos, obter água em quantidade e qualidade adequadas para o consumo humano tem sido uma das principais preocupações de entidades de vários setores da sociedade. De acordo com este cenário, a perfuração de poços vem crescendo a cada dia para atender à demanda da população. Porém, muitos desses poços possuem água de baixa qualidade, devido ao contato de longo tempo com rochas cristalinas, resultando em águas com alto grau de salinidade. Uma das alternativas para transformar as águas com alto grau de salinidade em águas próprias ao consumo é o uso de dessalinizadores. Esses equipamentos, frequentemente empregados no semiárido brasileiro, utilizam o processo de osmose reversa o qual implica na geração do rejeito, uma água residuária que tem concentração salina maior que a própria água salobra submetida ao tratamento e, por conseguinte, representa perigo de contaminação ambiental. A pesquisa tem como objetivo identificar os impactos ambientais gerados por rejeitos de dessalinizadores lançados ao meio ambiente, com base na análise de indicadores físico-químicos e microbiológicos da água do poço em uma comunidade no município de Juazeirinho-PB. Foi constatado, que tal rejeito proveniente do processo de dessalinização pode ser utilizado, porém com algumas restrições.

PALAVRAS-CHAVE: Dessalinizador, rejeitos, impactos.

ABSTRACT

In recent years, get water in adequate quantity and quality for human consumption has been a major concern of entities from various sectors of society. According to this scenario, the well drilling is growing every day to meet the demand of the population. However, many of these wells have low water quality due to the long contact time with crystalline rocks, resulting in water with high salinity. One alternative to transform the water with high salinity in own water consumption is the use of desalination plants. Such desalinators, often employed in the Brazilian semiarid, using the reverse osmosis process which involves the generation of reject a wastewater that has a higher salt concentration than the own brackish water subjected to treatment and therefore presents a danger of environmental contamination. The research aims to identify the environmental impacts generated by desalination of waste released to the environment, based on the analysis of physical, chemical and microbiological indicators of well water in a community in the municipality of Juazeirinho-PB. It has been found that such waste from the desalination process can be used, but with some restrictions.

KEYWORDS: Desalinator, tailings impacts

1 -INTRODUÇÃO

O semiárido brasileiro estende-se por oito estados da região Nordeste (Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe) mais o Norte de Minas Gerais, totalizando uma extensão territorial de 980.133,079 km²(MEDEIROS, 2014). Este apresenta como fator de destaque o clima, responsável pela variação de outros elementos que compõem a paisagem. Ao clima estão adaptados a vegetação e os processos de formação do relevo; os solos são, em geral, pouco intemperizados em função das condições de escassez das chuvas, tornando os processos químicos mitigados (ARAÚJO, 2011). A precipitação anual média da região varia entre 500 e 850 mm com mais de 70% das chuvas concentradas em alguns dias do ano; a evaporação real anual média varia de 450 a 700 mm anuais; e seu solo é geralmente raso sobre embasamento cristalino com os principais rios intermitentes. Desta forma, essas características climáticas, pedológicas e hidrológicas conferem à região restrições para o uso regular dos recursos hídricos.

Apesar da predominância de um subsolo constituído pelo embasamento cristalino, esse possui fraturas, onde ocorrem deslocamento e armazenamento de águas subterrâneas, que, estrategicamente, são protegidas de agentes poluidores e da evaporação, o que favorece na atividade de perfuração de poços, largamente utilizada pela população do Semiárido. Porém, muitos desses poços possuem água de baixa qualidade, devido ao contato de 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).

Mesmo com tais características, essas águas subterrâneas têm vasta utilidade, principalmente na zona rural, onde são consumidas por pessoas e animais, como também, utilizadas para irrigação na agricultura. Porém o uso indevido de uma água salina, pode ocasionar diversos impactos negativos á população e ao meio, como por exemplo causar doenças ligadas ao consumo exacerbado de sais na alimentação, como previne guias da organização mundial da saúde (WHO) indicando um valor máximo de concentração de sais em água potável em 500mg/L (WHO, 2011). Enquanto na agricultura, os usos de águas salinas comprometem o solo e a vegetação, favorecendo a aceleração do processo de desertificação e reduzindo a produtividade das plantas submetidas a estresse salino (GUEYI *et al.*, 2012).

