



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMIÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
BACHARELADO EM AGRONOMIA

WINDSON CAIO MARINHO FREITAS

**PRODUÇÃO DE FORRAGEM FERTIRRIGADAS COM EFLUENTE DE
PISCICULTURA ORIUNDO DE REJEITO DE DESSALINIZADORES**

**MOSSORÓ-RN
2018**

WINDSON CAIO MARINHO FREITAS

**PRODUÇÃO DE FORRAGEM FERTIRRIGADAS COM EFLUENTE DE
PISCICULTURA ORIUNDO DE REJEITO DE DESSALINIZADORES**

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Centro de Ciências Agrárias para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Nildo da Silva Dias – UFERSA

MOSSORÓ- RN
2018

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

F Freitas, Windson Caio Marinho.

862p Produção de forragem fertirrigadas com efluente salino de piscicultura oriundo de rejeito de dessalinizadores / Windson Caio Marinho Freitas. -

2018.

39 f. : il.

Orientador: Nildo da Silva Dias .

Monografia (graduação) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Curso de Agronomia, 2018.

WINDSON CAIO MARINHO FREITAS

**PRODUÇÃO DE FORRAGEM FERTIRRIGADAS COM EFLUENTE DE
PISCICULTURA ORIUNDO DE REJEITO DE DESSALINIZADORES**

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Centro de Ciências Agrárias para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

APROVADA EM: 12/09/2018

BANCA EXAMINADORA

Nildo da Silva Dias

Profº. DSc. Nildo da Silva Dias – UFERSA
Presidente

Jair José Rabelo de Freitas

Engº. Agrº. Jair José Rabelo de Freitas – UFERSA
Primeiro Membro

Cleyton dos Santos Fernandes

Engº. Agrº. Cleyton dos Santos Fernandes – UFERSA
Segundo Membro

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, que me guiou por toda essa caminhada, com a esperança que tudo ia dar certo e por ter dado forças para desenvolver e finalizar esse trabalho.

A UFERSA, pela oportunidade de cursar e concluir o curso de Agronomia.

Agradeço a minha Mãe Édila e ao meu Pai Francisco “Chicão”, pelo apoio que sempre me deram, pelo fato de nunca me abandonar e sempre aconselhar para o melhor caminho.

Agradeço ao meu orientador Professor DSc. Nildo da Silva Dias, pela paciência, amizade e ensinamentos que foram muito importantes durante toda minha vida acadêmica.

Aos membros da banca por participar me ajudando a conseguir concluir minha formação acadêmica.

A todos meus familiares, em especial a minha Avô Corina “*in memoriam*”, onde foi a minha maior inspiração para nunca desistir.

A minha sogra Maria Rita e a minha namorada Rayanne que sempre estiveram comigo nos momentos mais difíceis.

Por fim, agradeço a todas as pessoas que contribuíram de alguma forma para que essa etapa muito importante da minha vida se concretizasse.

RESUMO

Na região Nordeste a opção mais viável para garantir o acesso à água da população rural é a perfuração de poços tubulares. Entretanto, as águas exploradas, na maioria das vezes, servem ao consumo animal, às vezes ao consumo humano e raramente à irrigação. Como medida de solução o Governo Federal implantou em várias comunidades e assentamentos rurais do semiárido, estações de tratamento de água por osmose reversa, a fim de obter água potável, porém, no processo de dessalinização, gera-se além da água potável um rejeito salino que na maioria das vezes não recebe nenhum tipo de tratamento ou destinação correta. Portanto foi desenvolvida uma pesquisa-ação na Comunidade Serra Mossoró e no Assentamento Rural Santa Elza, ambos localizados na zona rural do Município de Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil, objetivando avaliar a produção e qualidade de espécies forrageiras, é dizer, capim elefante *Pennisetum purpureum* Schum, cv. Roxo, sorgo *Sorghum bicolor*, cv. BRS Ponta Negra e milho crioulo *Zea mays*, cv. Vida Longa, fertirrigadas com o rejeito salino após sua utilização em viveiros de criação de tilápias. Os resultados mostraram que houve acúmulo de sais na zona radicular do solo após um ciclo cultural do milho, sorgo e capim elefante, evidenciando o processo de salinização sazonal, uma vez que foram registrados incrementos relativos de sais ($CE_{es_final}/CE_{es_inicial}$) em todas as áreas, com variação ente 2,40 a 3,15 dS m⁻¹. Entretanto, a CE_{es_final} (variação de 1,15 a 2,11 dS m⁻¹) de todos as áreas de cultivo estão abaixo do limite de tolerância à salinidade. A presença de nutrientes na solução de irrigação (efluente) estimula o crescimento vegetativo das plantas devido à melhoria da fertilidade do solo, especialmente a incorporação de matéria orgânica. Esses benefícios podem, inclusive, ter reduzido os efeitos deletérios dos sais dissolvidos no efluente sob o solo e as plantas devido à alta CE e a toxidez dos íons cloreto e sódio. Não houve perdas significativas nos rendimentos e na qualidade das três espécies cultivadas. Na produção de capim elefante, foram registrados teores médios de Proteína Bruta (PB) acima do mínimo necessário para a ocorrência da fermentação ruminal; A produção de biomassa do sorgo e do milho crioulo em ambas as localidades (média de 21,52 ton ha⁻¹), foram satisfatórias; A CE, bem como as concentrações de todos os nutrientes do efluente foram superiores ao do rejeito salino; À Demanda Química de Oxigênio (DQO) e Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) do efluente, foram classificadas como adequadas para fins de irrigação e por fim, pode-se inferir que os riscos de salinização dos solos tratados com rejeito salino, depois de utilizado nos viveiros de criação de tilápias, aumentam de moderado para severas restrições em ambas às localidades estudadas.

Palavras-chave: Recursos hídricos; reuso de água; piscicultura; produção de forragem.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Etapas da osmose reversa.....	15
Figura 2 - Localização do Assentamento Santa Elza e da comunidade rural Serra Mossoró, Mossoró, RN.....	21
Figura 3 - Esquema do sistema de tratamento de água salina e da produção agrícola integrada e sustentável utilizando rejeito salino como suporte hídrico	22
Figura 4 - Planta baixa do subsistema criação de tilápias, incluindo o tanque para armazenamento do efluente	23
Figura 5 - Aeradores instalados nos viveiros de piscicultura para oxigenação da água.....	24
Figura 6 - Áreas de plantio das espécies forrageiras capim elefante, sorgo e milho crioulo .	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características físico-químicas do rejeito salino no Assentamento Santa Elza e na Comunidade Serra Mossoró	27
Tabela 2 – Classificação dos solos receptores do rejeito bruto quanto à salinidade em Santa Elza e Serra Mossoró antes das ações da pesquisa.....	28
Tabela 3 – Características físico-químicas e biológicas do efluente da piscicultura em Santa Elza e Serra Mossoró, Mossoró, RN	28
Tabela 4 – Médias para Altura de planta (AP), Massa de matérias seca (MMS), Teor de proteína bruta (PB) e composição mineral do capim elefante aos 45 dias após o primeiro corte em Santa Elza e Serra Mossoró	29
Tabela 5 – Características físico-químicas e biológicas do efluente da piscicultura em Santa Elza e Serra Mossoró, Mossoró, RN	30
Tabela 6 – Médias de Massa seca total (MMS), Rendimento de grãos (RG), Sólidos Solúveis (SST), Volume de caldo no colmo (VC) e Proteína bruta (PB) do Sorgo fertirrigado com efluente nos subsistemas instalados em Santa Elza e Serra Mossoró.....	31
Tabela 7 – Características físico-químicas dos solos antes da aplicação do efluente da piscicultura em Santa Elza e Serra Mossoró, Mossoró, RN.....	32
Tabela 8 – Relação entre os atributos CE_{es} , pH e PST na camada de 0-45 cm dos solos, avaliados no início e no final dos ciclos das culturas do milho, sorgo e capim fertirrigados com efluente da piscicultura.....	32

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

AIT – Asian Institute of technology.

ALEVINOPAR – Associação de Produtores de Alevinos do Estado do Paraná.

CE – Condutividade Elétrica

CE_{es} – Condutividade Elétrica do Extrato de Saturação.

DAS – Dias Após a Semeadura.

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio.

DQO – Demanda Química de Oxigênio.

LASAP – Laboratório de Solo Água e Planta.

MMS – Médias de Massa seca total.

MST – Massa seca total.

NGE – Número de grão por espiga.

OD – Oxigênio Dissolvido.

PB – proteína bruta.

PST – Porcentagem de Sódio Trocável.

RAS – Razão de Adsorção de Sódio.

RG – Rendimento de grãos.

RN – Rio Grande do Norte

SEAAB – Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Paraná.

SST – Sólidos Solúveis.

UFERSA – Universidade Federal Rural do Semiárido.

VC – Volume de caldo no colmo.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	13
2.1 OBJETIVO GERAL.....	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	14
3.1 REUTILIZAÇÃO DA ÁGUA.....	14
3.2 A TECNOLOGIA DA OSMOSE REVERSA E A DESTINAÇÃO DO REJEITO SALINO	15
3.3 REUTILIZAÇÃO DA ÁGUA DE REJEITO DA DESSALINIZAÇÃO PARA A PRODUÇÃO DE TILÁPIA	17
3.4 EFEITOS DE SAIS NO SOLO E NA PLANTA	17
3.5 TOLERÂNCIA DO CAPIM ELEFANTE, SORGO E MILHO CRIOULO A SALINIDADE.....	19
4 MATERIAL E MÉTODOS	21
4.1 CARACTERIZAÇÃO GERAL	21
4.2 CONSTRUÇÃO DOS VIVEIROS PARA CRIAÇÃO DE TILÁPIA.....	22
4.3 CULTIVO DE ESPÉCIES FORRAGEIRAS FERTIRRIGADA COM EFLUENTE DA PISCICULTURA	25
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
5.1 CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS E ANÁLISES DO REJEITO E DO EFLUENTE DA PISCICULTURA	27
5.2 CULTIVO DE ESPÉCIES FORRAGEIRAS FERTIRRIGADAS COM EFLUENTE DA PISCICULTURA	29
5.2.1 Capim elefante.....	29
5.2.2 Sorgo.....	30
5.2.3 Milho crioulo	31
5.2.4 Alterações dos atributos físicos-químicos do solo tratado com rejeito salino.....	31
6 CONCLUSÕES.....	34
REFERÊNCIAS	35

1 INTRODUÇÃO

É notório que a escassez de água no semiárido nordestino é um problema que demanda uma resposta prioritária. Dentre os muitos aspectos apontados pela Região Nordeste, destaca-se a seca, oriunda dos baixos índices pluviométricos e das irregularidades das chuvas na região. Com isso, torna-se um grande desafio proporcionar às famílias que residem em comunidades rurais do semiárido o abastecimento de água potável e que suas terras se tornem produtivas. No semiárido, a exploração das águas subterrâneas é uma alternativa viável para as comunidades ter o acesso à água potável, por meio de investimentos públicos na perfuração de poços tubulares, porém, na maioria das vezes, as águas exploradas são de qualidade inferior, normalmente salobra, servindo apenas ao consumo animal, às vezes ao consumo humano e raramente à irrigação (DEMÉTRIO, 1993).

