

AVALIAÇÃO DO EFLUENTE DO DESSALINIZADOR E DA TILAPICULTURA EM SÃO JOSÉ DO SERIDÓ-RN

R. D. BEZERRA, M. B. VALE, J. A. S. GRILO JUNIOR*, C. C. M. BRAGA e J. K. S. OLIVEIRA
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
jose.junior@ifrn.edu.br*

Artigo submetido em novembro/2015 e aceito em setembro/2016

DOI: 10.15628/holos.2016.3643

RESUMO

A exploração das águas subterrâneas como forma de complementar e suprir a demanda de água na região do semiárido brasileiro, têm se tornado uma alternativa bastante utilizada pelo governo federal. Entretanto, devido aos altos teores de sais dissolvidos presentes nestas águas, a utilização de um tratamento para deixá-la potável é indispensável. O processo mais utilizado para este tratamento é o da dessalinização por osmose reversa, o qual produz certa quantidade de água potável e um rejeito bastante salino. Diversos estudos têm tentado encontrar uma alternativa para o aproveitamento deste efluente gerado, com o objetivo de minimizar o impacto ambiental. Uma forma de uso do efluente do dessalinizador é a sua aplicação em tanque de piscicultura, na qual a criação de tilápia tem apresentado um bom desempenho. Neste artigo buscou-

se avaliar a qualidade do efluente da criação de tilápia na unidade demonstrativa da comunidade de Caatinga Grande no município de São José do Seridó - RN, com o uso de água proveniente de rejeito de dessalinizador. Para isso, foram medidos os parâmetros de condutividade elétrica, salinidade, cloreto, dureza da água do poço e do rejeito do dessalinizador. Buscou-se ainda quantificar os parâmetros físico-químicos do efluente da criação de tilápia, visando à aplicação na agricultura. Nesse sentido, os coliformes termotolerantes presentes no efluente da tilapicultura foram quantificados. O estudo é norteado pela lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, a qual estabelece a Política Nacional do Meio Ambiente e define padrões de qualidade ambiental, e pelas resoluções nº 357, 396 e 430 do CONAMA.

PALAVRAS-CHAVE: piscicultura, dessalinização, qualidade da água, efluente.

STUDY OF WASTEWATER OF DESALINATOR AND TILAPIA CULTURE IN SÃO JOSÉ DO SERIDÓ-RN

ABSTRACT

The exploitation of groundwater for complement and meet the demand for water in the semiarid region of Brazil, has become an alternative often used by the federal government. However, due to the high contents of dissolved salts on the water, the use a treatment to make it drinkable is indispensable. The process most widely used for this treatment is the desalination by reverse osmosis, which produces a certain amount of water and a highly saline waste. Several studies have tried to find an alternative to the use of this effluent, with the goal of minimizing environmental impact. One way to use the effluent from desalination is its application in fish tank, in which the creation of tilapia has performed well. This study aimed to evaluate the effluent quality of tilapia

in the demonstration unit of the Caatinga Grande community in São José do Seridó - RN, using water from desalinator. For this, the parameters of electrical conductivity were measured, salinity, chloride, water hardness shaft and reject the desalinator. It has also sought to quantify the physicochemical parameters of the effluent of tilapia, aimed at application in agriculture. In this sense, thermotolerant coliforms present in the effluent of tilapia were quantified. The study is guided by the law No. 6938 of August 31, 1981, which establishes the National Environmental Policy and sets environmental quality standards, and the resolutions # 357, 396, 430 of CONAMA.

KEYWORDS: fish farming, desalination, water quality, effluent

1 INTRODUÇÃO

A reutilização, reuso de água ou o uso de águas residuárias, não é um conceito novo e tem sido praticado em todo o mundo há muitos anos. Existem relatos de sua prática na Grécia Antiga, com a disposição de esgotos e sua utilização na irrigação. No entanto, a demanda crescente por água tem feito do reuso planejado da água um tema atual e de grande importância (SOUZA, 2014).

A região do semiárido brasileiro abrange a maior parte dos estados do Nordeste, e parte da região setentrional de Minas Gerais e o norte do Espírito Santo, abrangendo uma área total de 969.589,4 Km² (Cirilo, 2008). A precipitação pluviométrica é em média cerca de 750 mm ano⁻¹, de forma bastante irregular no espaço e no tempo, embora em algumas áreas a precipitação média não ultrapasse os 400 mm ano⁻¹. E para agravar ainda mais, a evapotranspiração (perda de água pela evaporação), é bastante significativa chegando a 2.500 mm/ ano, destacando o déficit hídrico como o maior obstáculo para a ocupação do semiárido, ocasionado a degradação da qualidade das águas por meio da eutrofização e salinização, dificultando assim a produtividade agrícola. Essas características climáticas, pedológicas e hidrológicas, constituem restrições para a utilização regular dos recursos hídricos, notadamente para o desenvolvimento da agricultura que, em razão do regime irregular de chuvas, depende da irrigação para o suprimento de água para as culturas. Com predominância da área localizada sobre formações do tipo cristalino, com solos pouco profundos e de baixa capacidade de infiltração e armazenamento, a ocorrência de águas subterrâneas nessas regiões está limitada a fraturas e fissuras nas rochas e a zonas de aluviões dos rios, formadas pela deposição de sedimentos fluviais. Há de se ressaltar, entretanto, a existência de bacias sedimentares, de ocorrência localizada, com grande potencial hídrico (INSA, 2012).