Uma das alternativas utilizadas para transformar as águas com alto grau de salinidade em águas propicia ao consumo é o uso de dessalinizadores. Essa tecnologia baseia-se em processos físico-químicos e mecânicos que retiram o excesso de sais minerais, microrganismos e outras

partículas sólidas presentes na água salobra. Existem diversos tipos de dessalinizadores, com diferentes processos de dessalinização. No semiárido brasileiro um dos sistemas de dessalinização mais utilizados é o de osmose reversa, este tratamento remove grande parte dos componentes orgânicos e até 99% dos sais dissolvidos (SOARES *et al.*, 2005).

Entretanto, o processo de osmose reversa implica na geração de rejeito, uma água residuária que tem concentração salina muito maior que a água salobra submetida ao tratamento e, por conseguinte, possui alto risco de contaminação ambiental. Neste sentido, apesar de ser uma técnica de grande aplicabilidade e com resultado satisfatório, proporcionando melhores condições para a população semiárida, está também possui 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 lançados ao solo (ANDERS *et al.*, 2015). Desta forma, deve-se ponderar o benefício da dessalinização por osmose reversa, tendo em vista o potencial de contaminação da água residuária gerada no processo.

Frente a esse cenário a pesquisa tem como objetivo identificar os impactos ambientais gerados pelos rejeitos do dessalinizador lançados ao solo, analisando parâmetros físico-químicos e microbiológicos de águas dos poços e propor alternativas de mitigação dos impactos negativos gerados.

2- METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido na zona rural do município de Juazeirinho – PB (Latitude 7°03'63" S, Longitude 36°37'26" W) à 579 metros acima do nível do mar. Esta região é caracterizada por um clima semiárido, com temperaturas médias em torno de 27 °C possuindo precipitação anual em torno de 350 à 700 mm. Atualmente uma parte do município é abastecida por fonte superficial, o manancial Epitácio Pessoa, e outra área, com maior predominância na zona rural, é alimentada por fontes alternativas como extração de água subterrânea e transporte de água por caminhões tanque. O poço analisado nesta pesquisa atende às comunidades de Barra e Mendonça pertencentes ao município de Juazeirinho-PB. Tal reservatório possui uma profundidade de cinquenta metros e vazão de 9.600 L/h sendo de uso contínuo há aproximadamente cinquenta anos. Outro fato relevante, é a existência da criação bovina de pequeno porte no seu entorno, gerando uma decomposição de matéria orgânica constante.

O processo de extração e dessalinização da água ocorre na seguinte seqüência: a água do poço, denominada aqui de água bruta, é bombeada até um reservatório semi-enterrado, sendo conduzida por gravidade a um dessalinizador de osmose reversa, após estas etapas são gerados dois produtos, a água tratada, livre de grandes concentrações de sais e o rejeito.

Foram analisadas neste trabalho, 7 amostras coletadas entre 9 e 11h da manhã entre o mês de março e julho de 2016, referentes a água bruta, a água tratada e ao rejeito. Pretendeu-se determinar o potencial de ocasionar impactos negativos ao solo e a população local, devido ao descarte correto do rejeito ao meio ambiente, como o lançado ao solo, a utilização na dessedentação de animais e a irrigação de pequenas lavouras.

Os procedimentos de coleta seguiram as recomendações de APHA, AWWA, WPCF (2012), relacionada à qualidade da água para consumo humano (BRASIL, 2007). Durante a execução dos ensaios no laboratório, algumas amostras dos três produtos analisados foram danificadas por diversos motivos, de tal forma que estes resultados foram excluídos dos gráficos aqui apresentados. As amostras da água bruta e da água tratada foram coletadas após uma descarga contínua de dois a três minutos, e o líquido mantido em frascos de vidro âmbar, com capacidade de 100 ml para as análises microbiológicas e 1 litro para análises físico-químicas, estéreis, de boca larga protegida com papel metálico, com análise imediata. A Tabela 1 apresenta os parâmetros e os seus respectivos métodos analisados nas amostras.

