



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MANEJO DE SOLO E ÁGUA
DOUTORADO EM MANEJO DE SOLO E ÁGUA

ANA CLÁUDIA MEDEIROS SOUZA

**FERTILIZAÇÃO DO SOLO COM EFLUENTE DA PISCICULTURA NO CULTIVO
DE MILHO CRIOULO**

MOSSORÓ

2018

ANA CLÁUDIA MEDEIROS SOUZA

**FERTILIZAÇÃO DO SOLO COM EFLUENTE DA PISCICULTURA NO CULTIVO
DE MILHO CRIOULO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água, da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como parte dos requisitos para obtenção do título de “Doutora em Manejo de Solo e Água”.

Linha de Pesquisa: Manejo de Solo e Água no Semiárido

Orientador: Nildo da Silva Dias, Prof. Dr.

MOSSORÓ

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 n° 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei n° 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.

S719f Souza, Ana Cláudia Medeiros.
Fertilização do solo com efluente da
piscicultura no cultivo de milho crioulo / Ana
Cláudia Medeiros Souza. - 2018.
100 f. : il.

Orientador: Nildo da Silva Dias.
Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural
do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Manejo de Solo e Água, 2018.

1. Reúso de água. 2. Agricultura familiar. 3.
Milho crioulo. 4. Desenvolvimento sustentável. I.
Dias, Nildo da Silva, orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

ANA CLÁUDIA MEDEIROS SOUZA

**FERTILIZAÇÃO DO SOLO COM EFLUENTE DA PISCICULTURA NO CULTIVO
DE MILHO CRIOULO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água, da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como parte dos requisitos para obtenção do título de “Doutora em Manejo de Solo e Água”.

Linha de Pesquisa: Manejo de Solo e Água no Semi-Árido.

APROVADA EM: 24 / 05 / 2018

BANCA EXAMINADORA

Nildo da Silva Dias

Nildo da Silva Dias, Prof. Dr. (UFERSA)
Presidente

Francisco Souto de Sousa Júnior

Francisco Souto de Sousa Júnior, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

Ana Kaline da Costa Ferreira

Ana Kaline da Costa Ferreira, Dra. (UFERSA)
Membro Examinador

Kaline Dantas Travassos

Kaline Dantas Travassos, Dra. (UFERSA)
Membro Examinador

Marcílio de Lemos

Marcílio de Lemos, Dr. (CENTRO TERRA VIVA)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

"Aqueles que passam por nós, não vão sós, não nos deixam sós. Deixam um pouco de si, levam um pouco de nós." (Antoine de Saint-Exupéry)

Várias pessoas estiveram ao meu lado durante essa caminhada. Talvez eu não consiga expressar minha eterna gratidão através de palavras.

Contudo, sou grata a **Deus**, em primeiro lugar, pela dádiva da vida renovada a cada provação que se apresenta e nos sonhos que se concretizam.

À minha mãe, **Maria do Disterro Medeiros**, que sempre acreditou nas minhas escolhas profissionais.

Ao meu esposo, **Renan Cabral de Figueirêdo**, pela motivação diária, apoio, amor e compreensão em todos os momentos da nossa vida. E a nossa filha amada, **Laura Medeiros Cabral**, ainda tão pequenina, mas capaz de transmitir um amor tão lindo e sincero que traz leveza aos meus dias. Amo vocês!

Ao professor, **Nildo da Silva Dias**, pela oportunidade de tê-lo como orientador no Mestrado e Doutorado. Tenho muito orgulho de citá-lo como um dos responsáveis pela minha formação profissional. Obrigada pela confiança, amizade, conselhos e paciência. Com você aprendi que mais fácil multiplicar quando sabemos dividir.

Às minhas amigas-irmãs, **Ana Kaline da Costa Ferreira**, **Daianni Ariane da Costa Ferreira** e **Karen Mariany Pereira Silva**, pelo apoio incondicional, amizade, cumplicidade e colaboração em todos os momentos da minha vida.

Aos **amigos e amigas** que foram fundamentais na execução desta pesquisa, especialmente, Ítalo Sorac Rafael de Queiroz, Aline Torquato Loiola, Celimari Campos da Silva Júnior, Pedro Ramualyson Fernandes Sampaio, Mikhael Rangel de Souza Melo, Halysson Rubens Alves de Oliveira e Caio César Batista Melo.

Aos **bolsistas e voluntários do curso de Agronomia (UFERSA)** que contribuíram nas atividades semanais durante a realização da pesquisa.

Aos funcionários do Laboratório de Análises de Solo, Água e Planta (LASAP/UFERSA), especialmente, **Elídio Andrade Barbosa e Paula Romyne de Moraes Cavalcante**.

À **banca examinadora**, Prof. Dr. Nildo da Silva Dias, Prof. Dr. Francisco Souto de Sousa Júnior, Dr^a Ana Kaline da Costa Ferreira, Dr^a Kaline Dantas Travassos e Dr. Marcirio de Lemos, pelas valiosas contribuições para esta pesquisa.

Aos **docentes** do Programa de Pós-graduação em Manejo de Solo e Água (PPGMSA/UFERSA), pelos ensinamentos.

A **Luiz Inácio Lula da Silva**, como forma de agradecimento pela expansão da pós-graduação no Brasil, a qual possibilitou o ingresso de inúmeros(as) filhos(as) de classes média e baixa da sociedade brasileira.

DEDICO

RESUMO

Considerando a baixa oferta de águas doces superficiais, torna-se importante o desenvolvimento de pesquisas e a geração de tecnologias que permitam o uso de fontes alternativas de água na agricultura, como por exemplo, as águas salinas de poços, águas salobras e efluentes de diferentes atividades. Neste contexto, o uso de efluente como fonte hídrica e nutricional é uma forma efetiva de controle da poluição e uma alternativa viável para aumentar a disponibilidade hídrica em regiões áridas e semiáridas, podendo reduzir os custos com tratamento e ainda servir como fonte de nutrientes para as plantas. Objetivou-se avaliar o potencial de uso agrícola do efluente da piscicultura no cultivo de milho crioulo. A pesquisa foi realizada no período de maio a julho de 2016, sob condições de campo, em delineamento de blocos casualizados, em parcelas subdivididas e 3 repetições. Os tratamentos principais constituíram de 5 de proporções de efluente oriundo da atividade na água de irrigação (100% água de abastecimento - testemunha), 75% água de abastecimento + 25% efluente, 50% água de abastecimento + 50% efluente de piscicultura, 25% água de abastecimento + 75% efluente e 100% efluente de piscicultura) e, nas sub-parcelas, foram testadas duas 2 variedades de milho crioulo (Ibra e Milho Roxo). O cultivo das variedades de milho crioulo, Ibra e Milho Roxo, com efluente de piscicultura na irrigação mostrou-se viável, sendo uma alternativa para tratamento e disposição final adequada para esse resíduo líquido, além de constituir uma forma de economizar os recursos hídricos de boa qualidade e minimizar a poluição ambiental ocasionada pelo mesmo. A cultivar Ibra apresentou melhor resultado com relação às características vegetativas e de composição do tecido vegetal do milho crioulo. Quando aplicada ao solo, a proporção de 100% de efluente da piscicultura causa redução na qualidade do milho crioulo e, conseqüentemente, diminuição na produção de biomassa dessa cultura e/ou elevadas concentrações no tecido vegetal.