Segundo o Governo do Estado do Rio Grande do Norte (2002), o estado possui cerca de 90,69% do seu território estadual inserido na região semiárida (48.343,60 Km²), correspondendo a 4,55% do semiárido Nordeste, tornando-o como um dos estados mais carentes em oferta hídrica do Nordeste. Consequentemente, depende de um regime pluviométrico extremamente irregular e um meio físico que, em grande parte da superfície não possibilita a acumulação das águas pluviais (áreas sedimentares do semiárido), fatores esses que se aliam a uma crescente demanda para os programas de abastecimento público e projetos de irrigação.

Para solucionar esse problema o Governo Federal instalou em diversas comunidades e assentamentos rurais do semiárido, estações de dessalinização por osmose reversa, com o propósito de obter água potável para os agricultores familiares por meio da dessalinização das águas salobras de poços e, ainda, torná-las de capacidade produtiva. Com o emprego desta tecnologia, as precárias condições do abastecimento hídrico nas localidades nordestinas contempladas pelos programas governamentais, são amenizadas (RABELO, 2006).

Durante o processo de dessalinização gera-se, além da água doce, um resíduo líquido (rejeito) salino, o qual não pode ser descartado no solo (SOARES, 2007). Tendo em vista o número de dessalinizadores instalados no Nordeste brasileiro, um grande volume de salmoura proveniente da osmose reversa é gerado e, que, não está recebendo qualquer tipo de tratamento e, mesmo assim, está sendo despejado no solo ou nos corpos hídricos, propiciando a desertificação das áreas e a salinidade das águas (PORTO et al., 2001).

Portanto, deve-se ter o controle e descarte adequado do rejeito salino gerado no processo de dessalinização. O uso sustentável das estações dessalinizadoras para purificação

das águas dos poços no meio rural do semiárido brasileiro tem como principal objetivo minimizar os efeitos colaterais na poluição dos solos receptores.

Nesse sentido, uma pesquisa foi conduzida no Assentamento Santa Elza e na Comunidade Rural Serra Mossoró, localizados no município de Mossoró-RN, que devido aos seus históricos de lutas e resistências aos fatores climáticos naturais no tocante à escassez de recursos hídricos, foram contempladas com a perfuração de um poço e uma estação de dessalinização. A pesquisa-ação tem como objetivo investigar a produção e qualidade de forragem (capim elefante, sorgo e milho crioulo), usando o efluente salino da piscicultura oriundo de viveiros preenchidos com rejeito salino como suporte hídrico e nutricional.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar produção de espécies forrageiras fertirrigadas com o rejeito salino após sua utilização em viveiros de criação de tilápias.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterização físico-química dos solos irrigados com o rejeito, do rejeito salino e do efluente da piscicultura.
- Produção e qualidade das espécies forrageiras fertirrigadas com efluente da piscicultura.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 REUTILIZAÇÃO DA ÁGUA

A água é uma substância necessária a diversas atividades humanas, além de constituir componente fundamental da biosfera e ser solvente universal, sendo essencial à vida. Recurso de valor inestimável, ela tem utilidades múltiplas, como geração de energia elétrica, abastecimento doméstico e industrial, irrigação, navegação, recreação, turismo, aquicultura, pesca e, ainda, assimilação e condução de despejos municipais, industriais e agropecuários (LIMA et al., 1999).

A água, durante o ciclo hidrológico, sofre alterações em sua qualidade e quantidade. Isso ocorre nas condições naturais em razão das inter-relações dos componentes do sistema de meio ambiente, quando os recursos hídricos são influenciados devido ao uso para suprimento das demandas dos núcleos urbanos, das indústrias, da agricultura e das alterações do solo (SETTI et al., 2001).

Para Hespanhol (2002), as águas residuárias, tais como os esgotos domésticos e águas de drenagem agrícola, assim como as águas salobras podem ser consideradas como fontes alternativas para usos menos restritivos e o uso de tecnologias apropriadas para o aproveitamento destas fontes é fundamental para o enfrentamento do problema da falta de água.

A reutilização 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 (CETESB, 2013).

O planejamento, a implantação e a operação adequada do reuso trazem uma série de melhorias: minimização da descarga de esgoto nos corpos hídricos; preservação dos recursos subterrâneos; preservação do solo, com acúmulo de húmus e aumento da resistência à erosão; aumento da produção de alimentos (irrigação agrícola), elevando os níveis de saúde, qualidade de vida e de condições sociais (HESPAÑHOL, 1999).

Blum (2003) estabelece os seguintes critérios gerais norteadores de um programa de reuso quanto à qualidade da água produzida: a) o reuso não deve resultar em riscos sanitários à população; b) o reuso não deve causar nenhum tipo de objeção por parte dos usuários; c) o reuso não deve acarretar prejuízos ao meio ambiente; d) a fonte da água que será submetida a

tratamento para posterior reuso deve ser quantitativa e qualitativamente segura; a qualidade da água deve atender às exigências relativas aos usos a que ela se destina.

3.2 A TECNOLOGIA DA OSMOSE REVERSA E A DESTINAÇÃO DO REJEITO SALINO

No Brasil, principalmente na região semiárida do Nordeste, um grande desafio é proporcionar o abastecimento de água potável às famílias que residem em áreas rurais e mais ainda, dotar essas comunidades de capacidade produtiva. As águas subterrâneas são apontadas como uma alternativa viável para garantir o acesso das comunidades rurais do Nordeste à água, a partir de investimentos públicos na perfuração de poços tubulares. Entretanto, essas fontes hídricas apresentam, na maioria dos casos, restrições de uso para consumo humano, por apresentarem problemas de salinidade (AYERS; WESTCOT, 1999 *apud* SOUZA, 2014).

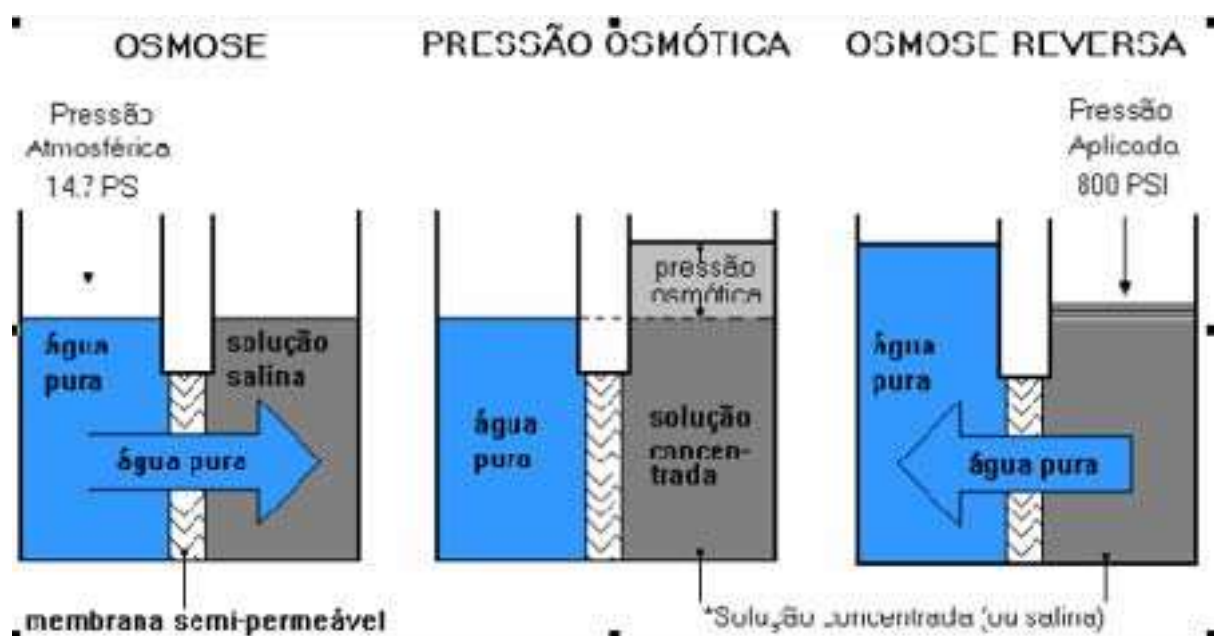
Conforme Porto et al., (2000) que a tecnologia da osmose reversa está sendo usado predominantemente para garantir água potável para as populações atingidas pelos efeitos da seca. O uso de dessalinização por osmose reversa tem progredido notavelmente e, o mercado tem sido ampliado consideravelmente e as aplicações também, sendo o aspecto econômico o limitante para a expansão (JUAN, 2000).