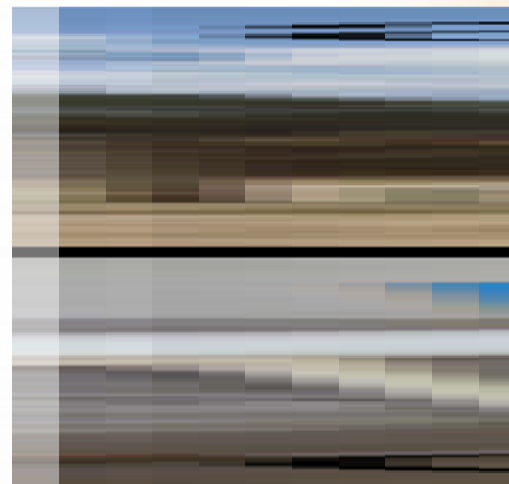
Quadro 1: Parâmetros analisados no estudo

Parâmetros	Método
pH	Potenciométrico
Dureza total	Titulométrico do EDTA
Nitrato	Salicilato
Coliformes total	Substrato Cromogênico
<i>Escherichia coli</i>	Substrato Cromogênico
Turbidez	Nefelométrico

Fonte: Própria, 2016.

Abaixo na Figura 1 está ilustrado dados importantes para a caracterização do local de coleta.

Figura1: (a) o reservatório de água bruta e a estrutura que abriga o conjunto motor-bomba (b) Indicação da localização do sistema, (c) o perfil longitudinal do dessalinizador (d) o perfil frontal do dessalinizador.



Fonte: Própria, 2016.

3 -RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em levantamento realizado por Amorim *et al.* (2004) referente aos sistemas de dessalinização de águas salobras no Estado da Paraíba, eles constataram que 85% dos sistemas de dessalinização os rejeitos são despejados no solo sem qualquer critério, ação esta que traz sérias conseqüências ao solo.

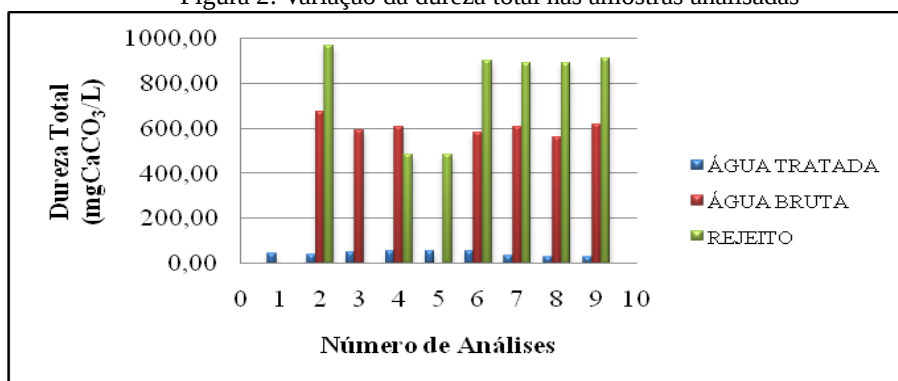
Os efeitos causados ao solo e a vegetação são os mais diversos. No solo, o excesso de sais pode causar modificação da estrutura, que futuramente pode gerar erosão; os sais em altas concentrações causam aumento do potencial osmótico, que tem como consequência maior retenção de água no solo e menor disponibilidade de água para a planta; em determinados níveis de salinidade, a planta em vez de absorver poderá perder água do seu interior para o solo. Outro efeito do aumento da concentração de sais no solo é a toxicidade que podem causar às plantas. De modo geral, a toxicidade é causada pelos íons cloreto, sódio e boro, mas outros íons podem provocar toxicidade em plantas, como é o caso do nitrato, que prejudica o desenvolvimento e desordens fisiológicas em algumas espécies vegetais. Além desses efeitos, os íons salinos podem provocar deficiência ou inibir a absorção de outros íons essenciais para o desenvolvimento das plantas (DIAS & BLANCO, 2010).