Palavras-chave: Reuso de água. Agricultura familiar. Milho crioulo. Desenvolvimento sustentável.

ABSTRACT

Considering the low supply of fresh surface water, it is important to develop research and technologies that allow the use of alternative sources of water in agriculture, such as saline water, brackish water and effluents from different activities. In this context, the use of effluent as water and nutritional source is an effective way to control pollution and a viable alternative to increase water availability in arid and semi-arid regions, reducing treatment's costs and working as a source of nutrients for plants. The aim was to evaluate the use of fish farming effluents in maize. The research was carried between May and July 2016, under field conditions, in a randomized block design, in subdivided plots and 3 replicates. The main treatments consisted of 5 effluent proportions from the activity in the irrigation water (100% control supply water), 75% supply water + 25% effluent, 50% supply water + 50% fish effluent, 25 % water supply + 75% fish effluent and 100% fish effluent), and in the subplots two maize varieties (Ibra and Milho Roxo) were tested. The cultivation of the varieties of Creole, Ibra and Milho Roxo, with fish effluent in irrigation proved viable, being an alternative for treatment and adequate final disposal for this liquid residue, besides being a way to save water resources of good quality and minimize the environmental impact caused by it. The cultivar Ibra presented better results in the vegetative and composition characteristics of the Creole maize's plant tissue. When applied to the soil, the proportion of 100% of fish effluent causes a reduction in the quality of Creole maize and, consequently, a decrease in the biomass production of this crop and/or high concentrations in the plant tissue.

Keywords: Water reuse. Family farming. Creole corn. Sustainable development.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização geográfica da área experimental, Mossoró - RN, 2016.....	33
Figura 2 - Área experimental antes (A) e após (B) o plantio do milho crioulo. Mossoró - RN, 2016.....	34
Figura 3 - Croqui da área experimental, Mossoró/RN, 2016	35
Figura 4 - Entrada da Estação de Piscicultura da UFERSA (A) e tanque onde foi coletado o efluente da piscicultura utilizado no experimento (B); Transporte (C) e armazenamento (D) do efluente. Mossoró - RN, 2016	37
Figura 5 - Monitoramento da condutividade elétrica das águas utilizadas na irrigação, Mossoró - RN, 2016	38
Figura 6 - Plantio e desbaste do milho crioulo. Mossoró - RN, 2016	39
Figura 7 - Avaliação da altura da planta do milho crioulo. Mossoró - RN, 2016	40
Figura 8 - Medição do diâmetro do colmo por planta de milho crioulo. Mossoró - RN, 2016	41
Figura 9 - Contagem do número de folhas por planta de milho crioulo. Mossoró - RN, 2016	41
Figura 10 - Avaliação da área foliar do milho crioulo pelo método dos discos foliares. Mossoró - RN, 2016	42
Figura 11 - Medição de trocas gasosas por planta do milho crioulo. Mossoró - RN, 2016	44
Figura 12 - Dados de umidade, temperatura e precipitação pluvial coletados na área de estudo durante a condução do experimento, Mossoró - RN, 2016	45
Figura 13 - Valores da variável condutividade elétrica do extrato de saturação do solo após um ciclo cultural de milho de crioulo, variedades Ibra e Milho Roxo. Mossoró-RN, 2017	56
Figura 14 - Diâmetro do caule aos 30 DAE (A), 45 DAE (B) e 60 DAE (C) e número de folha aos 30 DAE (D), 45 DAE (E) e 65 DAE (F) do milho crioulo, variedades Ibra e Roxo, em função de proporções de efluente da piscicultura na irrigação. Mossoró-RN, 2017.....	59
Figura 15 - Altura de planta aos 45 DAE (A) e aos 60 DAE (B) do milho crioulo, variedades Ibra e Roxo, em função de proporções de efluente da piscicultura na irrigação. Mossoró-RN, 2017	60
Figura 16 - Área foliar aos 60 DAE do milho crioulo, variedades Ibra e Roxo, em função de proporções de efluente da piscicultura na irrigação. Mossoró-RN, 2017	61
Figura 17 - Matéria fresca da parte aérea (MFPA) (A) e matéria seca da parte aérea (MSPA) (B) do milho crioulo, variedades Ibra e Milho Roxo, em função de proporções de efluente da piscicultura na irrigação. Mossoró-RN, 2017.....	65

Figura 18 - Matéria fresca do caule (MFC) (A) e matéria seca do caule (MSC) (B) do milho crioulo, variedades Ibra e Milho Roxo, em função de proporções de efluente da piscicultura na irrigação. Mossoró-RN, 2017	66
Figura 19 – Teores de N, P, K e Na na folha do milho crioulo, variedades Ibra e Roxo, em função de proporções de efluente da piscicultura na irrigação. Mossoró-RN, 2017.....	68
Figura 20 – Teores de Ca, Cu e Mn na folha do milho crioulo, variedades Ibra e Roxo, em função de proporções de efluente da piscicultura na irrigação. Mossoró-RN, 2017.....	70
Figura 21 - Teores de N, P, K e Na no colmo do milho crioulo, variedades Ibra e Roxo, em função de proporções de efluente da piscicultura na irrigação. Mossoró-RN, 2017.....	75
Figura 22 - Teores de Ca e Mg no colmo do milho crioulo, variedades Ibra e Roxo, em função de proporções de efluente da piscicultura na irrigação. Mossoró-RN, 2017.....	76
Figura 23 – Teores de Fe e Mn no colmo do milho crioulo, variedades Ibra e Roxo, em função de proporções de efluente da piscicultura na irrigação. Mossoró-RN, 2017.....	76
Figura 24 - Teores de P, K, Na e Ca no pendão do milho crioulo, variedades Ibra e Roxo, em função de proporções de efluente da piscicultura na irrigação. Mossoró-RN, 2017.....	79
Figura 25 - Teores de Mg e Fe no pendão do milho crioulo, variedades Ibra e Roxo, em função de proporções de efluente da piscicultura na irrigação. Mossoró-RN, 2017.....	80
Figura 26 - Teores de Cu no pendão do milho crioulo, variedades Ibra e Roxo, em função de proporções de efluente da piscicultura na irrigação. Mossoró-RN, 2017	81
Figura 27 - Condutância estomática do milho crioulo, variedades Ibra e Roxo, em função de proporções de efluente da piscicultura na irrigação. Mossoró-RN, 2017	84
Figura 28 - Fotossíntese líquida do milho crioulo, variedades Ibra e Roxo, em função de proporções de efluente da piscicultura na irrigação. Mossoró-RN, 2017	85
Figura 29 - Transpiração do milho crioulo, variedades Ibra e Roxo, em função de proporções de efluente da piscicultura na irrigação. Mossoró-RN, 2017	85