Três questões principais são abordadas sobre o desenvolvimento de aquicultura ambientalmente sustentável: o que aconteceu no passado, quais são as tendências de hoje, e o que pode o futuro? A tradicional aquicultura é majoritariamente compatível com o ambiente, pois utiliza na exploração e resíduos e subprodutos localmente disponíveis, tais como restos de culturas, animal ou estrumes ou alimento natural em corpos d'água abertos como insumos nutricionais para os organismos aquáticos cultivados. Já a moderna aquicultura é voltada para alimentos que serão agro-industrialmente transformados, embora também inclua tecnologias relativamente recentemente desenvolvidas, tais como a criação induzida por melhoramento genético, uso de hormônios e produtos químicos para diversos fins. Houve também um aumento rápido e relativamente recente na produção aquícola com base no desenvolvimento dessa aquicultura "moderna" através da aplicação da ciência e da tecnologia (EDWARDS, 2015).

No momento em que o país necessita gerar riquezas e trabalho, a curto e médio prazo, a piscicultura surge como uma possibilidade de transformar-se numa indústria que movimenta milhões de dólares em diversos países. O Brasil, no contexto internacional, insere-se com grande potencial para a piscicultura, pois além do seu território fluvial, conta com o favorecimento de suas condições climáticas para a criação de peixes de água doce. A produção de peixes no Brasil ainda apresenta resultados modestos de desenvolvimento, devido aos processos de produção adotados e à falta de informação sobre espécies nativas com potencial zootécnico (MÁRCIA GONÇALVES PIZAIA, 2008).

Por sua vez, a tilápia é um peixe de origem africana, que vive em água doce. O seu cultivo tem se expandido rapidamente no mundo, ocupando, atualmente, o segundo lugar na produção de peixes de água doce cultivados. A primeira espécie que chegou ao Brasil foi a *T. rendalli*, na década de 1950.

A tilápia tornou-se um importante produto de aquicultura, em grande parte devido à sua adaptabilidade, que permite a rápida produção de peixes de tamanho comercial que atender às demandas do mercado (LOW *et al.*, 2015). A tilápia é provável que seja o mais importante de todos os peixes de aquicultura no século 21, sendo ela cultivada em pelo menos 85 países (SAYED; MONEEB, 2015).

As tilápias são peixes onívoros e rústicos, que se adaptam facilmente ao confinamento em sistemas intensivos de criação, tolerando baixos níveis de oxigênio e elevadas concentrações de amônia. Tais características também as levaram a ser cultivadas em águas salobras ou salgadas, trazendo ganhos econômicos, sociais e ambientais (ARAUJO *et al.*, 2010).

De acordo com Porto (2000), dependendo do equipamento utilizado e da qualidade da água do poço, a quantia de rejeito originado varia entre 40 a 60% do volume total de água salobra oriunda do poço. De acordo com Paulino *et al* (2003), a criação de peixes em viveiros depende especialmente da qualidade da água do cultivo, e as variáveis que afetam sua qualidade são complexas e inconstantes, sendo necessário o aperfeiçoamento dos conhecimentos limnológicos do sistema. Dessa forma o presente trabalho tem por objetivo, avaliar a qualidade do efluente da criação de tilápia na unidade demonstrativa da comunidade de Caatinga Grande no município de São José do Seridó – RN.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida na Unidade Demonstrativa do Assentamento “Caatinga Grande”, distante 8 km da Sede do município de São José do Seridó – RN (6°26’57” S; 36°52’40” W), conforme a Figura 1. O Assentamento encontra-se localizado numa chapada, com cerca de 2.000 hectares de extensão, onde moram 73 famílias que vivem das atividades de agricultura e pecuária. Esta comunidade é constituída de assentados da reforma agrária, na qual cada família recebeu do governo federal 20 hectares de terra para o desenvolvimento de atividades agropecuárias.

O município está localizado na microrregião do Seridó Oriental, limitando-se com os municípios de Cruzeta, Caicó, Jardim do Seridó e Acari, situando-se a 207 m de altitude, numa área de 174,50 km², equivalente a 0,35 % da superfície do Rio Grande do Norte e tendo como base econômica a agropecuária e extração mineral (IDEMA, 2008). Geologicamente o município abrange terrenos pertencentes ao Embasamento Cristalino, com rochas da Formação Seridó da idade Pré-Cambriano, 579 milhões de anos caracterizada por biotita xisto, sericita xisto, filitos e calcários. O solo é Bruno não Cálcio, Sílico-Argiloso e Pedregoso (CPRM, 2005).

O clima da região apresenta precipitação anual média de 896,3 mm, com chuvas escassas e mal distribuídas durante o ano inteiro, pois o período chuvoso geralmente é de no máximo três meses no ano. A umidade relativa do ar média de 62% anual. Evapotranspiração média de 1.500 mm anuais, temperatura média do ar dos últimos trinta anos de 26,8 °C. A classificação do clima,

Segundo a classificação climática de Köppen, adaptada ao Brasil, o clima de São José do Seridó é do tipo Bsh - Tropical Semiárido (CPRM, 2005).



Figura 1: Mapa do Rio Grande do Norte, com a localização da unidade demonstrativa (UD) do Assentamento “Caatinga Grande”, no município de São José do Seridó-RN.