A osmose reversa é utilizada para dessalinizar águas marinhas, águas salobras e águas de superfície. A pressão aplicada deve superar a pressão osmótica da solução para separar os sais da água. Na prática, a pressão de operação deve superar também a resistência da membrana, a resistência da zona de concentração-polarização e a resistência interna do equipamento. As pressões de operação reais são, portanto, mais elevadas do que a pressão osmótica da solução. Nesse processo empregam-se membranas sintéticas porosas com tamanhos de poros tão pequenos que filtram os sais dissolvidos na água. Para que a água passe pelas membranas, é necessário pressurizar a água com pressões maiores de 10 kgf/cm². Os fabricantes de membrana esforçam-se com sucesso para desenvolver novos produtos/membranas que filtrem mais sais com pressões menores, ou seja, mais eficientes (SCHNEIDER, 2001 *apud* SCAPINI, 2007).

Segundo Nobre (2016), o processo de osmose pode ser dado como a transferência de um solvente entre dois meios de solução com concentrações diferentes, desmembrados por uma membrana semipermeável. Na técnica da osmose o solvente se desloca do meio hipotônico, menos concentrado, no sentido do meio hipertônico, mais concentrado, e só para o processo quando os dois meios encontram-se em equilíbrio de concentração. Já a osmose

reversa, é o inverso, ou seja, acontece em sentido contrário ao da osmose. Nela, o solvente se desloca no sentido da solução mais concentrada para a menos concentrada, isolando-se assim, o soluto. Isso ocorre por que a solução mais concentrada é submetida à pressão osmótica ou pressão externa, que acaba por “puxar” a água, deixando os sais no reservatório, que concentra cada vez mais salinidade, logo a água que sai no outro lado da membrana está livre dos sais e potável para o consumo, conforme (Figura 1).

Figura 1 - Etapas da osmose reversa.



Fonte: http://www.greentechambiental.com.br/aqua/s1_osmosere.htm

No Brasil, o rejeito não está recebendo, na quase totalidade dos casos, qualquer tratamento; mesmo assim, está sendo despejado no solo, propiciando alto acúmulo de sais nas camadas superficiais do terreno (Porto et al., 2001). O mesmo autor, afirma que a deposição deste rejeito poderá trazer, em curto espaço de tempo, sérios problemas para as comunidades que se beneficiam da tecnologia de dessalinização.

De acordo com Amorim et al. (2001), a água de rejeito tem potencial para contaminar mananciais, solos e, em casos extremos a fauna e a flora da região. Um exemplo disto pode ser verificado através dos dados obtidos na pesquisa realizada pelos mesmos autores, indicando que, a condutividade elétrica do extrato de saturação (CE_{es}) atingiu valor maior que $12,0 \text{ dS m}^{-1}$ e a porcentagem de sódio trocável (PST) atingiu valor maior que 15%, nos primeiros 30 cm do solo, em locais onde o rejeito era depositado em uma comunidade rural de Petrolina, PE (AMORIM et al., 1997).

Como forma de amenizar os riscos ambientais causados pelo descarte irregular do rejeito salino, algumas alternativas foram desenvolvidas para utilização desse rejeito oriundo das estações de dessalinização. Segundo Dubon & Pinheiro (2001) os quais observaram resultados promissores ao investigar o crescimento da tilápia (*Oreochromis*) em águas de elevada salinidade.

A piscicultura é uma atividade agropecuária de grande potencial, como na melhoria da nutrição e complementação da renda familiar de pequenos produtores (ARANA, 1999). Conforme Dias et al., 2010; Santos et al., 2010, uma outra forma para utilização do rejeito da dessalinização é através da implementação na composição de solução nutritiva para cultivo hidropônico de diversas hortaliças, que atualmente surge como uma forma interessante para destinar este resíduo.

3.3 REUTILIZAÇÃO DA ÁGUA DE REJEITO DA DESSALINIZAÇÃO PARA A PRODUÇÃO DE TILÁPIA

Como forma de minimizar os impactos ambientais negativos causados pela deposição incorreta do rejeito salino gerado no processo de dessalinização, a EMBRAPA desenvolveu um sistema de produção integrada (piscicultura), adotado de unidades demonstrativas, para se tornar uma alternativa de uso adequado do rejeito salino. A tilápia possui uma grande capacidade de se adaptar a diferentes climas e níveis de salinidade.

Para Sabbag et al. (2007) a piscicultura pode ser considerada uma alavanca para o desenvolvimento social e econômico, possibilitando o aproveitamento efetivo dos recursos naturais locais, principalmente, os hídricos e a criação de postos de trabalhos assalariados.

A tilápia do Nilo da linhagem Chitralada teve sua introdução oficial no Brasil no ano de 1996, com 20.800 exemplares, através da ALEVINOPAR (Associação de Produtores de Alevinos do Estado do Paraná) e a SEAB (Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Paraná), importados do Agricultural and Aquatic Systems, do Asian Institute of Technology (AIT), com sede na Tailândia (ZIMMERMANN & FITZSIMMONS, 2004). O mesmo autor afirma que devido a sua variada fisiologia adaptativa, biologia reprodutiva, plasticidade genética, fácil domesticação e comercialização, talvez se tornem o principal grupo de espécies aquícolas no Século XXI sendo capaz de atingir essa grande disseminação por conta da sua capacidade de se adaptar a diversos climas, sistemas de produção e graus de salinidade.

3.4 EFEITOS DE SAIS NO SOLO E NA PLANTA

A agricultura está enfrentando um grande problema em todo o mundo com a falta de recursos hídricos adequados, forçando muitos produtores a utilizar água salobra para irrigação das culturas (REED, 1996). Segundo Epstein & Bloom (2006), um dos fatores de maior preocupação na agricultura moderna é a salinidade do solo, e um dos principais responsáveis pelo aumento da quantidade de solos degradados é o manejo inapropriado da irrigação.

Para identificar solos que foram contaminados por sais tomam-se como base vários pontos. Um deles é uma série de observações e estudos da área, incluindo-se a observação de características visuais de campo e a realização de diversas análises. No laboratório, a salinidade do solo pode ser estimada a partir de medidas de condutividade elétrica do extrato de saturação (CE_{es}) ou da condutividade elétrica (CE) em diferentes relações solo : água destilada (RICHARDS, 1954).

Segundo Dias (2004), grande parte da água que é utilizada na irrigação, é a mesma que está causando sérios problemas de salinidade, junto com a carência de drenagem e à presença de águas sub-superficiais ricas em sais solúveis a pouca profundidade. Além disso, a salinização pode ser causada pela aplicação de fertilizantes, de forma excessiva e pouco parcelada ao longo do ciclo cultural, induzindo o sistema radicular ao estresse osmótico.

A salinidade afeta, principalmente, a absorção de água pelas plantas, devido à redução do potencial osmótico da solução do solo, enquanto que a sodicidade afeta a estrutura do solo e, indiretamente, a disponibilidade da água (BERNARDO, 1995). O conjunto desses fatores nos solos afetados representam a maior ameaça para a agricultura em escala global, haja vista, provocar problemas de toxicidade para as plantas resultando na diminuição da produção agrícola.

Para remover os sais solúveis, a lixiviação é o método mais eficaz para a recuperação de solos salinos. A técnica recomenda a aplicação de água em quantidade suficiente para dissolver e transportar os sais solúveis até o sistema de drenagem. A profundidade de recuperação depende do tipo de cultura que se vai explorar. Para uma cultura de sistema radicular superficial, a profundidade poderá ser de 60 cm; no entanto, se a cultura a ser explorada apresentar sistema radicular profundo, o solo deverá ser corrigido a cerca de 2,00 m de profundidade (RIBEIRO et al., 2003).

Várias práticas de manejo têm sido utilizadas para se produzir, economicamente, em condições de salinidade, dentre elas, destaca-se o uso de plantas tolerantes, sendo, portanto, importante os estudos que visem avaliar a sensibilidade das espécies ao estresse salino (DIAS, 2004).

A qualidade da água é um dos fatores que ocasionam efeito negativo no desenvolvimento das culturas e afetam a produção, visto que a água é constituinte dos tecidos vegetais, chegando até mesmo a constituir mais de 90% de algumas plantas; desta forma e para a utilização da água de qualidade inferior na agricultura, deve-se utilizar um manejo racional, através de alternativas economicamente viáveis, de modo que a cultura desenvolva a produtividade esperada. O manejo da irrigação é de fundamental importância para evitar problemas de salinidade no solo (MEDEIROS et al., 2007).

3.5 TOLERÂNCIA DO CAPIM ELEFANTE, SORGO E MILHO CRIOULO A SALINIDADE

O Capim-elefante (*Pennisetum purpureum Schum*) é, reconhecidamente, uma das gramíneas forrageiras de mais alto potencial produtivo e energético, adaptando-se muito bem às condições de clima e solo de praticamente todo o Brasil (VILELA, 2009). Vegeta bem em regiões quentes e úmidas com precipitação anual igual ou superior a 800 mm, porém com boa distribuição ao longo do ano, por ser uma forrageira muito estacional, onde 70-80 % de sua produção ocorre na época das águas. Possui baixa tolerância à seca, mas pode atravessar a estação seca com baixa produção se possuir raízes profundas. Difícil de saturar em relação à radiação solar e, por ser uma planta de metabolismo C4, possui alta eficiência fotossintética. Tem baixo custo de produção, pelo fato de ser planta perene e de alta produtividade (ALCÂNTARA e BUFARAH, 1983). Segundo Whiteman et al. (1980), classifica o capim-elefante como uma gramínea que apresenta tolerância relativa moderada a salinidade, quando comparado com outras gramíneas forrageiras.

O Sorgo (*Sorghum bicolor*) apresenta moderada resistência à seca e elevada produtividade de biomassa com menor custo de produção, permitindo mais de um corte com uma única semeadura. Isto resulta em economia no preparo do solo, na semeadura, no uso de sementes, maior densidade de plantas e com produção de até 60% do primeiro corte (VON PINHO et al., 2007). O sorgo é caracterizado por sua tolerância moderada ao estresse salino (LACERDA et al., 2005). Esta capacidade de adaptação é bastante útil e permite a utilização dessa espécie com rendimentos economicamente aceitáveis, sobremaneira quando o cultivo em condições salinas é inevitável (AQUINO et al., 2007).