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização física do solo antes da instalação do experimento, Mossoró - RN, 2016	46
Tabela 2 - Caracterização química do solo antes da instalação do experimento, Mossoró -RN, 2016	47
Tabela 3 - Caracterização química do solo durante a condução do experimento, Mossoró - RN, 2016.....	50
Tabela 4 - Caracterização química do solo ao final do experimento, Mossoró - RN, 2016.....	51
Tabela 5 - Caracterização físico-química do efluente da piscicultura (EP) e da água de abastecimento (AA) utilizados no experimento. Mossoró - RN, 2017	55
Tabela 6 - Resumo das análises de variância para as variáveis diâmetro do caule (DC1, DC2 e DC3), altura da planta (ALT1, ALT2 e ALT3) e número de folhas (NF1, NF2 e NF3) aos 30, 45 e 60 dias após a emergência do milho crioulo, variedades Ibra e Roxo, em função de proporções de efluente da piscicultura na irrigação	57
Tabela 7 - Diâmetro do caule aos 30 DAE (DC1), 45 DAE (DC2) e 60 DAE (DC3), altura da planta aos 30 DAE (ALT1), 45 DAE (ALT2) e 65 DAE (ALT3) e área foliar (AF) do milho crioulo, variedades Ibra e Roxo.....	60
Tabela 8 - Resumo das análises de variância da variável matéria fresca da parte aérea (MFPA), matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria fresca do caule (MFC), matéria seca do caule (MSC), matéria fresca do pendão (MFP), matéria seca do pendão (MSP), matéria fresca da raiz (MFR) e matéria seca da raiz (MSR) do milho crioulo, variedades Ibra e Milho Roxo, em função de proporções de efluente da piscicultura na irrigação.....	63
Tabela 9 - Matéria fresca da parte aérea (MFPA), matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria fresca do caule (MFC), matéria seca do caule (MSC), matéria fresca do pendão (MFP), matéria seca do pendão (MSP), matéria fresca da raiz (MFR) e matéria seca da raiz (MSR) do milho crioulo, variedades Ibra e Milho Roxo, em função de proporções de efluente da piscicultura na irrigação.....	65
Tabela 10 - Resumo das análises de variância das variáveis N, P, K, Na, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn e Zn na folha do milho crioulo, variedades Ibra e Roxo, em função de proporções de efluente da piscicultura na irrigação.....	67
Tabela 11 – N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Cu, Mn e Zn na folha do milho crioulo, variedades Ibra e Roxo.....	70

Tabela 12 - Resumo das análises de variância das variáveis N, P, K, Na, Ca, Mg, Fe e Mn no colmo do milho crioulo, variedades Ibra e Roxo, em função de proporções de efluente da piscicultura na irrigação.....	73
Tabela 13 – N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Cu, Mn e Zn no colmo do milho crioulo, variedades Ibra e Roxo	77
Tabela 14 - Resumo das análises de variância das variáveis N, P, K, Na, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn e Zn do pendão do milho crioulo, variedades Ibra e Roxo, em função de proporções de efluente da piscicultura na irrigação	78
Tabela 15 – N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Cu, Mn e Zn no pendão do milho crioulo, variedades Ibra e Roxo	81
Tabela 16 - Resumo das análises de variância das variáveis condutância estomática (gs), fotossíntese líquida (A) e transpiração (E) do milho crioulo, variedades Ibra e Roxo, em função de proporções de efluente da piscicultura na irrigação.....	83

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	15
2.1 OBJETIVO GERAL.....	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	16
3.1 DISPONIBILIDADE HÍDRICA DO NORDESTE BRASILEIRO E FONTE HÍDRICAS ALTERNATIVAS.....	16
3.1.1 Recursos hídricos no município de Mossoró - RN.....	19
3.1.1.1 Hidrologia.....	19
3.1.1.2 Hidrogeologia.....	19
3.2 REÚSO DA ÁGUA NA AGRICULTURA	20
3.3 QUALIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO.....	22
3.4 EFEITO DA SALINIDADE DO SOLO NAS PLANTAS	25
3.5 A CULTURA DO MILHO	27
3.5.1 Importância econômica e social	27
3.5.2 Conceituação de variedades.....	28
3.5.2.1 Variedades tradicionais.....	28
3.5.2.2 Variedades locais.....	29
3.5.2.3 Variedades modernas e/ou melhoradas	29
3.5.2.4 Variedades crioulas.....	30
3.6 A IMPORTÂNCIA DAS SEMENTES CRIULAS NA AGRICULTURA FAMILIAR	30
4 MATERIAL E MÉTODOS	33
4.1 LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA ÁREA DO ESTUDO.....	33
4.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS.....	34
4.3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO SOLO	36
4.4 OBTENÇÃO DO EXTRATO DA SOLUÇÃO DO SOLO	36
4.5 COLETA E PREPARO DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO	37
4.6 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.....	39
4.6.1 Irrigação	39
4.6.2 Plantio.....	39
4.7 VARIÁVEIS AVALIADAS NA CULTURA.....	40
4.7.1 Crescimento.....	40

4.7.1.1	Altura da planta (AP).....	40
4.7.1.2	Diâmetro do colmo (DC).....	41
4.7.1.3	Número de folhas (NF).....	41
4.7.1.4	Área foliar (AF).....	42
4.7.1.5	Matéria fresca total da planta (MFT) e por órgão	43
4.7.1.6	Matéria seca total da planta (MST) e por órgão	43
4.7.2	Composição mineral do tecido vegetal.....	43
4.7.3	Fisiológicas	44
4.8	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	44
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
5.1	CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DURANTE O EXPERIMENTO.....	45
5.2	CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO SOLO	46
5.3	AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO EFLUENTE DA PISCICULTURA E DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO	54
5.4	VARIAÇÃO DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DO EXTRATO DE SATURAÇÃO DO SOLO APÓS UM CICLO CULTURAL	55
5.5	ANÁLISES DE CRESCIMENTO	56
5.6	COMPOSIÇÃO MINERAL DO TECIDO VEGETAL.....	66
5.6.1	Folha	67
5.6.2	Colmo.....	72
5.6.3	Pendão	77
5.7	ANÁLISES FISIOLÓGICAS	82
6	CONCLUSÕES.....	86
	REFERÊNCIAS	87

1 INTRODUÇÃO

A água, além de ser um recurso imprescindível à produção de bens indispensáveis ao desenvolvimento econômico e social, é considerada um elemento vital para a conservação dos ecossistemas e da vida no nosso planeta (WOLKMER e PIMMEL, 2013).