Os experimentos foram realizados em campo na Unidade Demonstrativa (UD) da comunidade “Caatinga Grande” em São José do Seridó/RN. A UD foi implantada pela Embrapa junto com outras entidades em 2006. É um sistema constituído de três unidades integradas, a primeira é o dessalinizador que abastece a comunidade com água potável cujo poço tem vazão de 5.000 L/h (Figura 2).



Figura 2: Usina de dessalinização com reservatório de água potável de 5 m³ da unidade demonstrativa (UD) do Assentamento “Caatinga Grande”, no município de São José do Seridó-RN.

O dessalinizador de água funciona de três a cinco vezes por semana no período da manhã das 7 às 10 horas com produção em média de 15 m³ por semana. A segunda unidade é a de produção aquícola, formada pelo conjunto de três tanques com capacidade média de 350 m³ cada, implantados no solo revestidos com mantas de PVC de 0,8 mm de espessura resistentes à ação dos raios ultravioletas, sendo dois deles destinados exclusivamente ao cultivo da tilápia (Figura 3), e os mesmo constam de filtros na saída das tubulações de passagem para que os peixes não escapem dos tanques de cultivo e como também partículas maiores como restos de ração peletizada. Cada tanque possui um aerador. O terceiro tanque é o de acumulação dos efluentes gerados nos dois tanques da piscicultura (Figura 4), cuja água residuária é destinada à irrigação. A renovação de água dos tanques é realizada quinzenalmente com 30% de cada viveiro de forma alternada, com aeração parcial nos viveiros das 17 h às 19 h.



Figura 3: Tanques de piscicultura com revestimento plástico da unidade demonstrativa (UD) do Assentamento "Caatinga Grande", no município de São José do Seridó-RN.



Figura 4: Tanque de acumulação dos efluentes da piscicultura da unidade demonstrativa (UD) do Assentamento "Caatinga Grande", no município de São José do Seridó-RN.

A terceira unidade é a produção agrícola através cultivo de *Atriplex nummularia* (erva-sal) (Figura 5). A cultura é irrigada pelo sistema de gotejamento nas 776 plantas colocadas num espaçamento 3 m entre linhas por 3 m entre plantas, que por sua vez a atriplex é dado diretamente aos animais ou utilizado na produção de feno.



Figura 5: Área de cultivo de *Atriplex nummularia* irrigada da unidade demonstrativa (UD) do Assentamento “Caatinga Grande”, no município de São José do Seridó-RN.

Assim, os componentes que constituem a Unidade Demonstrativa de São José do Seridó estão representados na Figura 6.

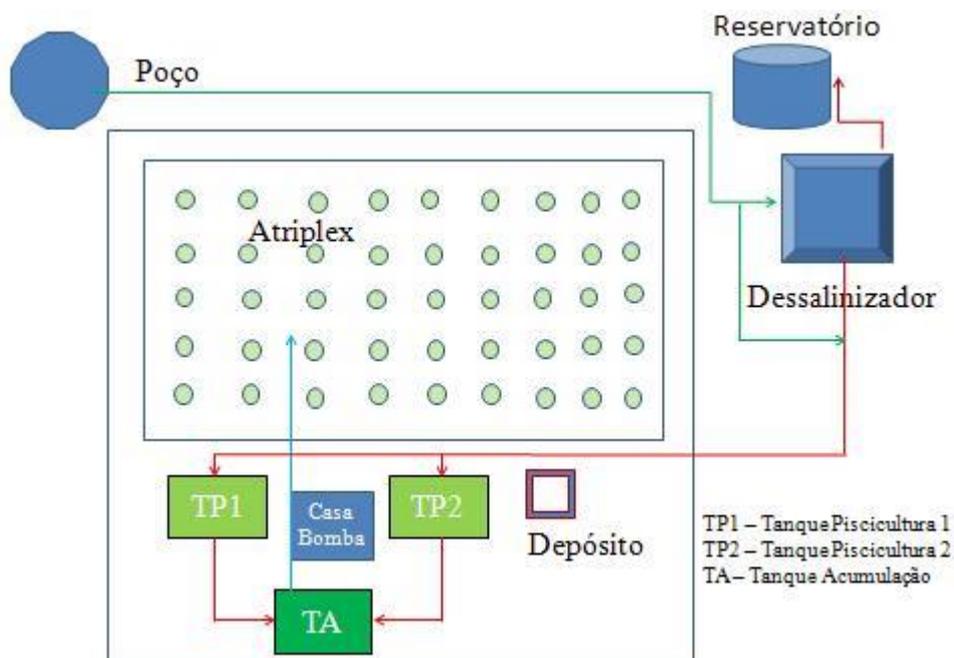


Figura 6: Esquema de distribuição dos componentes e funcionamento da unidade demonstrativa (UD) do Assentamento “Caatinga Grande”, no município de São José do Seridó-RN.

Como o sistema aquícola utilizam as águas provenientes do rejeito do dessalinizador e do poço tubular com vazão de 5 m³/h, foram realizadas três coletas de amostras de águas: o primeiro no rejeito do dessalinizador, o segundo no poço e o terceiro do tanque de acumulação que recebe os efluentes dos dois tanques de tilapicultura. Os dados de qualidade de água foram coletados entre 11 e 12 horas. No tanque de acumulação, a amostra foi retirada a 20 cm de profundidade com o auxílio de garrafa tipo Van Dorn, enquanto no dessalinizador e no poço foram coletadas diretamente da tubulação.