3.1- PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

3.1.1- Dureza total

A dureza total, a condutividade elétrica e a alcalinidade podem ser usadas para descrever grosseiramente o grau de mineralização do recurso hídrico. Os resultados de dureza total apresentados na Figura 2, mostram que a água bruta, antes de passar pelo dessalinizador apresenta uma elevada dureza e após o tratamento, a dureza é reduzida significativamente para valores abaixo do valor máximo permitido pela Portaria 2.914/2011, que estabelece o valor máximo permitido (VPM) de 500 mgCaCO₃/L, conseqüentemente esse processo de dessalinização melhora a condição estética da água, possibilitando uma maior aceitação de consumo por parte da população, deixando claro a eficiência desse tratamento.

Figura 2: Variação da dureza total nas amostras analisadas

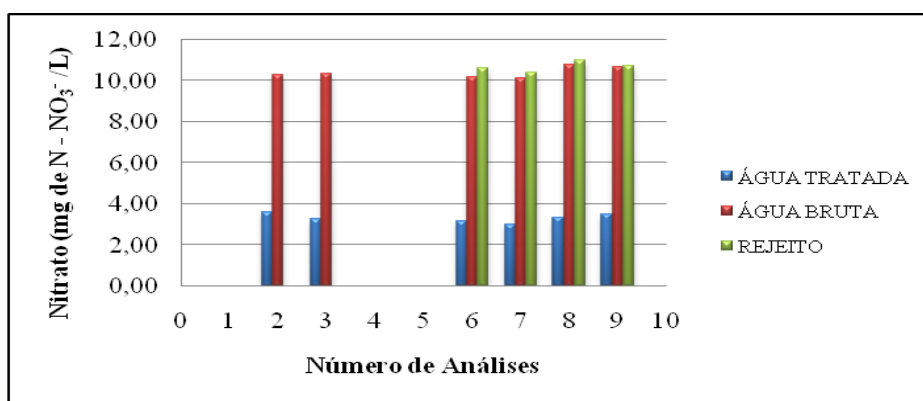


Fonte: Própria, 2016.

3.1.2- Nitrato

O valor máximo permitido para água potável é de 10 mg de N – NO₃⁻/L , conforme a portaria 2.914/2011. O Nitrato, em concentrações elevadas, está associado à doença da metaemoglobinemia, que dificulta o transporte de oxigênio na corrente sanguínea de bebês, e em adultos afeta a atividade metabólica interna (BRASIL, 2014). Nas amostras analisadas (Figura 3), foram encontrados valores um pouco acima do limite máximo permitido (VMP), na água bruta e no rejeito, evidenciando a eficiência do tratamento realizado com o dessalinizador.

Figura 3: Diferença de nitrato nas amostras analisadas



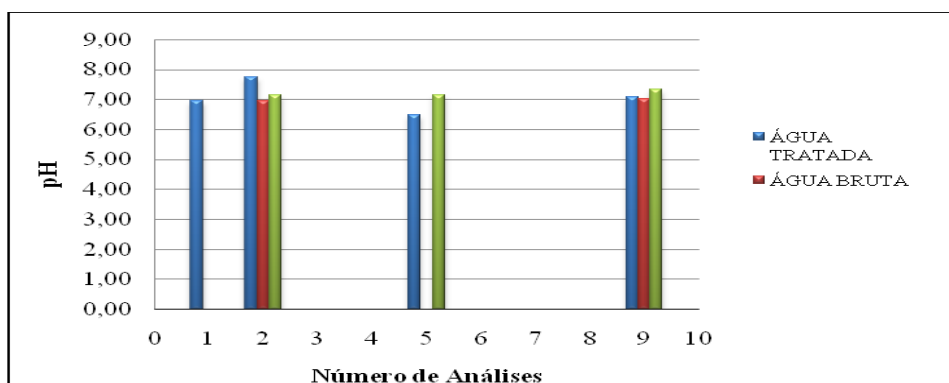
Fonte: Própria, 2016.