Considerando a baixa oferta de água superficial de boa qualidade, torna-se importante o desenvolvimento de pesquisas e a geração de tecnologias que permitam o uso de águas salinas de poços na produção de alimentos (PAULUS et al., 2010). Ribeiro et al. (2013) ressaltam ainda que, a alta produção de esgotos, os fatores climáticos, a urbanização, a expansão agrícola, a industrialização e o desenvolvimento socioeconômico são citados como fatores propulsores do reuso agrícola da água no Brasil e em outros países.

Ainda no Brasil, a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), que ficou conhecida como Lei das Águas, foi instituída pela Lei Nº 9.433/97 e estabeleceu instrumentos para a gestão dos recursos hídricos de domínio federal e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH). Conhecida por seu caráter descentralizador, a PNRH deu maior abrangência ao respeito aos usos múltiplos dos recursos hídricos e como prioridade, o abastecimento humano e dessedentação animal em casos de escassez, tornando a gestão dos recursos hídricos democrática.

Para promover o uso múltiplo das águas, a integração agricultura-aquicultura pode ser uma estratégia sustentável para a utilização de recursos hídricos, como no emprego de água salina proveniente de efluentes de piscicultura para produção de culturas moderadamente tolerantes à salinidade, em áreas onde a disponibilidade de água de boa qualidade para irrigação é limitada (SIMÕES et al., 2016).

Entretanto, durante o processo de produção piscícola torna-se inevitável o acúmulo de resíduos orgânicos e metabólicos nos viveiros, cujo material orgânico – proveniente de excretas e restos de ração não consumidos pelos peixes – deposita-se no fundo dos viveiros. Já os metabólicos e compostos nitrogenados e fosfatados, encontram-se diluídos no meio favorecendo o desenvolvimento de algas (HUSSAR et al., 2002). O referido autor acredita que para minimizar o impacto causado por estes efluentes dos tanques de piscicultura faz-se necessária a utilização de métodos de tratamento ou até mesmo o reuso destes na irrigação de culturas diversas.

De acordo com Mendes et al. (2016), o uso de efluentes tratados em cultivos agrícolas auxilia no controle da poluição ambiental, além de disponibilizar água e nutrientes para as culturas, mostrando-se uma prática viável.

Vale ressaltar que a cultura do milho é uma das mais importantes no mundo em função de sua produtividade, composição química e valor nutritivo, tornando-se uma alternativa viável, principalmente, para pequenos produtores, possibilitando maior retorno de capital por área plantada (GRIGULO et al., 2011), além de ser um dos cereais mais cultivados em todo o mundo, sendo importante na alimentação humana e animal (CATÃO et al., 2013).

A aplicação de efluentes da piscicultura ao solo é vista como forma efetiva de controle da poluição e uma alternativa viável para aumentar a disponibilidade hídrica em regiões áridas e semiáridas, podendo reduzir os custos com tratamento e ainda servir como fonte de nutriente para as plantas, reduzindo assim, os custos com a aquisição de fertilizantes químicos comerciais (MADEIRA et al., 2002; HESPANHOL, 2003, MEDEIROS et al., 2005a). No entanto, conforme Silva et al. (2012), a referida técnica requer monitoramento do balanço de cátions no solo, como o sódio que, em geral, possui concentrações elevadas na água residuária, o que restringe a solubilidade de muitos nutrientes.

Dentre as formas de integração da piscicultura com a agricultura, podem ser citadas: piscicultura diretamente em canais de irrigação; em tanques/viveiros com o aproveitamento da água biofertilizada pelos peixes (efluente) na irrigação de culturas vegetais e mediante o uso da aquaponia (OLIVEIRA e SANTOS, 2015).

Em sistemas que utilizam água salina para irrigação, os elevados teores de sais podem não interferir na absorção de elementos tóxicos e dos nutrientes essenciais (GURGEL et al. 2008; NEVES et al., 2009). Entretanto, esse efeito da salinidade sobre a composição mineral das plantas varia com a espécie avaliada e está relacionado com mecanismos de tolerância à salinidade (DIAS e BLANCO, 2010).

Muitos estudos têm sido desenvolvidos com vegetais (Castellani et al., 2009), culturas forrageiras (Carvalho Júnior et al., 2010; Gurgel et al., 2012) e água salina, em que a correta gestão da irrigação é um dos parâmetros fundamentais para a sustentabilidade do cultivo, uma vez que o aumento do teor de sal na solução do solo pode reduzir o seu potencial osmótico e diminuir a disponibilidade de água, intensificando a toxicidade de certos íons para as plantas (SILVA, 2014). Embasado nesse contexto, a presente pesquisa justifica-se pela proeminência de avaliar o potencial de uso agrícola do efluente da piscicultura no cultivo de milho crioulo.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

- Avaliar o potencial de uso agrícola do efluente da piscicultura no cultivo de milho crioulo.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudar as alterações dos atributos físico-químicos do solo sob os efeitos da fertirrigação com diferentes proporções de efluente na solução de fertirrigação de duas cultivares de milho crioulo;

- Avaliar a qualidade do efluente da piscicultura e da água de abastecimento para fins de irrigação;

- Determinar o crescimento e desenvolvimento de cultivares de milho crioulo sob efeito da irrigação com adição de efluente da piscicultura;

- Quantificar a extração de macro e micronutrientes do tecido vegetal de cultivares de milho crioulo fertirrigadas com efluente da piscicultura em diferentes proporções em água de abastecimento;

- Avaliar os aspectos fisiológicos das plantas das duas cultivares de milho crioulo fertirrigadas com diferentes diluições do efluente da piscicultura.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 DISPONIBILIDADE HÍDRICA DO NORDESTE BRASILEIRO E FONTE HÍDRICAS ALTERNATIVAS

A população mundial continua a aumentar e estima-se que a população atual aumente de cerca de 7 bilhões para cerca de 9 bilhões até 2050. Por este tempo, serão necessários mais de um bilhão de toneladas de cereais e 200 milhões de toneladas extras de produtos pecuários a cada ano. O imperativo para esse crescimento agrícola é mais forte nos países em desenvolvimento, onde o desafio não é apenas produzir alimentos, mas garantir que as famílias tenham acesso, o que lhes proporcionará segurança alimentar (FAO, 2011).