As amostras líquidas foram coletadas em frascos apropriados com capacidade de dois litros, em seguida, esses frascos foram mantidos acondicionados em recipiente térmicos, e transportados à temperatura refrigerada ao laboratório de Recursos Naturais do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), em Natal-RN, onde imediatamente se iniciaram os ensaios analíticos. O sistema foi monitorado no período de três meses, através de três coletas, realizadas nos dias 01/12/2011, 22/12/2011 e 09/02/2012.

As análises das fontes de abastecimento visou conhecer as características químicas e físicas para identificar a fonte de água de abastecimento, enquanto a análise dos efluentes da piscicultura teve o objetivo de identificar constituintes químicos capazes de complementar ou substituir a adição de fertilizantes químicos no solo, e o risco ambiental com uso de irrigação com água salina da criação de tilápia. Os parâmetros físico-químicos e microbiológicos que foram determinados são os seguintes: temperatura, pH, condutividade elétrica, alcalinidade total, dureza total, cálcio, magnésio, sódio, potássio, cloreto, carbonato, bicarbonato, sulfato, nitrogênio total, fósforo total, coliformes termotolerantes.

Os métodos analíticos utilizados para a caracterização das amostras seguiram os procedimentos descritos por APHA *et al* (2005) e estão determinados na tabela 1.

Tabela 1: Parâmetros analisados e respectivos métodos adotados no laboratório.

Parâmetro	Método analítico NAAE	Parâmetro	Método analítico NAAE
Alcalinidade	SM/2320 B	Dureza Total	SM/2340C
Cálcio	SM/3500B	Ortofosfato Solúvel	SM/4500P
Cloreto	SM/ 4500B	STD	SM/2540C
Condutividade	SM/2510B	Nitrato	SM/4500B
zSulfato	SM/4500E	Nitrito	SM/4500B
Magnésio	SM/3500B	Amônia	SM/4500B
pH	SM/4500B	Ferro dissolvido	SM/3500B
Potássio	SM/3500B	Carbonato	SM/3500B – Titulometria
Sódio	SM/3500B	Bicarbonato	SM/3500B – Titulometria
Coliformes Termotolerantes	SM/9221	-	-

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foi avaliada a qualidade da água do poço e do rejeito do dessalinizador, e para isso utilizou-se os parâmetros pH, condutividade elétrica (CE), sólidos totais dissolvidos, dureza total, alcalinidade total e cloreto.

Os resultados estão representados na Tabela 2.

Tabela 2: Resultados físico-químicos das amostras do poço e do rejeito.

Parâmetros	UND	POÇO (MÉDIA)	REJEITO (MÉDIA)
pH	ND	7,75	7,80
Condutividade elétrica	μS/cm	6.309,20	7.129,20
Sólidos Totais Dissolvidos	mg/L	4.799,10	5.058,33
Dureza total	mg/L CaCO ₃	2525,10	2725,20
Alcalinidade Total	mg/L CaCO ₃	63,15	67,20
Cloreto	mg/L Cl-	2.586,30	2.611,28

Quanto ao parâmetro pH a média aritmética foi 7,75 e 7,80 para o poço e rejeito respectivamente. Observa-se que a variação é muito pequena, pois não houve a adição na água de nenhuma espécie química que influenciasse esse parâmetro.

Verificou-se que as concentrações de sais no rejeito do dessalinizador são maiores que a do poço, visto que o rendimento do processo de osmose reversa na obtenção de água potável é de aproximadamente 25%. Essa comprovação foi rapidamente realizada, utilizando-se dos valores das condutividades elétricas das amostras, onde após a comparação dos resultados observou-se valores maiores para as amostras do rejeito do dessalinizador. Segundo Cosme (2011), os valores de condutividade elétrica das águas de rejeito são superiores aos das águas de poços proporcionados pelo aumento nas concentrações dos sais contidos na água residuária do processo de dessalinização. Observando os valores analíticos do STD, dureza total, alcalinidade total e cloreto ficam comprovados que há uma concentração de sais no rejeito da dessalinização.

Os valores da dureza total das amostras são justificados pela formação rochosa onde se encontra essa fonte de recurso hídrico e pelos elevados teores de cátions na água, principalmente de cálcio e magnésio.

Tabela 3: Valores de referência da água para consumo humano e águas subterrâneas.

Parâmetro	Unidade	POÇO (MÉDIA)	REJEITO (MÉDIA)	PORTARIA MS Nº 2.941 (VALOR MÁXIMO PERMITIDO ⁽¹⁾)	CONAMA Nº 396 (VALOR MÁXIMO PERMITIDO ⁽²⁾)
pH	ND	7,75	7,80	6,0 - 9,5	6,0 - 9,5
Condutividade elétrica	μS/cm	6.309,20	7.129,20	ND	ND
Sólidos Totais Dissolvidos	mg/L	4.799,10	5.058,33	1000	1000
Dureza total	mg/L CaCO ₃	2525,10	2725,20	500	ND
Alcalinidade Total	mg/L CaCO ₃	63,15	67,20	ND	ND
Cloreto	mg/L Cl-	2.586,30	2.611,28	250,00	250,00

(1) – Padrões de qualidade para consumo humano, segundo a Portaria 2.941 MS, de 12/12/2011.