O milho (*Zea mays L.*) originário da América Central é cultivado em todo território nacional, tendo grande importância econômica, devido às diversas formas de sua utilização, desde a alimentação humana e animal até a indústria de alta tecnologia e utilização na

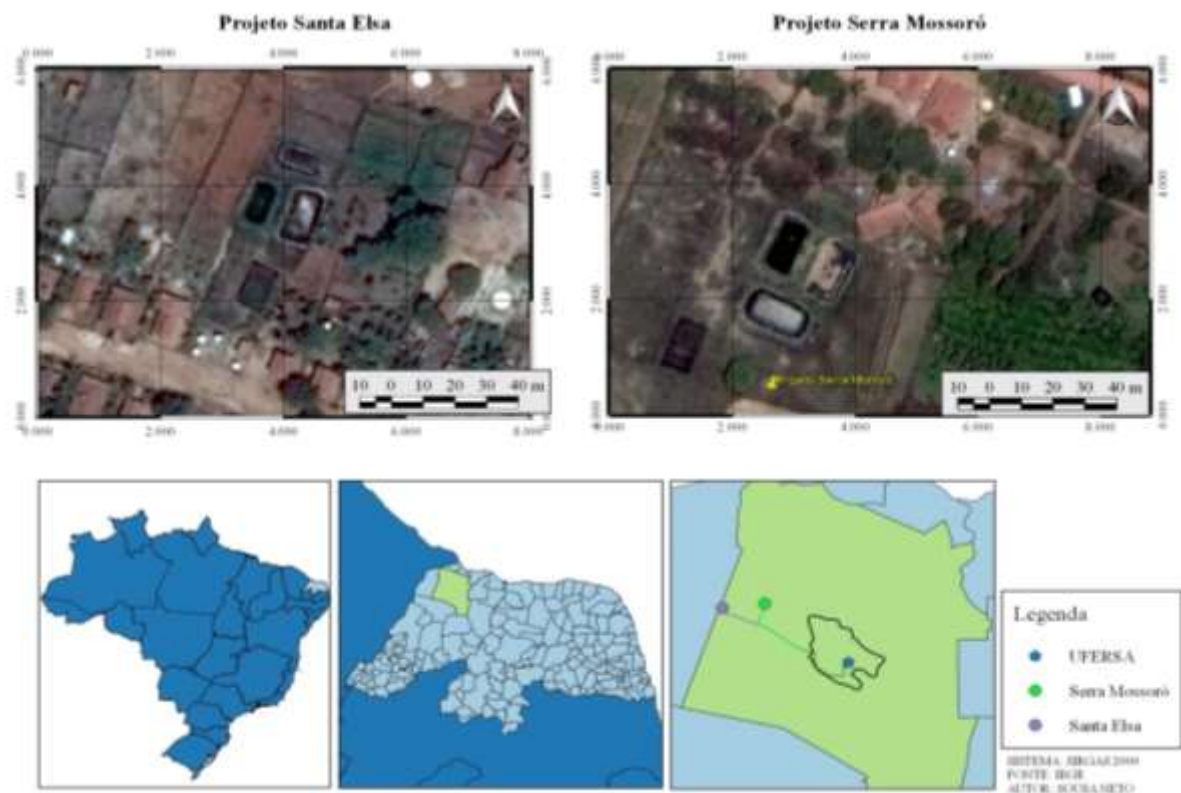
produção de biocombustíveis (FORNASIERI FILHO, 2007). Entende-se que tecnologias como o uso de variedades crioulas, que é de baixo custo, são as melhores alternativas para a sustentabilidade dos pequenos agricultores. Além do que o melhoramento destas variedades pode ser feito nas propriedades, pelos próprios agricultores, que detém um enorme conhecimento destes materiais crioulos (ABREU et al. 2007). Entretanto, no semiárido nordestino, o grande problema é que na maioria das comunidades rurais apresentam fatores limitantes, como a presença de solos e água salinizados, ocasionando decréscimo na produção. Segundo Izzo et al., (1991), o milho é uma cultura considerado moderadamente tolerante à salinidade, no entanto pode sofrer redução progressiva do crescimento, com o aumento da concentração de sais no meio radicular.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO GERAL

O experimento foi realizado e desenvolvido no Assentamento rural Santa Elza (5° 06'50.29"S; 37°31'9.86" O) e na Comunidade Serra Mossoró (-5.118095°; -37.434993°), ambos localizados na zona rural do município de Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil (Figura 2).

Figura 2. Localização do Assentamento Santa Elza e da comunidade rural Serra Mossoró, Mossoró, RN. Fonte: Dados do acervo de pesquisa.



A pesquisa constitui-se de subsistemas integrados e sustentáveis visando à reutilização do rejeito dos dessalinizadores para produção de forragem após o uso na piscicultura. O rejeito salino gerado no processo de dessalinização é destinado para dois viveiros de piscicultura construídos para a criação de tilápias, o efluente gerado da piscicultura, enriquecido em matéria orgânica, é armazenado em um tanque de irrigação construído que, posteriormente será utilizado como suporte hídrico e nutricional no cultivo de plantas forrageiras, conforme desenho esquemático da Figura 3.

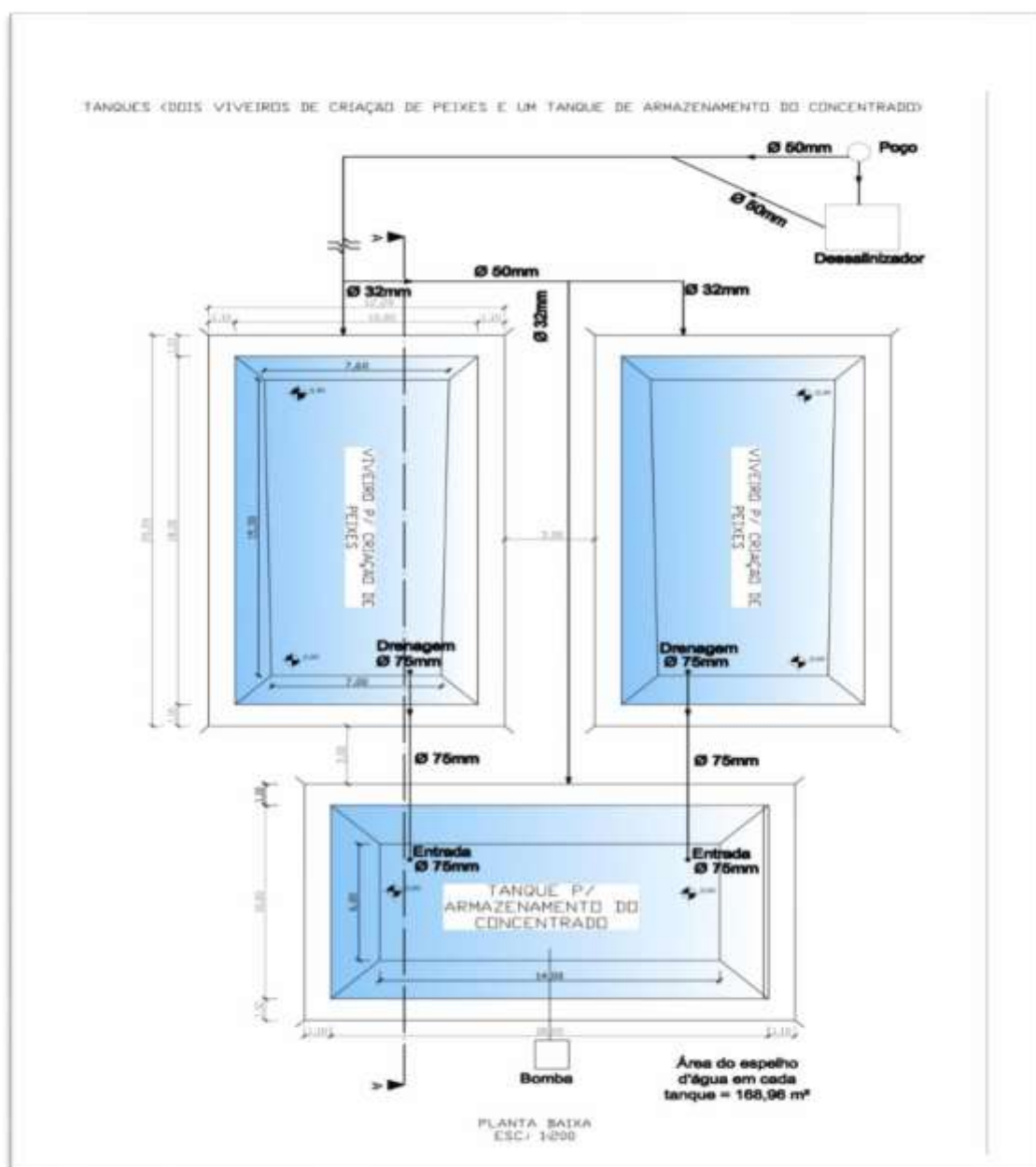
Figura 3. Esquema do sistema de tratamento de água salina e da produção agrícola integrada e sustentável utilizando rejeito salino como suporte hídrico. Fonte: Dados do acervo de pesquisa.



4.2 CONSTRUÇÃO DOS VIVEIROS PARA CRIAÇÃO DE TILÁPIA

Em cada localidade, foram construídos dois viveiros para criação de tilápia e um tanque para recebimento do efluente gerado na piscicultura. Cada viveiro possui uma área de 180 m², com profundidade máxima de 1,3 m (Figura 4), um volume de 54.000 L, reposição por evaporação de 440 L/dia e taxa de renovação diária da água (rejeito salino) de 1%.

Figura 4. Planta baixa do subsistema criação de tilápias, incluindo o tanque para armazenamento do efluente. Fonte: Dados do acervo da pesquisa.



O rejeito salino oriundo da estação de dessalinização é drenado para os viveiros, onde, após o enchimento dos mesmos, estes foram povoados com 500 aleviões de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) com comprimento de 17 cm e peso médio 90 g, respectivamente.