Para melhorar a nutrição da população, bem como, reduzir a insegurança alimentar e a subnutrição, especialmente em países em desenvolvimento, faz-se necessário que a produção agrícola futura aumente mais rapidamente do que o crescimento populacional. Isso terá que ocorrer em grande parte das terras agriculturáveis e, essas melhorias ocorrerão, portanto, a partir de uma intensificação sustentável do uso dos recursos naturais, ou seja, que se faça uso efetivo dos recursos solo e água sem causar danos ambientais.

Nas regiões semiáridas, este problema agrava-se devido o fenômeno da seca que ameaça ainda mais a estabilidade dos recursos hídricos. Em muitas localidades, depois de se chegar ao limite máximo de utilização da água superficial para utilização na agricultura, procura-se usar a água subterrânea por meios da perfuração de poços. O bombeamento é tamanho, que a água não se renova e, como não há recarga, os aquíferos sofrem depleção gerando um afundamento do solo.

A água subterrânea está sendo bombeada intensivamente e os aquíferos estão cada vez mais poluídos e salinizados em algumas áreas costeiras. Grandes partes de todos os continentes estão experimentando altas taxas de comprometimento do ecossistema, particularmente, redução da qualidade do solo e perda de biodiversidade. O uso excessivo de águas superficiais e a crescente dependência de recursos de águas subterrâneas não renováveis foram relatados em várias regiões do mundo, lançando dúvidas significativas sobre a sustentabilidade do uso da água e da produção agrícola irrigada (WADA; BIERKENS, 2014).

Os autores relatam uma tendência crescente do consumo hídrico não renovável das águas superficial e subterrânea, desde o final da década de 1990, isto representa cerca de 600 milhões de pessoas alimentadas pela água que é retirada do subsolo de forma insustentável.

Na Região Nordeste do Brasil, em especial na sua porção semiárida, é historicamente afligida pela escassez de água. Conforme dados da Agência Nacional de Águas (ANA), nesta região, o balanço entre a disponibilidade e a demanda dos recursos hídricos superficiais está entre as mais preocupantes do país. A situação mais crítica é a observada na região hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental, com média inferior a $1.200 \text{ m}^3 \text{ hab}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, sendo que em algumas unidades hidrográficas dessa região são registrados valores menores que $500 \text{ m}^3 \text{ hab}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (BRASIL, 2007).

Apesar desta deficiência em recursos hídricos superficiais, de acordo com levantamentos da Associação Brasileira de Águas Subterrâneas (ABAS) poderiam ser explorados do subsolo da Região Nordeste, sem risco de esgotamento dos mananciais, pelo menos 19,5 bilhões de metros cúbicos de água por ano, correspondendo a 40 vezes o volume explorado atualmente.

Existem pelo mundo diversas formas de se combater a escassez de água. De acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2011), em países como a Austrália, Israel, Chipre, Jordânia, que têm baixos índices de precipitação, usa-se como uma das soluções a dessalinização da água marinha. Outras alternativas levadas em consideração incluem a redução das perdas no sistema de abastecimento, o reúso de água servida devidamente tratada e, captação, armazenamento e uso de águas pluviais (CUNHA, 2015).

De todas as soluções citadas, o uso de efluentes oriundos de reúso da água é o que vem recebendo maior abrangência nas áreas geográficas que sofrem com a redução na quantidade de água de qualidade. Para a agricultura, o reúso de efluentes fornece, além de água, alguns nutrientes para as plantas. Entretanto, o uso destes em solos deve ser constantemente monitorado, para que não haja poluição e/ou contaminação do sistema solo-água-planta. Há diversas modalidades de reúso da água, como: o urbano, o industrial, o paisagístico, o agrícola, o doméstico, o recreacional, a recarga de aquíferos e o reúso na aquicultura e pesca (BERTOCINI, 2008).

Brega Filho e Mancuso (2003) sugerem a terminologia do reúso como sendo o aproveitamento de águas previamente utilizadas, uma ou mais vezes, para suprir as necessidades de outros usos. A sua potabilização é conhecida desde 1912, quando foi introduzida no Golden Gate Park, San Francisco (EUA) para a irrigação paisagística e abastecimento de lago ornamental. Com o passar dos anos, a água de reúso foi ganhando

novas funções e, atualmente, tem suprido grande parte da produção de alimentos na agricultura (OLIVEIRA, 2012). Há diversas finalidades para água de reúso e pode até servir para uso humano. O tratamento é determinado de acordo com o uso, para cada objetivo requer um tipo distinto de tratamento (ANA, 2005).

O efluente considerado mais adequado para a aplicação na agricultura é o esgoto doméstico, principalmente, os esgotos tratados, devido à sua composição e valores nutricionais. Estes são basicamente constituídos de matéria orgânica e mineral e sua fase predominante é a líquida, o que o torna o efluente ideal para uso agrícola levando em consideração o que as plantas necessitam para o seu desenvolvimento (OLIVEIRA, 2012).

Devido à sua composição química, efluentes industriais geralmente são incompatíveis para o reúso agrícola, porque podem apresentar substâncias tóxicas para o homem e animais (OLIVEIRA, 2012). Na indústria, a água é utilizada em muitos processos como matéria-prima, solvente de processos, meio de transporte, agente de limpeza, fonte de vapor, etc., e geralmente, parte dessa água é devolvida para a natureza com dejetos, suja, sem condições de uso e, quando chega aos rios, está com alto poder contaminante, ocasionando a sua poluição.

Segundo Sperling (2005), as características dos despejos industriais variam essencialmente pelo tipo da indústria e pelo tipo de processo industrial utilizado. Portanto, os principais parâmetros devem ser investigados para a caracterização dos despejos, considerando que cada indústria possui um tipo de matéria-prima, o que gera despejos diferentes.

A captação da água de chuva é outra alternativa para suprimento das exigências hídricas e que pode ter diversas finalidades, assim como acontece com a água de reúso ANA (2005). No Nordeste brasileiro, existe o programa Um Milhão de Cisternas, gerido pela Articulação Semiárido Brasileiro (ASA), que tem como objetivo auxiliar as famílias a construir cisternas com capacidade de armazenamento de água suficiente para cinco pessoas se manterem por até oito meses. É uma solução simples, econômica e sustentável (ASA, 2014).

Salienta-se que a utilização de água de chuva, como fonte alternativa ao abastecimento de água exige, assim como nos casos anteriores, uma gestão minuciosa da qualidade e quantidade. A água pluvial pode ser utilizada desde que haja controle de sua qualidade e apuração da necessidade de tratamento específico, de forma que não comprometa a saúde de seus usuários, nem a vida útil dos sistemas envolvidos (ANA, 2005).