De acordo com os resultados da análise do nitrato, os animais podem ingerir o rejeito gerado pelo o dessalinizador, pois o limite máximo permitido para dessedentação de animais de acordo com o CONAMA 396/2008 é de 90 mgN-NO₃/L, valor o qual não foi extrapolado, no entanto é de grande relevância que outras análises sejam realizadas com o rejeito, para verificar este resultado em uma amostra maior, pois caso o nitrato seja consumido em alta concentração por animais ruminante, poderá provocar intoxicação, que por sua vez pode ocasionar, aborto em bovinos, anorexia, dispnéia, tremores, salivação, ranger dos dentes, contrações abdominais, andar cambaleante, as mucosas apresentam-se cianóticas, prostração, escurecimento do sangue devido à baixa oxidação e morte (PONTALTI, 2011).

3.1.3-pH

De acordo com a Portaria 2.914/2011 o pH da água potável deve estar entre 6,0 e 9,5. Os danos a quem consumir águas, frequentemente, com pH em não conformidade com essa portaria não são relevantes, segundo o controle hídrico de São Paulo (COHESP, 2015), que tratam da relação do pH dos alimentos com o pH sanguíneo. Na Figura 4 percebe-se que todas atendem ao padrão estabelecido.

Figura 4: Variação do pH nas águas analisadas.

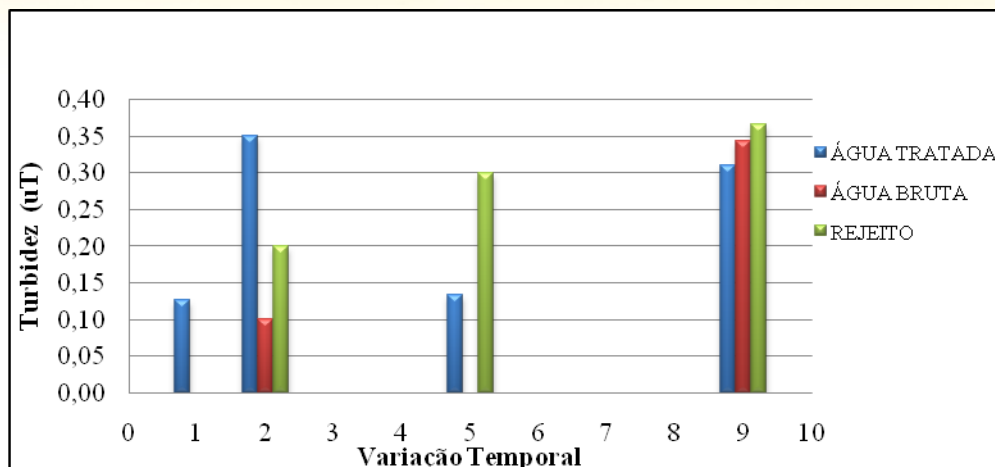


Fonte: Própria, 2016.

3.1.4- Turbidez

A turbidez indica a presença de sólidos suspensos, além de ser um indicador organoléptico; é também um indicador sentinela, fornecendo informações acerca da vulnerabilidade à contaminação por microrganismos (BRASIL, 2011). Conforme a Figura 5, todas as análises realizadas mostram o atendimento ao VMP estabelecido pela portaria em vigor.

Figura 5: Variação da turbidez nas amostras análises.



Fonte: Própria, 2016.

3.2- Parâmetros Microbiológicos

3.2.1-Coliformes Totais e *Escherichia Coli*

A Portaria 2.914/2011 estabelece como parâmetro de potabilidade a ausência em 100 mL de Coliformes totais e *Escherichia coli*. A Tabela 1 mostra que em 100 % das amostras de água tratada analisadas, foi constatada a presença de coliformes totais e em 75 % a presença de *E. coli*. Para água bruta 87,5% das amostras apresentaram presença de coliformes totais, e 62,5% apresentaram presença de *E. coli*. Para o rejeito 100% das amostras apresentaram presença de coliformes totais e 20% apresentaram presença de *E.coli*.