(2) – Padrões de qualidade para água subterrânea com a finalidade de dessedentação de animais, segundo a Resolução CONAMA nº 396, de 03/04/2008.

Em relação ao uso direto para o consumo humano, a água do poço e do rejeito da dessalinização são consideradas impróprias para o consumo humano por apresentar um elevado teor de sais, segundo a Portaria MS Nº 2.941/2011.

O aproveitamento na dessedentação de animais conforme a Resolução CONAMA Nº 396 não é aceitável (tabela 3) e esta fonte de água subterrânea enquadra-se na classe II desta norma, que são águas dos aquíferos, sem alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que podem exigir tratamento adequado, dependendo do uso preponderante, devido às suas características hidrogeoquímicas naturais.

Tabela 4: Classificação da água de irrigação pelo critério da salinidade, segundo Richards (1954).

Richards (1954)		
Classe de Salinidade	(dS m ⁻¹)	Risco de Salinidade
C1	< 0,75	Baixo
C2	0,75 - 1,50	Médio
C3	1,50 - 3,00	Alto
C4	> 3,00	Muito alto
C4 (POÇO)	6,30	Muito alto
C4 (REJEITO)	7,10	Muito alto

Os valores médios do parâmetro CE encontrados no poço e rejeito foram 6.309,20 µS/cm e 7.129,20 µS/cm respectivamente. Baseando-se na classificação da água para irrigação de acordo com Richards (1954), as amostras estudadas encontram-se na C4 que são águas com muita salinidade e não é apropriada para irrigação sob condições normais, porém pode ser usada ocasionalmente, em circunstâncias muito especiais e mesmo assim devem ser explorados com culturas altamente tolerantes aos sais.

As amostras apresentaram altos teores de cloretos, ultrapassando os limites permitidos pela Resolução CONAMA nº 396 para uso preponderante na irrigação (tabela 3). Quanto aos critérios de toxicidade sugeridos por Ayers e Westcot (1999), as fontes encontram-se no T3 para o íon cloreto por apresentar teores muito elevados.

Tabela 5: Concentrações do cloreto em água e respectivos riscos de toxicidade às plantas.

T	Teor de sódio ou cloreto (mmol c L ⁻¹)		Problemas
	Irrigação por superfície	Irrigação por aspersão	
T1	3 - 9	< 3	Nenhum problema
T2	3 - 9	> 3	Problema moderado
T3	> 9	-	Problema severo
T3 (POÇO)	72,95		Problema severo
T3 (REJEITO)	73,66		Problema severo

Para a avaliação da qualidade do efluente da piscicultura, utilizou-se os parâmetros pH, temperatura, condutividade elétrica (CE), sólidos totais dissolvidos, dureza total, alcalinidade total, cloreto, nitrogênio amoniacal, nitrato, nitrito, cálcio, magnésio, sódio, potássio, carbonato, bicarbonato, sulfato, cloreto, coliformes termotolerantes e o cálculo da RAS.

Os resultados bacteriológicos representado pelos coliformes termotolerantes das três amostras do tanque de efluente, estão dispostos na Tabela 10 com o valor máximo para irrigação de água salobra classe 1 de acordo da Resolução CONAMA nº 357, de 17/03/2005.

Tabela 6 Resultados bacteriológicos das amostras do efluente.

PARÂMETRO	UNIDADE	Média	Valor máximo ⁽¹⁾
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	230	200/ 100 mL

(1) - Padrões de qualidade para água salobra classe 1, de acordo da Resolução CONAMA nº 357, de 17/03/2005.

Verifica-se que a análise bacteriológica apresentou o valor médio geométrico de coliformes termotolerantes de 230/100 mL estando fora do limite máximo permitido pela resolução CONAMA Nº 357. A literatura relata que valores acima de 1.000/100 mL não são indicados para o cultivo de animais aquáticos

Os resultados físico-químicos obtidos com as análises das três amostras do efluente da piscicultura estão representados na Tabela 7 com a média aritmética dos valores encontrados. Esta tabela também apresenta os valores máximos dos padrões de qualidade para água salobra classe 01, de acordo com a Resolução CONAMA nº 357, de 17/03/2005 e os valores normais para água de irrigação, de acordo com Ayers & Westcot (1976).

Tabela 7: Resultados físico-químicos das amostras do tanque de efluente.

Parâmetro	Unidades	Média	Valor Máximo ⁽¹⁾	Intervalo usual ⁽²⁾
Condutividade elétrica	µS/cm	8.859,33	ND	3.000
pH	ND	7,8	5,0 - 9,0 ⁽³⁾	6,0 – 8,5
Sólidos Totais Dissolvidos	mg/L	6.417,33	ND	0 – 1000
Alcalinidade total	mg/L CaCO ₃	96,6	ND	ND
Alcalinidade a hidróxidos	mg/L CaCO ₃	0	ND	ND
Alcalinidade a carbonatos	mg/L CaCO ₃	7,06	ND	ND
Alcalinidade a bicarbonatos	mg/L CaCO ₃	23,8	ND	ND
Dureza total	mg/L CaCO ₃	3.825,00	ND	ND
Nitrogênio Amoniacal	mg/L NH ₃	4,04	0,40 ⁽¹⁾	0 – 5
Nitrato	mg/L N	32,23	0,40 ⁽¹⁾	0 – 10
Nitrito	mg/L N	1,04	0,07 ⁽¹⁾	ND
Cálcio	mg/L Ca ⁺²	700,4	ND	0 – 400,8
Magnésio	mg/L Mg ⁺²	508,11	ND	0 – 60,6
Sódio	mg/L Na ⁺	724,25	ND	0 – 919,6
Potássio	mg/L K ⁺	80,23	ND	0 – 2
Ferro Dissolvido	mg/L Fe ⁺²	0,1	ND	ND
Carbonato	mg/L CO ₃ ⁻²	15,96	ND	0 – 3
Bicarbonato	mg/L HCO ₃ ⁻	85,4	ND	0 – 610,2
Sulfato	mg/L SO ₄ ⁻²	26,45	ND	0 – 960,6
Cloreto	mg/L Cl ⁻	3.860,91	ND	0 – 1063,5
Ortofosfato Solúvel	mg/L P	1,14	ND	0 – 2
RAS	meq.L ⁻¹	6,92	ND	0 – 15
Temperatura	°C	32,0	ND	ND