É de extrema importância ressaltar que o efluente enriquecido com matéria orgânica (excreção dos peixes e restos de ração não consumida pelos peixes), gerado na atividade de criação de tilápias é armazenado em tanque de irrigação para, posteriormente, ser utilizado com fonte hídrica e nutricional dos subsistemas para produção de forragem.

Em ambas as localidades, foram coletadas amostras do rejeito salino e do efluente da piscicultura para caracterização físico-química e interpretação para fins de irrigação conforme

critérios estabelecidos por Ayers & Westcot (1985). Foram realizadas análises físico-químicas das amostras coletadas, no qual foram determinados os seguintes parâmetros: Condutividade Elétrica (CE_a em $dS\ m^{-1}$), potencial hidrogeniônico (pH), as concentrações de Sódio (Na^+), Cálcio (Ca^{2+}), Magnésio (Mg^{2+}), Potássio (K^+), Cloreto (Cl^-), Carbonato (CO_3^{2-}) e Bicarbonato (HCO_3^-), de acordo com as metodologias propostas por Richards (1954). Realizou-se, também, o cálculo da Razão de Adsorção de Sódio (RAS), para classificação das amostras quanto aos problemas de infiltração de água no solo. Vale salientar, que as análises foram realizadas no Laboratório de Solo Água e Planta – LASAP da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA).

Os peixes foram alimentados com rações extrusadas, com teores de proteína bruta (PB) variando nas fases crescimento (35% PB) e engorda (com 32% PB). A frequência de arraçoamento dos peixes deu-se, diariamente, em quatro horários distintos: 08h00min, 10h00min, 13h00min e 15h00min. O reajuste da ração ocorria semanalmente, de acordo com a biometria e as recomendações do fabricante. Os peixes eram alimentados sete dias por semana, excetuando-se aqueles em que foram realizadas as biometrias.

Diariamente, mensurava-se a quantidade de oxigênio dissolvido (OD) na água dos viveiros nos horários das 07h00min, 13h00min e às 17h00min, quando o OD estava abaixo de $4\ mg\ L^{-1}$ ou o cardume encontrava-se sobre a superfície da água no viveiro, era um indicativo da falta de oxigênio dissolvido na água, sendo necessária a sua oxigenação com aeradores (Figura 5) evitando, assim, o estresse e, a consequente perda de peso e, em casos extremos, a mortalidade dos animais.

Figura 5. Aeradores instalados nos viveiros de piscicultura para oxigenação da água. Fonte: Dados do acervo da pesquisa.



4.3 CULTIVO DE ESPÉCIES FORRAGEIRAS FERTIRRIGADA COM EFLUENTE DA PISCICULTURA

Neste subsistema foi reservada uma área de 0,45 ha para o cultivo das espécies forrageiras capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum, cv. Roxo), sorgo (*sorghum bicolor*, cv. BRS Ponta Negra) e milho crioulo (*Zea mays*, cv. Vida Longa) utilizando o efluente da piscicultura como fonte hídrica e nutricional (Figura 6).

Figura 6. Áreas de plantio das espécies forrageiras (A) capim elefante, (B) sorgo e (C) milho crioulo. Fonte: Dados do acervo da pesquisa.



Para as três espécies, as áreas foram preparadas com duas gradagens e, posteriormente, uma gradagem niveladora. O sistema de irrigação utilizado foi o gotejamento com vazão de $1,5 \text{ L h}^{-1}$ em linhas laterais de 16 mm e gotejadores, para uma pressão de serviço de 100 kPa e emissores espaçados de 0,20 m, de modo a formar uma faixa contínua de água.

Foram realizadas amostragens de solo nas áreas de cultivo, no início e no final do ciclo de cada cultura, com estrutura deformada em diversos pontos da área, para uma caracterização e alterações dos atributos físico-químicos: Condutividade Elétrica do Extrato de Saturação (CE_{es}), Potencial Hidrogênio (pH) e Porcentagem de Sódio Trocável (PST) do solo nas camadas de 0-40 cm sob a influência do efluente da piscicultura. Além disso, antes do início da pesquisa-ação, amostras de solos foram coletadas no ponto de disposição do rejeito bruto nas camadas de 0-20 e 20-40 cm para identificar os impactos ambientais causados.

O capim elefante foi plantado manualmente utilizando estacas com três nós em fileiras simples espaçadas de 1,0 m entre linhas por 0,50 m entre plantas, com dois colmos por cova

de 15 a 20 cm de profundidade, inclinados em forma de "V", ficando dois nós enterrados. Esse arranjo gera uma densidade de 4 plantas por metro linear e uma população de 40.000 plantas ha^{-1} . Aos 60 dias após o plantio realizou um corte para uniformizar o capim e, 45 dias após o corte de uniformização, mediu-se a altura das plantas e realizou-se o corte da forragem, o qual foi pesado e seco em estufa a 72 °C, determinando-se o percentual de matéria seca. Posteriormente, o material seco foi moído e para determinação do teor de proteína bruta e composição mineral.

Em relação ao sorgo, adotou-se o sistema de semeadura direta e manual, utilizando-se em covas espaçadas de 0,15 m na linha, colocando-se quatro sementes por covas na profundidade de 0,05 m de profundidade. Aos 20 dias após a semeadura (DAS), fez-se o desbaste, deixando apenas uma plântula por cova, com densidade de 167 mil plantas ha^{-1} . A colheita do sorgo foi realizada aos 110 DAS, ocasião em que as plantas foram cortadas na altura de 15 cm do solo para as avaliações da massa de matéria seca da planta, proteína bruta, teor de caldo e sólido solúvel (°Brix).

Já o milho foi cultivado em covas abertas nas fileiras simples de plantio espaçadas de 0,90 m e 0,30 m entre plantas. A semeadura foi realizada manualmente colocando em cada cova quatro sementes e, o desbaste foi realizado quinze dias após o semeio deixando 2 plantas por cova, representando uma densidade de 74.074 plantas ha^{-1} . A colheita do milho foi realizada manualmente aos 91 dias após o semeio, quando os grãos apresentaram o endosperma amarelado e leitoso, com espigas empalhadas. Após a colheita foram determinadas as variáveis de crescimento (massa de matéria seca total da planta), produção (rendimento de grãos) e qualidade dos grãos (teor de proteína, sólidos solúveis e teores de nitrogênio, fósforo e potássio no grão).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS E ANÁLISES DO REJEITO E DO EFLUENTE DA PISCICULTURA

Com relação à classificação dos solos, no assentamento Santa Elza há presença de solos com pouca profundidade e com afloramento de calcário, bem característico de Neossolo Litólico (BRITO et al., 2017); já na comunidade Serra Mossoró, o solo foi classificado como Cambissolo Háplico Ta Eutrófico.

Na interpretação do relatório de análise de qualidade do rejeito salino, os resultados indicaram que em ambas as localidades, as fontes hídricas são alcalinas (7,4 e 7,9 para a Serra Mossoró e Santa Elza, respectivamente (Tabela 1), estando dentro da faixa limite de tolerância de pH estabelecido por Patel et al. (2004).

Tabela 1. Características físico-químicas do rejeito salino no Assentamento Santa Elza e na Comunidade Serra Mossoró.

Localidades	CE _a dS m ⁻¹	pH	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺²	Cl ⁻	CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	K ⁺	RAS*
			 mmol _c L ⁻¹							
Santa Elza	2,47	7,9	6,90	11,60	8,50	12, 6	2,00	5,30	0,15	2,8
Serra Mossoró	2,24	7,4	3,30	11,90	8,96	15, 0	0,60	4,90	0,07	3,3

*Relação de Adsorção de Sódio, em (mmol L⁻¹)^{0,5}. RAS = Na⁺/[(Ca⁺² + Mg⁺²)/2]^{1/2}.

A condutividade elétrica (CE) do rejeito salino foi de 2,47 e 2,24 dS m⁻¹, indicando que em ambas localidades, as fontes hídricas utilizadas no subsistema piscicultura são de natureza salina (CE > 1 dS m⁻¹), conforme Rattan et al. (2005).

Nas duas localidades, as fontes hídricas não há riscos com problemas de infiltração no solo - RAS < 15 (mmol L⁻¹)^{0,5}, entretanto apresentam moderado grau de restrição de uso quanto aos riscos de salinidade e, grau severo quanto à toxidez de íons cloreto (Cl⁻ entre 4 e 10 mmol_c L⁻¹) e sódio (Na⁺² > 3 mmol_c L⁻¹) (AYERS & WESTCOT, 1985).

De acordo com a análise dos resultados dos atributos físico-químicos dos solos nos pontos de despejo do rejeito bruto em Santa Elza e Serra Mossoró, antes do início das ações da pesquisa, fica evidente os impactos ambientais negativos causados pela disposição direto

do rejeito no solo, ao registrar-se elevados valores de pH (caráter alcalinos), CE_{es} (solos salinos) e teores tóxicos de sódios nos solos receptores em ambas as localidades (Tabela 2).

Tabela 2. Classificação dos solos receptores do rejeito bruto quanto à salinidade em Santa Elza e Serra Mossoró antes das ações da pesquisa.

Localidade	Camadas (cm)	pH	CE_{es} dS m ⁻¹	PST* (%)	Classificação do solo ¹
Santa Elza	0-20	8,5	7,7	8,3	Salino
	20-40	8,4	8,1	8,1	Salino
Serra Mossoró	0-20	8,3	4,0	3,5	Salino
	20-40	7,8	4,5	6,4	Salino

*PST = $Na \times 100/CTC$ e ¹Classificação de solos afetados por sais de acordo com Bohn et al. (1985).

Na Tabela 3 encontram-se os resultados das análises físico-química e biológicas do efluente dos subsistemas das localidades Santa Elza e Serra Mossoró.

Tabela 3. Características físico-químicas e biológicas do efluente da piscicultura em Santa Elza e Serra Mossoró, Mossoró, RN.