Figura 6: ¹Coliformes totais; ²*Escherichia coli*; P-Presente; A-Ausente; NC- Não conformidade.

Amostra	Água Tratada		Água Bruta		Rejeito	
	CT ¹	EC ²	CT	EC	CT	EC
1	P	A				
2			P	P		
3	P	P	A	A		
4	P	P	P	P		
5	P	P	P	A	P	A
6	P	A	P	P	P	P
7	P	P	P	P	P	A

8	P	P	P	A	P	A
9	P	P	P	P	P	A
% NC	100%	75%	87,5%	62,5%	100%	20%

Fonte: Própria, 2016.

Segundo Rocha *et al.* (2011), a contaminação microbiana pode estar associada à má condição de higiene da tubulação e dos reservatórios (caixas d'água) que acondicionam a água e alimentam as torneiras, já que esses reservatórios, algumas vezes, permanecem anos sem manutenção, criando condições favoráveis para a presença e sobrevivência de microrganismos patogênicos. Pelos resultados, pode ser percebido que a água tratada apresenta uma maior incidência, tanto de coliformes totais como de *E. coli*, indicando que a contaminação se agrava quando a água passa pelo reservatório e torneiras.

3.3 - Alternativas para a mitigação de impactos negativos

Para maior eficiência do sistema de dessalinização, é necessária a adoção de alternativas que reduzam o impacto que o rejeito venha causar ao meio ambiente. Em consulta à literatura, muitas pesquisas são desenvolvidas, mas poucos são os resultados satisfatórios com relação ao destino correto dado ao rejeito, principalmente nas regiões semiáridas.

Como alternativas preventivas para a destinação do rejeito do dessalinizador, Amorim *et al.* (2004a), desenvolveram experimento utilizando rejeito de dessalinizador para a criação de Tilápia do gênero *Oreochromis*, constatando que a espécie apresentou baixo índice de mortalidade durante o período de cultivo. Outros fatores positivos observados foram boa reprodução, ganho de peso, alta qualidade do pescado com relação ao sabor e à aparência do peixe, além da possibilidade de disponibilizar alimento de bom valor nutritivo às populações do semiárido, sendo uma alternativa com grande potencialidade de viabilidade econômica.

A prática do uso de tanques de evaporação da água do rejeito para obtenção do sal cristalizado, também pode ser uma alternativa. Porém a destinação desse sal representa uma incerteza, pois este, em muitos casos, não pode ser consumido por seres humanos e animais devido à presença de impurezas e compostos tóxicos (AMORIM *et al.*, 2004b).

Para mitigar os impactos negativos causados pelo descarte do rejeito no solo, uma alternativa seria o cultivo de plantas halófitas, dentre essas a *Atriplexnummularia*. Esta espécie vegetal apresenta boa adaptabilidade à região semiárida, é tolerante a solos salinos, tem capacidade

cicladora e também possui potencial forrageiro. Em experimento realizado por Porto *et al.* (2004), foi observado alto rendimento da cultura em solos irrigados com rejeito da dessalinização, como também incremento no peso vivo de animais alimentados com o feno proveniente da *Atriplex*.

4 - CONCLUSÕES

Com a escassez hídrica acentuada, a perfuração de poços no Brasil tem sido feita sem a devida observação de critérios ambientais e sanitários. As análises realizadas neste trabalho constatarem que, os indicadores pH e turbidez estão de acordo com os padrões estabelecidos pela Portaria MS 2.914/2011 em correlação com os pontos analisados. Enquanto que à dureza total e a concentração de nitrato, diminuem comparados aos valores da água bruta, evidenciando assim a eficiência do processo de dessalinização.

Os padrões microbiológicos foram os mais preocupantes, pois apresentam um alto índice de não conformidade com a portaria regente. Nenhuma amostra atendeu a portaria 2.914/2011 em todas foram encontradas Coliformes Totais e *Escherichia Coli*.

Este trabalho constata que o rejeito salino proveniente do dessalinizador, por osmose reversa, tem restrições de uso para diversas finalidades. A sua disposição direta nos solos provoca salinização contribuindo na intensificação do processo de desertificação.