(1) – Padrões de qualidade para água salobra classe 1, de acordo da Resolução CONAMA nº 357, de 17/03/2005.

(2) – Intervalo normal na água de irrigação, de acordo com Ayers & Westcot (1976).

(3) – De acordo com a Resolução CONAMA 430, de 13/05/2011.

ND – Não definido pelas normas.

Inicialmente através dos resultados das análises físico-químicas, observa-se que houve uma variabilidade entre os valores dos parâmetros analisados do rejeito da dessalinização e do efluente.

Esta variação é justificada pela alta taxa de evaporação e pela introdução de ração no tanque da piscicultura.

A temperatura foi analisada *in situ* apresentando o valor médio de 32° C atendendo a Resolução Conama Nº 430, a qual dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes.

O pH do efluente apresentou o valor médio de 7,80 estando dentro das condições de lançamento de efluentes segundo a Resolução CONAMA Nº 430, a qual determina que pH esteja entre 5 a 9.

O valor médio da condutividade elétrica foi de 8.859,33 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Castro *et al.* (2005), registraram valores maiores de condutividade elétrica no efluente do cultivo de peixes em relação à água do abastecimento. Este fato deve-se possivelmente à presença de um aporte maior de nutrientes na água. Tomando por referência a classificação da água para irrigação de acordo com Richards (1954), o efluente estudado assim como a água do poço e rejeito da dessalinização classifica-se como C4.

Os valores da dureza total e de alcalinidade total encontrados no efluente apresentaram os valores médios de 3.825,00 mg/L de CaCO_3 e 96,60 mg/L de CaCO_3 respectivamente. De acordo com Kubtiza (1998) a presença de íons Ca^{2+} e Mg^{2+} livres na água de cultivo (componentes maiores da dureza total) são de fundamental importância ao funcionamento do sistema tampão. Estes íons ajudam na imobilização dos íons $\text{CO}_3^{=}$, formando compostos menos solúveis, como os precipitados de CaCO_3 e MgCO_3 . Deste modo, menos íons $\text{CO}_3^{=}$ estarão livres na água para se dissociar em HCO_3^- e OH^- atenuando a elevação do pH da água, mesmo em períodos de intensa atividade fotossintética.

Em se tratando de padrões para lançamento de efluentes, a legislação vigente no país é omissa para os parâmetros dureza total, alcalinidade total, sulfato, carbonato e bicarbonato. Todavia, para o uso do efluente na agricultura, a dureza total é um parâmetro de interesse, pois está relacionada principalmente aos cátions Ca^{+2} e Mg^{+2} os quais são combinados com os íons cloretos, sulfatos, nitratos, e indiretamente ao cálculo da RAS. Segundo Almeida (2010), águas muito duras são pouco recomendáveis em solos pesados e compactos, pois certos elementos têm efeitos tóxicos para os vegetais, principalmente os íons cloro e sódio, podendo causar toxicidade entre aqueles normalmente encontrados nas águas de irrigação.

O valor médio encontrado para o íon cloreto (Cl^-) foi 3.860,91 mg/L Cl^- . A Resolução CONAMA Nº 430 não definiu para água salobra, o limite máximo permitido para lançamento dos íons Cl^- no efluente. Para a agricultura, o teor médio encontrado ultrapassou o intervalo normal na água de irrigação, de acordo com Ayers & Westcot (1976) tabela 7. Quanto aos critérios de toxicidade sugeridos por Ayers e Westcot (1999), o efluente classifica-se como T3 para o íon cloreto por apresentar teores muito elevados. Segundo Richards (1954), os principais íons de preocupação quanto à toxicidade são o cloreto, o sódio e o boro. Os problemas de toxicidade podem ocorrer mesmo quando estes íons estejam em baixas concentrações, pois o cloreto desloca-se facilmente com a água do solo e é absorvido pelas raízes.

O sulfato, carbonato e bicarbonato demonstraram valores médios de 26,45 mg/L SO_4^{-2} , 15,96 mg/L CO_3^{-2} , e 85,40 mg/L HCO_3^- respectivamente. Para o uso na agricultura, o efluente

atende ao intervalo normal para água de irrigação, de acordo com Ayers & Westcot (1976) Tabela 11, exceto para o íon carbonato.

Os teores de amônia, nitrito e nitrato do tanque de efluente apresentaram valores médios de 4,04 mg/L NH₃, 32,23 mg/L N e 1,04 mg/L N respectivamente.