Outros efluentes que têm se destacado na utilização como fonte alternativa são aqueles originados a partir de água de viveiros de criação de peixes e também de rejeito da

suinocultura. Estes reduzem os impactos ambientais da descarga de águas ricas em nutrientes nos rios e/ou a necessidade de tratamento dessas águas. O uso de efluentes de viveiro de criação de peixes pode também reduzir a quantidade de fertilizantes químicos utilizados nas culturas, embora os níveis de nitrogênio inorgânico disponível nos efluentes sejam baixos para atender às necessidades de plantas mais exigentes (CASTRO; AZEVEDO; BARBOSA, 2005).

3.1.1 Recursos hídricos no município de Mossoró - RN

3.1.1.1 Hidrologia

O município de Mossoró encontra-se com 100% do seu território inserido na Bacia Hidrográfica do rio Apodi - Mossoró. Seus principais rios são: Mossoró e do Carmo (IDEMA, 2008).

3.1.1.2 Hidrogeologia

No tocante à hidrogeologia, segundo o IDEMA (2008), o município de Mossoró - RN situa-se em área de abrangência dos aquíferos Jandaíra, Açú, Barreiras e Aluvião.

O aquífero Jandaíra é composto predominantemente por calcários, apresentando água geralmente salobra e uma composição química favorável à pequena irrigação. É também um aquífero livre e contínuo com vazões que variam até $30\text{ m}^3\text{ h}^{-1}$, com média de $3\text{ m}^3\text{ h}^{-1}$ e poços com profundidade média em torno de 8 m (IDEMA, 2008).

Já o aquífero Açú ocorre numa faixa que acompanha a borda da Bacia Potiguar, apresentando uma espessura média de 150 m na área de afloramento. Este aquífero é livre na sua faixa de afloramento, apresentando uma vazão de $10\text{ m}^3\text{ h}^{-1}$, enquanto que na área de sub-superfície sua vazão pode atingir até $200\text{ m}^3\text{ h}^{-1}$ (IDEMA, 2008).

As águas em geral são boas, podendo ser utilizadas para consumo humano, animal, industrial e outros, não havendo, portanto, limitações quanto à qualidade. A alta temperatura, o esgotamento e a presença de minerais como aragonita e calcários na água retirada do aquífero Açú, comprometem e encarecem a manutenção da rede de distribuição d'água no município. Portanto, fez-se necessário o beneficiamento de oferta d'água através do Sistema

Adutor Mossoró, que tem como objetivo o abastecimento humano e dessedentação animal. Também conhecido como Adutora Jerônimo Rosado, o sistema possui uma extensão total de 123,40 km, a captação d'água bruta é feita na margem esquerda do rio Açu confluência com o rio Paraú, a jusante da Barragem Armando Ribeiro Gonçalves, localizado no município de Assu e possibilita uma vazão total de 373 L s^{-1} ou $1.342,80 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ (IDEMA, 2008).

O aquífero Barreiras apresenta-se confinado, semiconfinado e livre em algumas áreas. Os poços construídos mostram capacidade máxima de vazão, variando entre 5 a $100 \text{ m}^3/\text{h}$, com águas de excelente qualidade química, com baixos teores de sódio e podendo ser utilizada praticamente para todos os fins (IDEMA, 2008).

Enquanto, o aquífero Aluvião apresenta-se disperso, sendo constituído pelos sedimentos geralmente arenosos depositados nos leitos e terraços dos rios e riachos de maior porte. Estes depósitos caracterizam-se pela alta permeabilidade, boas condições de realimentação e uma profundidade média em torno de 7 metros. A qualidade da água geralmente é boa e pouco explorada (IDEMA, 2008).

3.2 REÚSO DA ÁGUA NA AGRICULTURA

O uso de efluentes na irrigação de diversas culturas tem crescido consideravelmente nos últimos 20 anos (LACERDA et al., 2011). Os maiores benefícios dessa forma de reuso são associados aos aspectos econômicos, ambientais e de saúde pública (COSTA et al., 2014), além disso, oferece benefícios porque reduz a demanda nas águas superficiais e subterrâneas (CARVALHO et al., 2014) e a sua utilização pode reduzir, ou até mesmo eliminar, a necessidade do emprego de fertilizantes comerciais aplicados nos solos destinados à cultura de espécies vegetais (HESPANHOL, 2003), além de se destacarem como soluções sustentáveis e contribuem para uso racional da água, proporcionando a conservação dos recursos hídricos (CARVALHO et al., 2014).

Vários fatores devem ser considerados com relação às vantagens do uso de efluentes na agricultura. O primeiro que pode ser levado em conta é a quantidade de água disponível no planeta e que são disponíveis atualmente, que é influenciada pelo crescimento populacional (HESPANHOL, 2013); o outro, que influencia na quantidade de recursos hídricos disponíveis, é o consumo per capita de água (TUNDISI, 2003). Além destes dois fatores existe o problema da distribuição geográfica dos recursos hídricos, em relação à distribuição populacional e industrial, que nem sempre são coerentes (LIMA, 2012).

Nesse sentido, vários estudos foram realizados com o objetivo de definir alternativas viáveis, não apenas para o correto tratamento desses resíduos, no sentido de minimizar possíveis impactos no meio ambiente (ABER; SALARI; PARSA, 2010; KILIÇ et al., 2011; RELIGA; KOWALIK; GIERYCZ, 2011), mas também para o uso desses resíduos em certas atividades, principalmente voltadas à agricultura (TEIXEIRA et al., 2011). Levando em consideração o aumento do custo dos insumos agrícolas, a sua utilização seria uma alternativa atrativa na fertilização do solo, além de promover uma maior produtividade às culturas (MALAFAIA et al., 2016b).

O crescimento sobre o reuso de água deve-se a diversos fatores, dentre os quais estão incluídos a dificuldade constante de encontrar fontes alternativas de águas para irrigação, o custo elevado de fertilizantes e, também, o fato da segurança e dos riscos mínimos causados à saúde pública e aos impactos sobre o solo, quando utilizados adequadamente (SOUSA; LEITE, 2003). Além disso, aliado ao fato de conterem nutrientes, a aplicação desses efluentes proporciona a adição de matéria orgânica, que age como condicionador do solo, aumentando a sua capacidade de reter água (HESPANHOL, 2003).

Diversas pesquisas têm demonstrado a eficiência sobre o uso de efluentes na irrigação que contribui para um aumento potencial na produtividade agrícola graças a seu considerável conteúdo de macro e micronutrientes, considerados importantes para o crescimento e desenvolvimento das plantas (AZEVEDO et al., 2007; ALVES et al., 2009; COSTA et al., 2009; NASCIMENTO et al., 2009; NOBRE et al., 2010; REBOUÇAS et al., 2010). Nutrientes como o nitrogênio e o fósforo podem estar disponíveis em diferentes compostos químicos, e as suas concentrações ocorrem em uma ampla gama em efluentes secundários (GUERRERO-CABRERA et al., 2014).