Características	Localidade		Limites*
	Santa Elza	Serra Mossoró	
pH	7,71	7,64	6,5 – 8,5
Condutividade elétrica – CE (dS m ⁻¹)	3,88	3,30	3,0
Coliformes termotolerantes (NMP 100 mL ⁻¹)	180	100	1000
Demanda Química de Oxigênio (mg L ⁻¹)	80,0	115	250
Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg L ⁻¹)	27,0	12,0	100
Fósforo total (mg L ⁻¹)	0,82	0,97	-
Nitrogênio total (mg L ⁻¹)	2,10	1,90	4,5
Potássio (mg L ⁻¹)	0,95	1,20	-
Sódio (mmolc L ⁻¹)	28,69	32,74	8,69
Cálcio (mmolc L ⁻¹)	11,20	11,45	3,75
Magnésio (mmolc L ⁻¹)	19,80	17,86	4,16
Cloreto (mmolc L ⁻¹)	20,32	18,21	-

*Organização Mundial da Saúde – OMS (Hach, 2002).

A CE, bem como as concentrações de todos os nutrientes do efluente foram superiores ao do rejeito salino, destacando-se a maior concentração do elemento N total (2,1 e 1,9 mg L⁻¹ respectivamente no efluente de Santa Elza e Serra Mossoró e ausente no rejeito salino), seguido do elemento K (0,95 e 1,20 mg L⁻¹) com cerca de 2 vezes o conteúdo de K no rejeito salino (0,15 e 0,07 mmolc L⁻¹). Além disso, o teor de Mg (19,80 e 17,86 mmolc L⁻¹) no efluente foram maiores quando comparado com o do rejeito salino (11,60 e 11,90 mmolc L⁻¹).

Ainda em relação à Tabela 3, verificou-se que os níveis de coliformes presentes nos efluente dos viveiros de piscicultura em Santa Elza e Serra Mossoró foram respectivamente de

180 e 100 NMP 100 mL⁻¹ de água, portanto, abaixo dos padrões da Organização Mundial de Saúde (1000 NMP 100 100 mL⁻¹). Com relação à Demanda Química de Oxigênio (DQO) e Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) do efluente registraram-se, respectivamente, valores de 80 e 27 mg L⁻¹ para Santa Elza e 115 e 12 para Serra Mossoró, sendo estes classificadas como adequadas para fins de irrigação, em comparação com os limites prescritos de 100 e 250 mg L⁻¹ para DQO e DBO, respectivamente (HACH, 2002).

Pode-se inferir que os riscos de salinização dos solos tratados com rejeito salino, depois de utilizado nos viveiros de criação de tilápias, aumentam de moderado para severas restrições em ambas às localidades estudadas. Entretanto, o aumento da fertilidade deste efluente oriundo da excreção dos peixes e dos restos de ração não consumidas pelos peixes podem atenuar os efeitos deletérios dos sais presentes neste resíduo e garantir rendimentos satisfatórios das culturas conforme relatada por diversos autores (FERNÁNDEZ-CRESPO et al., 2012; ARAGÃO et al., 2012; MIRANDA et al., 2013; LIMA et., 2016; MIRANDA et al., 2017).

5.2 CULTIVO DE ESPÉCIES FORRAGEIRAS FERTIRRIGADAS COM EFLUENTE DA PISCICULTURA

5.2.1 Capim elefante

O crescimento e o rendimento do capim elefante foram analisados pelas variáveis altura de planta e rendimento de massa de matérias seca (Tabela 4). Os resultados das alturas e as massas de matérias secas encontradas para as plantas de capim elefante fertirrigadas com efluente da piscicultura em ambas as comunidade são semelhantes aos valores encontrados por Saraiva e König (2013), os quais investigaram o crescimento do capim elefante (cv. Roxo) fertirrigado com efluentes de esgoto doméstico tratado e, ainda aos encontrados por relatadas por Magalhães et al. (2006), em pesquisa realizada em Parnaíba-PI, com o capim elefante (cv. Napier) irrigado com água doce utilizando a dose de 450 kg ha⁻¹ de N.

Tabela 4. Médias para Altura de planta (AP), Massa de matérias seca (MMS), Teor de proteína bruta (PB) e composição mineral do capim elefante aos 45 dias após o primeiro corte em Santa Elza e Serra Mossoró.

Localidade	Produção e qualidade forrageira			Composição mineral (g kg ⁻¹)		
	AP (cm)	MMS (ton ha ⁻¹)	PB (%)	Ca ⁺⁺	Na ⁺	Cl ⁻

Santa Elza	98,50	8,80	9,8	5,3	1,5	17,32
Serra Mossoró	101,50	7,90	9,5	4,3	1,3	16,00

Em relação à qualidade forrageira do capim elefante, registraram-se teores médios acima do mínimo necessário para a ocorrência da fermentação ruminal (9,8 e 9,5% para Santa Elza e Serra Mossoró, respectivamente) (Tabela 4), conforme descrito em Minson (1984), o qual estabeleceu teor mínimo de 7% de PB.

Quando se considera o potencial de extração mineral do solo pelas plantas de capim elefante, registra-se a seguinte ordem decrescente de absorção: Cl > Ca > Na (Tabela 8) para ambas as localidades, sendo relativamente baixa, uma vez que a cultura não tem poder de fitoextração como, por exemplo, as do gênero *Atriplex*.

5.2.2 Sorgo

Os rendimentos do sorgo fertirrigado com efluente da piscicultura foram estimados em 18,80 e 19,20 ton ha⁻¹ de massa de matéria seca total (folhas + colmo + cacho) e em 5,50 e 6,40 ton ha⁻¹ de massa de grãos para as áreas de plantio em Santa Elza e Serra Mossoró, respectivamente (Tabela 5).

Tabela 5. Médias de Massa seca total (MST), Rendimento de grãos (RG), Sólidos Solúveis (SST), Volume de caldo no colmo (VC) e Proteína bruta (PB) do Sorgo fertirrigado com efluente nos subsistemas instalados em Santa Elza e Serra Mossoró.

Localidade	Produção e qualidade forrageira do sorgo				
	MST* (ton ha ⁻¹)	RG (ton ha ⁻¹)	SST (°Brix)	VC (ton ha ⁻¹)	PB (%)
Santa Elza	18,80	5,50	16,10	9,60	12,4
Serra Mossoró	19,20	6,40	15,90	10,20	11,90

*Folhas + colmo + cacho.

De igual forma aos rendimentos de capim elefante, a produção de biomassa em ambos as localidades foram satisfatórias, sobretudo devido aos nutrientes presentes no efluente utilizado na fertilização das plantas. Em ambas localidades, os rendimentos do sorgo registrado no presente estudo foram próximos à média encontrada por Cunha e Lima (2010) em cultivo convencional e inferior aos valores reportados Vale & Azevedo (2013) em cultivos irrigados com água salina de poço, mas superior quando comparado ao cultivo irrigado com rejeito salino apenas.

O volume do caldo no colmo, o teor de sólidos solúveis, bem como o teor de proteína bruta encontrados nas plantas de sorgo fertirrigada com efluente estão de acordo com os valores médios reportados na literatura (MINSON, 1984; ALBUQUERQUE et al., 2012; VALE & AZEVEDO, 2013). Kumar et al. (2008) relatam que o teor de sólidos solúveis do caldo do sorgo é grandemente influenciado por diversos fatores ambientais como, por exemplo, a fertilidade do solo e a intensidade da radiação solar da época (comprimento de ondas e radiação global).

5.2.3 Milho crioulo

Para as duas áreas de cultivo, o milho crioulo acumulou aproximadamente 24 ton ha⁻¹ de matéria seca total (folha + caule), enquanto que o rendimento de grão foi na ordem de 11 ton ha⁻¹ com espigas contendo aproximadamente 400 grãos (Tabela 6). Romano et al. (2007) avaliaram o desempenho de cinco variedades crioulas de milho em quatro arranjos de plantio, em sistema de produção orgânico e de plantio direto e, alcançaram rendimentos menores, em torno de 6,50 t ha⁻¹. Com relação à qualidade das espigas, registraram-se teores de sólidos solúveis médio de 8,5 °Brix e proteína bruta de 10,6%, estando dentro dos padrões de qualidade para a cultura do milho (MINSON, 1984).

Tabela 6. Médias de Massa seca total (MST), Número de grão por espiga (NGE), Rendimento de Grãos (RG), Sólidos Solúveis (SST) e Proteína bruta (PB) do milho fertirrigado com efluente nos subsistemas instalados em Santa Elza e Serra Mossoró.

Localidade	Produção e qualidade do milho				
	MST* (ton ha ⁻¹)	NGE (unidade)	RG (ton ha ⁻¹)	SST (°Brix)	PB (%)
Santa Elza	23,89	380,0	10,60	8,40	9,80
Serra Mossoró	24,20	410,0	11,50	8,60	11,40

*Folhas + colmo.

5.2.4 Alterações dos atributos físicos-químicos do solo tratado com rejeito salino

Na Tabela 7 encontram-se os resultados das análises do pH, CE_{es} e PST no solo antes dos cultivos sob fertirrigação com efluente da piscicultura em Santa Elza e Serra Mossoró. De acordo com Bohn et al. (1985), em ambas as localidades, os solos são classificados como não salinos (CE_{es} < 2,0 dS m⁻¹, pH < 8,5 e PST < 15%,).

Tabela 7. Características físico-químicas dos solos antes da aplicação do efluente da piscicultura em Santa Elza e Serra Mossoró, Mossoró, RN.

Características	Localidade		Limites ^a
	Santa Elza	Serra Mossoró	
Ph	7,75	7,93	< 8,5
CE _{es} (dS m ⁻¹)	0,67	0,48	< 2,0
PST (%)	2,41	2,98	< 15,0

^aBohn et. al., (1985).

A Tabela 8 mostra o acréscimo relativo dos atributos CE_{es}, pH e PST na camada de solo de 0-40 cm, avaliados no início e no final dos ciclos das culturas do milho, sorgo e capim quando fertirrigados com efluente da piscicultura. Os resultados indicam que há acúmulo de sais na zona radicular do solo após um ciclo cultural do milho, sorgo e capim elefante, evidenciando o processo de salinização sazonal, uma vez que foram registrados incrementos relativos de sais (CE_{es_final}/CE_{es_inicial}) em todas as áreas, com variação ente 2,40 a 3,15. Entretanto, a CE_{es_final} (variação de 1,15 a 2,11 dS m⁻¹) de todos as áreas de cultivo estão abaixo do limite de tolerância à salinidade para a maioria das espécies forrageiras (AYERS & WESTCOT, 1985).