Os valores de amônia (NH₃) encontrados no efluente encontra-se dentro do limite máximo de lançamento de efluentes segundo a Resolução CONAMA Nº 430, que determina o valor máximo de 20,0 mg/L N. A diferença entre os teores de amônia do poço e do tanque de efluente é justificado pela liberação das excretas dos metabolismos do peixe e dos outros animais presentes no tanque de cultivo. O equilíbrio da amônia na água depende do pH, da temperatura e da salinidade (QUEIROZ, 2007). De acordo com Kubtiza (2000) a amônia é proveniente da própria excreção nitrogenada dos peixes e da decomposição do material orgânico na água e está presente na água sob duas formas: o íon amônio NH₄⁺ (forma pouco tóxica) e a amônia NH₃ (forma tóxica). Queiroz (2007) relata que o acúmulo de nitrogênio nos viveiros de aquicultura está diretamente relacionado com o manejo alimentar e com o percentual de nitrogênio contido na ração

Tabela 8: Concentração de amônia para lançamento de efluente em corpo aquático, valor ideal para a piscicultura e agricultura.

Material	UND	EFLUENTE (MEDIA)	CONAMA Nº 430 (VALOR MÁXIMO ⁽¹⁾)	BOYD (1997)		Intervalo usual ⁽³⁾
				LETAL	SEGURO	
Nitrogênio Amoniacal	mg/L NH ₃	4,04	20,00	2 - 100	< 2	0 – 5

O teor de amônia no efluente de acordo com a faixa de tolerância de Boyd (1997) é considerado letal para o crescimento do peixe, sendo este componente químico o principal estimulador da frequente renovação de água no tanque de piscicultura. Boyd (1997) enfatiza que o potencial poluidor dos viveiros de aquicultura aumenta em função do aumento na troca de água. Tanto do ponto de vista econômico quanto ambiental, a troca de água deve ser usada somente quando apresentar teores elevados de amônia.

O efluente apresentou o valor médio para o teor de ortofosfato solúvel de 1,14 mg/L P. O valor encontrado está fora do limite máximo para lançamento de água salobra classe 1 (0,124 mg/L P), segundo a resolução CONAMA Nº 357. A presença deste composto no efluente deve-se a ração não consumida, a ação de microorganismos e excretas dos animais do viveiro.

O cálculo da RAS e da RAS^o do efluente demonstra o valor médio de 5,13 e 6,92 meq.L-1 respectivamente. Para água de irrigação no aspecto sodicidade de acordo com Richards (1954) o efluente classifica-se na classe S1. Com isso o efluente salobro ficou caracterizado segundo os critérios de Richards (1954) como C4S1 sendo considerada uma água não adequada para a agricultura.

4 CONCLUSÃO

As águas do poço e do rejeito da dessalinização possuem características físico-químicas bastante semelhantes, devido à baixa taxa de eficiência do aparelho de dessalinização a qual é de 25%.

Inicialmente a utilização do rejeito da dessalinização na piscicultura surgiu visando o uso múltiplo da água, através da inserção desta atividade produtiva com fins econômicos como forma de sustentabilidade ambiental. Entretanto, o volume de água necessário para abastecer os dois tanques de piscicultura é maior que o volume gerado.

Pelo rejeito da dessalinização, obrigando ao uso de mais água salobra do poço e como consequência uma maior quantidade de sais é lançado no meio ambiente. Dessa forma, o aproveitamento do rejeito para a criação de peixes cumpre o seu papel na busca por uma melhor eficiência hídrica, porém estimula o crescimento de efluente salino gerado no sistema, aumentando a insustentabilidade ambiental.

A legislação vigente no país preocupa-se em definir os padrões de lançamento de efluentes em corpos aquáticos, porém para o lançamento no solo ainda existe uma lacuna, a qual poderá ser posteriormente ocupada através de uma instrução normativa que incluam os limites máximos permitidos para disposição de efluente no solo.

Através dos resultados analíticos da CE, cloreto, sódio e o cálculo da RAS^o comprovou-se que o efluente salobro é classificado como C4S1 e T3 para o íon cloreto, ou seja, a água é considerada muito ruim para a agricultura conforme a literatura consultada e poderá causar problemas de salinidade, sodicidade e toxicidade.

O efluente por ser rico em nutrientes como o potássio, nitrogênio e fósforo oriundo da água do poço, devido a outros fatores como as atividades metabólicas dos animais no tanque da piscicultura e da sobra de ração protéica que não foi totalmente ingerida pelos peixes, poderá ser utilizado na agricultura como substituição da fertilização, na forma de fertirrigação.

O lodo gerado nos viveiros é empregado como adubo na agricultura, pois contém nutrientes provenientes da água de cultivo.