A amônia e ureia são amplamente utilizados como fertilizantes em culturas cultivadas no campo, mas eles também podem ser encontrados em alta concentração em efluentes de muitas atividades e serviços produtivos (GUERRERO-CABRERA et al., 2014). Particularmente, as águas residuárias podem conter de 95 a 264 mg L⁻¹ de amônio e de 125 a 530 mg L⁻¹ de fósforo total (MIN et al., 2011). Guerrero-Cabrera et al. (2014) menciona que o efluente da tilápia é adequado quando o objetivo é a produção de biomassa com alto teor de proteína. Além disso, a concentração do alto teor de fósforo e de nitrogênio nesses efluentes permite a sua utilização sem a necessidade de diluí-los.

O efluente doméstico contém de 7 a 25 mg L⁻¹ de nitrogênio total e de 0,04 a 1,93 mg L⁻¹ de fósforo total (LI; YU, 2010; WU et al., 2013). Já a água residuária proveniente de aquicultura de camarão, apresenta de 0,9 a 0,1 mg L⁻¹ de amido (DA SILVA et al., 2009),

enquanto que, a biofiltração de efluentes de peixes marinhos apresenta 1,0 mg L⁻¹ de amônio e 1,5 mg L⁻¹ de ortofosfato (BORGES et al., 2005).

A perspectiva da utilização de águas residuárias, especialmente estas provenientes do rejeito da piscicultura, funciona como um aporte contínuo de água e nutrientes e apresenta-se como uma excelente alternativa para o aumento da produção e melhoria da qualidade de vida das populações locais (AZEVEDO et al., 2007). Alguns autores obtiveram resultados satisfatórios ao usá-los na preparação de soluções para irrigação, e a indicaram como uma alternativa viável como fonte de água e nutrientes para as plantas, sem perda de rendimento (BAUMGARTNER et al., 2007; SOUZA NETA et al., 2013).

Na região semiárida nordestina, o milho destaca-se como uma das forrageiras mais cultivadas pelos agricultores. Entretanto, pesquisas inerentes voltadas à produtividade do milho, com o uso de água de piscicultura, ainda carecem de informações. Em relação à reutilização de água na agricultura, vários autores já comprovaram a eficiência no crescimento e na produção da cultura o milho sob diferentes manejos. Malafaia et al. (2015) e Costa et al. (2014) utilizaram irrigação com água residuária de origem doméstica no cultivo do milho e identificaram maior proporção na altura e no diâmetro caulinar dessa espécie.

Costa et al. (2014) identificaram o uso de esgoto doméstico como uma fonte de nutriente para produção agrícola, especialmente na cultura do milho, e comprovaram ganhos proporcionais em características comerciais como o número de folhas, o peso de espiga com e sem a palha, peso seco e úmido dos grãos e na produtividade de grãos, quando comparada às mesmas características obtidas com água do poço artesiano.

Além disso, com a sua utilização, os teores de macro e micronutrientes nas folhas mostram-se satisfatórios para a cultura do milho, e não chegam a causar nenhum sinal ou sintoma de toxidez (MALAFAIA et al., 2016a).

Por outro lado, estudos com aplicação de água residuária da suinocultura também foi considerado um fator predominante no aumento da produtividade e na nutrição nos teores de K, Mg, Fe, Cu e B para a cultura do milho (PRIOR et al., 2015), destacando a eficiência do reuso na agricultura em relação ao uso de água de qualidade superior.

3.3 QUALIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO

Na agricultura irrigada, a qualidade da água deve ser questionada antes do início do cultivo, pois se trata de um dos fatores que tem limitado ou impossibilitado a expansão da

produção agrícola nas regiões áridas e semi-áridas do mundo. Além disso, a alta taxa de evapotranspiração e a baixa pluviosidade contribuem para a salinização dos solos irrigados (Gheyi et al., 2010).

Desse modo é consenso entre os pesquisadores que estudam a qualidade da água para irrigação que todas as águas contêm sais, mesmo usando águas para irrigação que contenham reduzidas concentrações, existindo certo potencial de salinização em condições de chuvas e/ou drenagem insuficientes (Gheyi et al., 2010).

Embora as águas salinas tenham sido consideradas inadequadas para a irrigação, existem amplas evidências em todo mundo, que seu uso pode ser viabilizado, desde que se adotem técnicas adequadas de manejo e culturas tolerantes à salinidade (Steppunh, 2001).

Dessa maneira, surge o conceito de qualidade da água que refere-se às características que podem afetar as necessidades do usuário, definidas por uma ou mais propriedades físicas, químicas e/ou biológicas. Assim, uma água pode ser considerada de melhor qualidade se produzir melhores resultados (Figueirêdo, 2008).

Nas regiões áridas e semi-áridas, as águas superficiais e subterrâneas apresentam maiores concentrações salinas do que em regiões úmidas e sub-úmidas, o que vai se somar ao problema de salinização e sodificação do solo (Medeiros, 1998). De acordo com Medeiros et al. (2003), nas regiões áridas e semi-áridas, como acontece mundialmente, o aumento da demanda por água tem levado à utilização da maioria das fontes de boa qualidade disponível, sendo necessária a utilização de águas que apresentem níveis de salinidade mais elevados.

De acordo com o pesquisador (Rhoades et al., 2000), são diversas as evidências em todo o mundo, que águas de alta salinidade, classificadas como inadequada para irrigação, podem ser usadas na irrigação de várias culturas selecionadas sob condições controladas. No entanto, o uso indiscriminado de águas com concentrações elevadas de sais pode salinizar os solos, potencializando de maneira negativa a produção das culturas, bem como, aumentar de maneira desordenada o acúmulo de sais solúveis, especificamente, o sódio no solo (MEDEIROS et al., 2003).

Além de reduzir o potencial osmótico da solução do solo, produzir alterações no pH, desbalanceamento nutricional e desestruturação dos agregados do solo, outro problema é sobre o efeito dos sais da água sobre a estrutura do solo, que ocorre basicamente pela interação eletroquímica existente entre os cátions e a argila (AYERS & WESTCOT, 1999).

Dessa maneira, a necessidade de classificar as águas destinadas à irrigação é fundamental para a redução dos problemas acima elencados, cuja classificação proposta pelos técnicos do Laboratório Americano de Salinidade é a mais utilizada no Brasil (GHEYI et al.,

2010). Segundo Richards (1954), esta baseia-se geralmente na condutividade elétrica (CE), que indica o risco de salinidade e na razão de adsorção de sódio (RAS) como indicador de sodicidade. As águas são divididas em quatro classes de acordo com a concentração total de sais solúveis (C_1 , C_2 , C_3 e C_4), cada qual representando condutividades elétricas de 0-0,25; 0,25-0,75; 0,75-2,25; 2,25-4,00 dS m⁻¹, respectivamente.