Tabela 8. Relação entre os atributos CE_{es}, pH e PST na camada de 0-45 cm dos solos, avaliados no início e no final dos ciclos das culturas do milho, sorgo e capim fertirrigados com efluente da piscicultura.

Com o efeito da localização:							
Cultura	Localidade						
	Santa Elza			Serra Mossoró			
	Condutividade elétrica – CE _{es} (dS m ⁻¹)						
	CE _{es_inicial}	CE _{es_final}	CE _{es_final} / CE _{es_inicial}	CE _{es_inicial}	CE _{es_final}	CE _{es_final} / CE _{es_inicial}	
Milho	0,67	2,11	3,15	0,48	1,38	2,88	
Sorgo	0,67	1,99	2,97	0,48	1,21	2,52	
Capim	0,67	1,84	2,75	0,48	1,15	2,40	
	Potencial Hidrogênio – pH						
	pH _{es_inicial}	pH _{es_final}	pH _{es_final} / pH _{es_inicial}	pH _{es_inicial}	pH _{es_final}	pH _{es_final} / pH _{es_inicial}	
	Milho	7,75	7,55	0,97	7,93	7,63	0,96
	Sorgo	7,75	7,61	0,98	7,93	7,62	0,96
Capim	7,74	7,67	0,99	7,93	7,72	0,97	
	Porcentagem de Sódio Trocável – PST						
	PST _{es_inicial}	PST _{es_final}	PST _{es_final} / PST _{es_inicial}	PST _{es_inicial}	PST _{es_final}	PST _{es_final} / PST _{es_inicial}	
	Milho	2,41	12,01	4,98	2,98	11,20	3,76
	Sorgo	2,41	11,76	4,88	2,98	10,86	3,64
Capim	2,41	11,70	4,85	2,98	10,06	3,38	

Em relação ao pH de ambas as localidades, houve pouca variação e, os valores médios encontrados nos solos antes e após o cultivo permanecendo dentro da faixa ótima de absorção dos nutrientes pelas plantas (POTAFOS, 1998) (Tabela 8). Um fator que contribuiu para a não elevação do pH do solo é que na composição química do efluente, utilizado na fertirrigação das espécies, contém teores de Cl^- e Na^+ maiores que de HCO_3^- e CO_3^{2-} (Tabela 1), prevalecendo a neutralidade do NaCl com relação ao pH, inibindo, portanto, a hidrólise do Na^+ , que pode elevar o pH do solo (TAN, 1982).

Ainda em relação à Tabela 8, quanto ao processo de sodificação do solo, constataram-se incrementos relativos nos valores da PST dos solos (PST final/PST inicial) em todas as áreas de cultivo, com variação ente 3,38 a 4,98. Entretanto, os valores de PST finais (entre 10,06 a 12,01%) de todas as áreas de cultivo estão abaixo do limite de ocorrência de desagregação de argilas e, consequentes problemas com infiltração de água no solo (PST > 15%) conforme Ayers & Westcot, (1985).

É importante ressaltar que, embora tenha se constatado aumento sazonal da salinidade e do processo de sodificação nos solos cultivados, não ocorreram perdas significativas nos rendimentos e na qualidade das três espécies cultivadas (Tabelas 4, 5 e 6). Tal fato deve-se em parte à tolerância das culturas exploradas (moderadamente tolerantes) e a aplicação do efluente via irrigação localizada que, possivelmente, evitou maiores efeitos dos sais sob as plantas. Além disso, a presença de nutrientes na solução de irrigação (efluente) estimula o crescimento vegetativo das plantas devido à melhoria da fertilidade do solo, especialmente a incorporação de matéria orgânica (ASGHARIPOUR & AZIZMOGHADDAM, 2012). Esses benefícios podem, inclusive, ter reduzido os efeitos deletérios dos sais dissolvidos no efluente sob o solo e as plantas devido à alta CE e a toxidez dos íons cloreto e sódio. A melhor fertilidade do solo devido ao uso de efluente de esgoto na irrigação promove melhor germinação, desenvolvimento de raízes e absorção de nutrientes e água pelas culturas e maior rendimento de biomassa (MYERS et al., 1996).

6 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que:

Foi constatado o aumento sazonal da salinidade e do processo de sodificação nos solos cultivados com sorgo, capim elefante e milho crioulo, porém, não houve perdas significativas nos rendimentos e na qualidade das três espécies cultivadas;

No produção de capim elefante, foram registrados teores médios de PB acima do mínimo necessário para a ocorrência da fermentação ruminal;

A produção de biomassa do sorgo e milho crioulo em ambas as localidades, foram satisfatórias;

A CE, bem como as concentrações de todos os nutrientes do efluente foram superiores ao do rejeito salino;

À Demanda Química de Oxigênio (DQO) e Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) do efluente, foram classificadas como adequadas para fins de irrigação;

Pode-se inferir que os riscos de salinização dos solos tratados com rejeito salino, depois de utilizado nos viveiros de criação de tilápias, aumentam de moderado para severas restrições em ambas às localidades estudadas.

REFERÊNCIAS

- ABREU, L.; CANSI, E.; JURIATTI, C. Avaliação do rendimento socioeconômico de variedades crioulas e híbridos comerciais de milho na microrregião de Chapecó. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, n. 1, p. 1230-1233, 2007.
- ALBUQUERQUE, C.J.B.; TARDIN, F.D., PARRELLA, R.A.C., GUIMARÃES, A.S.; OLIVEIRA, R.M.O. SILVA, K.M.J. Sorgo sacarino em diferentes arranjos de plantas e localidades de Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.11, p. 69-85, 2012.
- ALCÂNTARA, P.B., BUFARAH, G. **Plantas forrageiras: gramíneas e leguminosas**. São Paulo, Editora Nobel, 2ª ed., 1983, 150p.
- AMORIM, M. C. C. et al. Alternativas de reuso dos efluentes da dessalinização por osmose inversa: evaporação solar e meio líquido para cultivo de tilápia Koina (*Oreochomis* sp.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21, 2001, João Pessoa. **Resumos...** João Pessoa, UFPB, 2001. CD-ROM.
- AMORIM, M.C.C. et al. Efeitos de sais no solo provenientes de rejeitos da dessalinização por osmose inversa no semi-árido pernambucano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26, 1997, Campina Grande. **Resumos...** Campina Grande, UFPB, 1997. CD ROM.
- AQUINO, A. J. S.; LACERDA, C. F.; GOMES-FILHO, E. Crescimento, partição de matéria seca e retenção de Na^+ , K^+ e Cl^- em dois genótipos de sorgo irrigados com águas salinas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.961-971, 2007.
- ARAGÃO, R.M.; SILVA, E.N.; VIEIRA, C.F.; SILVEIRA, J.A.G. High supply of NO_3^- mitigates salinity effects through an enhancement in the efficiency of photosystem II and CO_2 assimilation in *Jatropha curcas* plants. **Acta Physiologiae Plantarum**, v.34, p.2135-2143, 2012.
- ARANA, L.V. **Aqüicultura e desenvolvimento sustentável: subsídios para a formulação de políticas de desenvolvimento da aqüicultura brasileira**. Ed UFSC – Florianópolis, 1999. 310p.
- ASGHARIPOUR, M. R.; AZIZMOGHADDAM, H. R. Effects of raw and diluted municipal sewage effluente with micronutrient foliar sprays on the growth and nutrient concentration of foxtail millet in southeast Iran. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v.19, p.441–449, 2012.
- AYERS, R.S., WESTCOT, D.W. 1985. Water quality of agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 29, **Rome**, 174 pp.
- BERNARDO, S. Manual de irrigação. 6 ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1995.
- BLUM, J.R.C. Critérios e padrões de qualidade da água. In: MANCUSO, P.C.S. & SANTOS, H.F. ed. **Reuso de água**. São Paulo: Manole, 2003. p. 125-174.

BOHN, H. L.; MCNELL, B.L.; O'Connor, G.A. Soil chemistry. 2ed. New York: **John Wiley & Sons**, 341 p. 1985.

BRITO, R.F.; FERREIRA NETO, M.; DIAS, N.S.; HOLANDA, J.S.; LIRA, R.B.; GOMES, J.W.S. Morfologia e fertilidade do solo em áreas de produção do semiárido. **Revista de Ciências Agrárias**, v.40, p.525-532, 2017.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Reuso de água. São Paulo. 2013. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/informacoes-basicas/tpos-de-agua/reuso-de-agua/>>. Acesso em: 20 jul. 2018.

CUNHA, E.E. LIMA, J.M.P. Caracterização de genótipos e estimativa de parâmetros genéticos de características produtivas de sorgo forrageiro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.701-706, 2010.

DEMÉTRIO, J.G.A.; DOHERTY, F.R.; ARAUJO FILHO, P.F. de; SCHEFFER, S. **Qualidade de Água Subterrânea no Nordeste Brasileiro**, UFPE/IPA/LAMEPE, Comunicação Oral, In: 45ª Reunião Anual da SBPC, Anais da Reunião, Recife-PE, 11 a 16 de julho de 1993, pg. 79.

DIAS, N. S. Manejo da fertirrigação e controle da salinidade em solo cultivado com melão rendilhado em ambiente protegido. 2004. 110 p. Tese (**Doutorado**). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, 2004.

DIAS, N.S.; LIRA, R.B; BRITO, R.F.; SOUSA NETO, O.N.; FERREIRA NETO, M.; OLIVEIRA, A.M. Produção de melão rendilhado em sistema hidropônico com rejeito da dessalinização de água em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, p.755-761. 2010.

DUBON, J. A. M.; PINHEIRO, J. C. V. Aproveitamento de Águas Residuais Provenientes de Dessalinizadores Instalados no Estado do Ceará. In: ENCUESTRO DE LAS AGUAS, 3, 2001, Santiago- Chile. **Resumos...** Santiago- Chile, IICA, 2011. CD ROM.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas. Londrina: **Editora Planta**, 2006. 403p.