A aplicação de técnicas de Boas Práticas de Manejo com o objetivo de reduzir a troca de água no tanque de piscicultura, observando o percentual de saciedade dos peixes e os teores de amônia e oxigênio dissolvido no viveiro é uma forma de minimizar o volume de efluente gerado.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARAUJO, Glacio Souza *et al.* CULTIVO DA TILÁPIA DO NILO EM TANQUES-REDE CIRCULARES EM DIFERENTES DENSIDADES DE ESTOCAGEM. Biosci. J, Uberlândia, p.428-434, 2010. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/viewFile/7080/4856>>. Acesso em: 07 out. 2015.
2. AYERS, R. S., WESTCOT, D. W. A qualidade da água na agricultura. Disponível em: <<http://translate.google.com.br/translate?hl=pt-BR&sl=en&tl=pt&u=http%3A%2F%2Fwww.fao.org%2Fag%2Fagl%2Fpublic.stm>>.
3. BARBOSA, Ana Célia Araújo; MOURA, Ezequias Viana de; SANTOS, Rafson Varela dos. CULTIVO DE TILÁPIAS EM GAIOLAS. Natal: Emparn, 2010. Disponível em: <<http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/EMPARN/DOC/DOC00000000024667.PDF>>. Acesso em: 09 out. 2015.
4. BOYD, C. E. Manejo do solo e da qualidade da água em viveiros de aquicultura. American Soybean Association, USA (Tradução Eduardo Ono), 1997, 55p.
5. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente: Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA.

- Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, Brasília, DF.
6. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente: Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA, Brasília, DF.
 7. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente: Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução nº 396, de 03 de abril de 2008. Classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências, Brasília, DF.
 8. BRASIL. Ministério da Saúde. MS. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, Brasília, DF.
 9. COSME, C. R. Avaliação da qualidade da água proveniente de estações de tratamento de água salobra na zona rural do município de Mossoró-RN. 2011.
 10. CPRM. Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea. Recife, 2005. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/rehi/atlas/rgnorte/relatorios/SJDS140.PDF>> Acesso em 29 set. 2015.
 11. EDWARDS, Peter. Aquaculture environment interactions: Past, present and likely future trends. *Aquaculture*, n. 447, p.2-14, 2015. Disponível em: <www.elsevier.com/locate/aqua-online>. Acesso em: 29 set. 2015.
 12. IDEMA. Perfil do seu município. Natal, 2008. Disponível em:<http://www.idema.rn.gov.br/contentproducao/aplicacao/idema/socio_economicos/arquivos/Perfil%202008/S%C3%A3o%20Jos%C3%A9%20do%20Serid%C3%B3.pdf> Acesso em 29 set. 2015.
 13. Instituto Nacional do Semiárido. RECURSOS HÍDRICOS EM REGIÕES SEMIÁRIDAS: RECURSOS HÍDRICOS EM REGIÕES SEMIÁRIDAS. Campina Grande: Editora Eletrônica, 2012. Disponível em: <http://www.insa.gov.br/wp-content/themes/insa_theme/acervo/recursos-hidricos-II.pdf>. Acesso em: 23 set. 2015.
 14. KUBITZA, F. 2000. Tilápias: água, cultivo, produção, nutrição e sanidade – Parte I. *Revista Panorama da Aquicultura*, Rio de Janeiro, 2000, p.44-53, mai/jun. Disponível em:<http://www.aquaimagem.com.br/docs/Pan59_Kubitza.pdf> Acesso em: 29 set. 2015.
 15. KUBITZA, Fernando. Tilápia em água doce e salgada: Uma boa alternativa de cultivo para estuários e viveiros litorâneos. *Panorama da Aquicultura*, v. 15, n. 88, p.14-18, 2005. Disponível em: <<http://web.uvic.ca/~soed/documents/Kubitza%20Collection%20II.pdf>>. Acesso em: 26 out. 2015.
 16. LOW, Kah Hin *et al.* Distribution and health risk assessment of trace metals in freshwater tilapia from three different aquaculture sites in Jelebu Region (Malaysia). *Food Chemistry*, n. 177, p.390-396, 2015. Disponível em: <www.elsevier.com/locate/foodchem>. Acesso em: 05 out. 2015.
 17. MÁRCIA GONÇALVES PIZAIA, 46., 2008, Rio Branco. A PISCICULTURA NO BRASIL: UM ESTUDO SOBRE A PRODUÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO DE “OREOCHROMIS NILOTICUS”. Rio Branco: -, 2008. 16 p. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/9/497.pdf>>. Acesso em: 29 set. 2015.

18. PAULINO, Renata Vale. ARAÚJO, Odilon Juvino; PORTO, Everaldo Rocha. Cultivo de tilápia rosa (*Oreochromis* sp.) utilizando-se rejeito de dessalinização de água salobra subterrânea. XIII Congresso Brasileiro de Engenharia de Pesca, 2003, Porto Seguro. Anais... Porto Seguro: XIII CONBEP, 2003. p. 796-804.
19. QUEIROZ, J. F. de. Recomendações práticas para Melhorar a Qualidade da Água e dos Efluentes dos Viveiros de Aquicultura. Jaguariúna, EMPRABA. 2006.
20. RICHARDS, L.A. (ed.). Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington D.C.: U.S. Salinity Laboratory., 1954. 160p. (USDA. Agriculture Handbook, 60). Disponível em <http://naldc.nal.usda.gov/download/CAT87210573/PDF>
21. SOUZA, Ana Cláudia Medeiros. MANEJO INTEGRADO DO REJEITO DA DESSALINIZAÇÃO DA ÁGUA SALOBRA NA AGRICULTURA. 2014. 47 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Gestão Ambiental, Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas, Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2014. Disponível em: <<http://ppgmsa.ufersa.edu.br/wp-content/uploads/sites/59/2014/10/Dissertação-ANA-CLÁUDIA-MEDEIROS-SOUZA.pdf>>. Acesso em: 23 set. 2015.