A utilização do rejeito na atividade de piscicultura com espécies de Tilápia pode ser uma alternativa viável para a destinação do rejeito proveniente do processo de dessalinização.

Outra alternativa correta para o rejeito é seu descarte em tanques de evaporação, para obtenção do sal cristalizado e melhor manejo desse subproduto.

Áreas afetadas pelo despejo do rejeito podem ser manejadas com uso de culturas tolerantes a solos salinos, a exemplo da *Atriplex*.

Logo conclui-se que o lançamento do rejeito ao meio ambiente é possível, desde que de forma correta.

REFERÊNCIAS

AMORIM, M. C. C. et al. Diagnóstico de sistemas de dessalinização de água salobra subterrânea em municípios do estado da Paraíba – Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 13., 2004. **Artigo...**São Paulo – Brasil, p.17.

AMORIM, M. C. C. et al. Alternativas de reuso dos efluentes da dessalinização por osmose inversa: evaporação solar e meio líquido para cultivo de tilápiakoina (*Oreochromis* sp.). Disponível em:<<http://saudepublica.bvs.br/pesquisa/resource/pt/rep-1076>>2004a. Acesso em: 19out. 2016.

AMORIM, M. C. C. et al. Evaporação solar como alternativa de reuso dos efluentes da dessalinização por osmose inversa. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANIÁRIA E AMBIENTAL, XXVII, 2000.**Anais...**Porto Alegre – RS. Disponível em:<<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/aresidua/i-007.pdf>>. Acesso em: 19 out. 2016.

ANDERS, C. R. et al. Qualidade e impactos causados pela destinação do rejeito da dessalinização da água salobra no oeste potiguar. In: WORKSHOP INTERNACIONAL SOBRE ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO, 1., 2015, Campina Grande – PB. **Artigo...** Campina Grande – PB, 2015, p. 5.

APHA, AWWA, WPCF. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 22th ed. Washington, D.C: American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation, 2012. p. 1220.

ARAÚJO, S. M. S. A região semiárida do nordeste do Brasil: Questões ambientais e possibilidades de uso sustentável dos recursos. **RIOS Eletrônica - Revista da Faculdade Sete de Setembro**, Bahia, Ano 5, n. 5, p. 89-98, dez. 2011.

BRASIL. Ministério do meio ambiente.**Programa água doce: Documento base**. Disponível em:<<http://www.mma.gov.br/publicacoes/agua/category/41-agua-doce>> Acesso em: 30 de ago. 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 28 de jul.2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Diretriz nacional do plano de amostragem da vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano. Brasília: Ministério da Saúde, 2014. p. 60.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 396, de 3 de abril de 2008.Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=562>>. Acesso em: 29 de jul. de 2016.

DIAS, N. S.; BLANCO, F. F. 2010. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (eds.). **Manejo da Salinidade na Agricultura: Estudos Básicos e Aplicados**. Fortaleza, INCTSal, 2010, p.129-141



GHEYI, H. R. et al. **Recursos hídricos em regiões semiáridas: Estudos e Aplicações**. 1 ed. Campina Grande, PB: Instituto Nacional do Semiárido, Cruz das Almas, BA: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2012.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE (OMS). *Guidelines for Drinking-water Quality*. Organização Mundial de Saúde. 4th ed., 2011. Disponível em: <http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/2011/dwq_guidelines/en/>. Acesso em: 09 de out. de 2016.

PONTALTI, G.C. **Nitritos e nitratos: venenos ou nutrientes?** Bioquímica do Tecido Animal. PPGCV/UFRGS, 2011. 8p.

PORTO, E. R. et al. Sistema de produção usando o rejeito da dessalinização de água salobra no semi-árido brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 13., 2004. **Resumo**. São Paulo – Brasil

ROCHA, C. M. B. et al. Avaliação da qualidade da água e percepção higiênico-sanitária na área rural de Lavras, Minas Gerais, Brasil, 1999-2000. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 9, p. 1967-1978, set. 2006.

SOARES, T. M. et al. 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.