FERNÁNDEZ-CRESPO, E.; CAMAÑES, G.; GARCÍA-AGUSTÍN, P. Ammonium enhances resistance to salinity stress in citrus plants. **Journal of Plant Physiology**, v.169, p.1183-1191, 2012.

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do milho**. 1. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2007. 576 p.

GOV. DO ESTADO DO RN, 2002. Plano de desenvolvimento sustentável da Zona Homogênea do Litoral Norte. Disponível em: <<http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/seplan/DOC/DOC000000000104220.PDF>>. Acesso em: 22 ago. 2018.

HACH, C. Water Analysis Handbook, Loveland, Colorado, USA, p. 61-62, 2002.

HESPANHOL, I. Água e saneamento básico. In: REBOUÇAS, A. da C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces do Brasil – Capital ecológica, uso e conservação**. 1. ed. São Paulo: Escritura Editora, 1999.

HESPANHOL, I. Potencial de reuso de água no Brasil. Agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. **Revista Brasileira e Recursos Hídricos**, v.7, n.4, out/dez 2002, 75-95.
 IZZO, R.; NAVARI-IZZO, F.; QUARTACCI, F. Growth and mineral absorption in Maize seedling as affected by increasing NaCl concentrations. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v.14, p.687-699, 1991.

JUAN, J. A. M. S. **Desalación de aguas salobres y de mar. Osmose inversa**. Madrid: Mundi-Prensa. 395p. 2000.

KUMAR, S.R; SHROTRIA, P.K; DESHMUKH, J.P. Characterizing Nutrient Management Effect on Yield of Sweet Sorghum Genotypes. **World Journal of Agricultural Sciences**, v.4, p.787-789, 2008.

LACERDA, C. F.; CAMBRAIA, J.; OLIVA, M. A.; RUIZ, H. A. Changes in growth and in solute concentration in sorghum leaves and roots during salt stress recovery. **Environmental and Experimental Botany**, v.54, p.69-76, 2005.

LIMA, G.S.; OLIVEIRA, L.D.; GHEYI, H.R.; SOARES, L.A.A.; LACERDA, C.F.; SANTOS, J.B.; ARAUJO, B.M. Cultivation of colored cotton irrigated with saline water under potassium and nitrate/ammonium fertilization. **African Journal of Agricultural Research**, v.11, p.32-39, 2016.

LIMA, J.E.F.W.; FERREIRA, R.S.A.; CRISTOFIDIS, D. O Estado das água no Brasil: uso da irrigação no Brasil. São Paulo: **Agência nacional de Energia Elétrica**, 1999. CD-ROM.

MAGALHÃES, J.A.; LOPES, E.A.; RODRIGUES, B.H.N.; COSTA, N.L.; BARROS, N.N.; MATTEI, D.A. Influência da adubação nitrogenada e da idade de corte sobre o rendimento forrageiro do capim-elefante, **Revista Ciência Agronômica**, v.37, p.91-96, 2006.

MEDEIROS, J. F.; SILVA, M. C. C.; SARMENTO, D. H. A.; BARROS, A. D. Crescimento do meloeiro cultivado sob diferentes níveis de salinidade, com e sem cobertura do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 3, p. 248-255, 2007.

MINSON, D.J. Effects of chemical and physical composition of herbaje eaten upon intake. In: HACKER, J.B. (Ed.) Nutritional limits to animal production from pasture. **Farnham Royal: CAB**. p.167-182, 1984.

MIRANDA, R.S.; ALVAREZ-PIZARRO, J.C.; ARAÚJO, C.M.S.; PRISCO, J.T.; GOMES-FILHO, E. Influence of inorganic nitrogen sources on K^+/Na^+ homeostasis and salt tolerance in sorghum plants. **Acta Physiologiae Plantarum**, v.35, p.841-852, 2013.

MIRANDA, R.S.; MESQUITA, R.O.; COSTA, J.H.; ALVAREZ-PIZARRO, J.C.; PRISCO, J.T.; GOMES-FILHO, E. Integrative Control Between Proton Pumps and SOS1 Antiporters in Roots is Crucial for Maintaining Low Na^+ Accumulation and Salt Tolerance in Ammonium-Supplied Sorghum bicolor. **Plant and cell Physiology**, v.58, p.1-15, 2017.

MYERS, B.J., THEIVEYANATH, S.O., BRIAN, N.O., BOND, W.J. Growth and water use of *Eucalyptus grandis* and *Pinus radiata* plantations irrigated with effluent. **Tree Physiology**, v.16, p.211–219, 1996.

NOBRE, G. T. N. Avaliação econômica da produção de tilápias utilizando rejeito salino como suporte hídrico. Monografia (**Bacharel em Ciência e Tecnologia**). Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 2016.

PATEL, K.P.; PANDAYA, R.R.; MALIWAL, G.L.; PATEL, K.C.; RAMANI, V.P.; GEORGE, V. Heavy metal content of different effluents and their relative availability in soils irrigated with effluent waters around major industrial cities of Gujarat. **Journal of the Indian Society of Soil Science**, v.52, p.89-94, 2004.

PORTO, E. R.; AMORIM, M. C. C. de; SILVA JÚNIOR, L. G. A. 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.; ARAUJO, O. J. Potencialidades da erva-sal (*Atriplex nummularia*) irrigada com o rejeito da dessalinização de água salobra no semi-árido brasileiro como alternativa de reutilização. In: **Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES); Américas y la acción por el medio ambiente en el milenio (AIDIS)**. Rio de Janeiro, 2000. p.1-8. Disponível em: < <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/aresidua/x-003.pdf>>. Acesso em: 27 ago. 2018.

POTAFÓS. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo. Manual internacional de fertilidade do solo. 2.ed. Piracicaba: Potafós, 1998. 177p.

RABELO, Regina. **Programa Água Doce beneficia comunidades no semi-árido brasileiro**. 2006. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/informma/item/3783-programa-agua-doce-beneficia-comunidades-no-semiarido-brasileiro>>. Acesso em: 13 set. 2018.

RATTAN, R.K.; DATTA, S.P.; CHHONKAR, P.K.; SURIBABU, K.; SINGH, A.K. Long-term impact of irrigation with waste water effluents on heavy metal content in soils, crops and groundwater – a case study. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.109, p.310–322, 2005.

REED, D. W. Combating poor water quality with water purification systems. In: Reed, D. W. (ed.). *Water, Media and Nutrition for Greenhouse Crops*. Illinois: USA, **Ball Publishing**, 1996, p.51-67.

RIBEIRO, M. R.; FREIRE, F. J.; MONTENEGRO, A. A. A. Solos halomórficos no Brasil: ocorrência, gênese, classificação, uso e manejo sustentável. In: Curi, N.; Marques, J. J.; Guilherme, L. R. G.; Lima, J. M.; Lopes, A. S; Alvarez, V. H. (Eds.). *Tópicos em Ciência do Solo*. Viçosa: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 3, p. 165-208, 2003.

RICHARDS, L.A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington: United States Department of Agriculture, 1954. 160p. **Agriculture Handbook**, 60.

ROMANO, M.R.; VERBURG, N.; ANDRADE, J.M.; ROCHA, C.H. Desempenho de cinco variedades de milho crioulo em diferentes sistemas de produção. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.2, p.808-811, 2007.

SABBAG, O. J.; ROZALES, R. dos R.; TARSITANA, M. A. A.; SILVEIRA, A. N. Análise econômica da produção de tilápias (*Oreochromis niloticus*) em um modelo de propriedade associativista em Ilha Solteira/SP. **Revista Custos e Agronegócio (on line)**, Recife, v. 3, n. 2, p. 86-100, 2007.

SANTOS, A.N.; SOARES, T.M.; SILVA, E.F.F.S.; 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, p.961-969, 2010.

SARAIVA, V.M.; KONIG, A. Produtividade do capim-elefante-roxo irrigado com efluente doméstico tratado no semiárido potiguar e suas utilidades. **Revista Holos**, v.1, p.28-46, 2013.

SCAPINI, L. Avaliação do desempenho da osmose reversa e da troca iônica para tratamento de efluente de curtume (aimoré couros Ltda. – encantado) visando à reutilização da água. Dissertação (**Mestre em Sistemas e Processos Industriais**). Universidade de Santa Cruz do Sul, 2007.

SETTI, A. A; LIMA, J. E. F. W.; CHAVES, A. G. M.; PEREIRA, I. C. Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos. 2ª edição. ANEEL. ANA. Brasília -Distrito Federal, 2001.

SOARES, T. M.. Utilização de águas salobras no cultivo da alface em sistema hidropônico NFT como alternativa agrícola condizente ao semi-árido brasileiro. Tese (**Doutorado em Agronomia**) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2007.

SOUZA, A. C. M.. Manejo integrado do rejeito da dessalinização da água salobra na agricultura. Dissertação (**Mestre em Manejo do Solo e Água**) Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 2014.

TAN, K. H. Principles of soil chemistry. New York: Marcel Dekker, 1982. 267p.

VALE, M.B; AZEVEDO, P.V. Avaliação da produtividade e qualidade do capim elefante e do sorgo irrigados com água do lençol freático e do rejeito do dessalinizador. **Halos**, v.3, p.181-195. 2013.

VILELA, H. Produção de briquetes de capim elefante. Portal Agronomia. 2009.

VON PINHO, R. G.; VASCONCELOS, R. C.; BORGES, I. D.; RESENDE, A. V. Produtividade e qualidade da silagem de milho e sorgo em função da época de semeadura. **Bragantia**. v.66, n.2, p.235-245, 2007.

WHITEMAN, P. C.; WARING, S. A.; WALLIS, E. S.; BRUCE, R. C. **Tropical pasture science**. Oxford: Oxford University. 392p. 1980.

ZIMMERMANN, S; FITZSIMMONS, K. **Tópicos Especiais em Piscicultura de Água Doce Tropical Intensiva.** Tilapicultura Intensiva. São Paulo. TecArt, 2004.