Outra classificação da água versa sobre o grau de restrição para seu uso, de acordo com as diretrizes propostas por Ayers e Westcot (1999) verifica-se que, o rejeito salino tem grau de restrição de uso severo quanto aos riscos de salinidade ($CE_a > 3,00$ dS m⁻¹); quanto à toxidez de íons específicos, esta tem grau de restrição de uso severo para cloreto ($Cl^- > 10$ mmol_c L⁻¹) e moderado para sódio ($Na^+ > 10$ mmol_c L⁻¹) e; quanto aos problemas de infiltração de água no solo não há grau de restrição de uso.

Porém, os riscos de toxidez e os efeitos dos sais podem ser reduzidos, permitindo o cultivo econômico de várias espécies agrícolas, dadas as condições específicas das diretrizes na interpretação da qualidade da água para irrigação proposta por estes autores e, especialmente, pela adoção de um rigoroso manejo da água e do solo, principalmente, na seleção de plantas tolerantes à salinidade.

Por outro lado, para se determinar a viabilidade do uso de uma determinada água de irrigação, deve-se levar em consideração a concentração e composição química da mesma, a tolerância das culturas aos sais, as propriedades físicas e químicas do solo, as práticas de manejo do solo, água e culturas, as condições climáticas, o método de irrigação e as condições de drenagem (MEDEIROS, 1998).

No mundo, numerosos exemplos de empreendimentos agrícolas com sucessos sob condições salinas podem ser citados (HOFFMAN apud GHEYI et al., 2010). Nos Estados Unidos, por exemplo, as culturas de alfafa, sorgo e trigo são irrigadas nos vales de Arkansas e Colorado com água contendo de 1500 a 5000 mg L⁻¹ de sólidos dissolvidos totais (SDT). Bons rendimentos de algodão têm sido obtidos no Uzbequistão, irrigando-se com água de drenagem contendo de 5000 a 6000 mg L⁻¹ de SDT.

Neste contexto, o grande desafio dos pesquisadores mundiais versa em gerar tecnologias que proporcionem o aumento os níveis de produtividade na agricultura, mediante aproveitamento de águas marginais (qualidade inferior), atualmente disponíveis, em conjunto com o uso racional da água nas áreas irrigadas, associada ao manejo do solo e das culturas para manter a atividade da agricultura irrigada por várias gerações.

3.4 USO DE EFLUENTE DE PISCICULTURA NA AGRICULTURA: BENEFÍCIOS E IMPACTOS

A piscicultura é uma atividade agropecuária que se refere à produção e reprodução de peixes em condições controladas (AVAULT, 1996; MCLARNEY, 1984), tendo a água como sua principal fonte de oxigênio (o combustível para todas as reações e processos fisiológicos), mas também como seu meio para dispersão e assimilação de resíduos (CYRINO et al., 2010).

A integração da agricultura com a aquicultura apresenta vantagens econômicas e ecológicas, principalmente nos sistemas agrícolas dos pequenos produtores (MEDEIROS et al., 2010). No entanto, o desenvolvimento sustentável de atividades agrícolas, incluindo a piscicultura, deve preservar a terra, a água, a flora e a fauna, ser tecnicamente correto, economicamente viável e socialmente desejável (CYRINO et al., 2010).

Assim, de acordo com Pullin et al. (1993) e Shell (1993), adaptar a piscicultura aos conceitos de desenvolvimento sustentável da aquicultura é um desafio real, porém, de acordo com Cyrino et al. (2010), o impacto da piscicultura é quase desprezível em comparação ao impacto ambiental de efluentes domésticos e industriais.

Cada efluente tem suas particularidades quanto à qualidade, no caso de efluente da aquicultura, especificamente piscicultura, essa qualidade e a quantidade variam em função do sistema de produção, técnicas de manejo e estratégia de produção adotada (COLT, 1991; ZANIBONI FILHO, 1999). Em geral, a qualidade da água da piscicultura será influenciada pelas características da água de abastecimento, como: produtividade primária, concentração de material orgânico, elementos químicos e presença de microrganismos, em especial coliformes, além de uma relação com a constituição do solo de origem e/ou percurso percorrido pela água (SIPAÚBA-TAVARES et al., 2006).

Na legislação vigente do Brasil, o IBAMA e Órgãos Estaduais de Meio Ambiente são órgãos competentes que regem o licenciamento ambiental para a atividade de piscicultura; em nível Federal e Estadual, esses obedecem ao estabelecido na legislação ambiental pertinente, como as Resoluções CONAMA 237/1997 e CONAMA 413/2009. Com relação às variáveis e parâmetros para determinação da qualidade da água, são estabelecidos limites na Resolução CONAMA 357/2005 para avaliação dos sistemas de criação de peixes e efluentes, como também o uso da ecotoxicologia aquática, como ferramenta de monitoramento da qualidade da água na aquicultura, ressaltando o impacto ambiental (MACEDO, 2010).

Para tanto, uma alternativa técnica e economicamente viável seria a integração da aquicultura, qualidade de efluente e escassez de água, onde o reaproveitamento da água

residual proveniente da aquicultura poderia ser utilizado na atividade agrícola, evitando dessa forma o desperdício de água e problemas com órgãos fiscalizadores (BILLARD; SERVIRINREYSSAC, 1992). Sendo assim, por meio dos valores dos parâmetros de qualidade de água, é possível definir indicadores que poderão refletir o grau de sustentabilidade de determinada atividade e o acompanhamento destes, desde a captação da água para o consumo até o tratamento dos efluentes, constituindo um instrumento de gestão ambiental da água (SANTOS et al., 2011).

No entanto, o reaproveitamento da atividade de piscicultura pode gerar impactos ambientais negativos, pois os resíduos provenientes de um sistema de criação de peixes no ambiente, contribuem para o processo de eutrofização dos ecossistemas naturais, uma vez que, a intensificação de uma criação provoca incremento de nutrientes orgânicos e inorgânicos, promovendo introdução de outros resíduos que podem poluir o ambiente, como químicos e antibióticos, e ainda aceleram a eutrofização dos corpos receptores devido às descargas de nutrientes eliminadas dos viveiros. Portanto, os efluentes contaminados, quando lançados diretamente nas águas de rios e lagos, constituem riscos potenciais para a saúde pública, principalmente, quando essas águas são utilizadas sem tratamento na preparação de alimentos, higiene pessoal e irrigação de culturas (DONINI et al., 1993; ZANIBONI FILHO, 1999; BOYD e QUEIROZ, 2001; MACEDO, 2010;).

Todavia, é impossível produzir sem provocar alterações ambientais. Porém, pode-se reduzir o impacto sobre o meio ambiente a um mínimo indispensável, de modo que não haja redução da biodiversidade, e nem se esgote ou comprometa de forma negativa qualquer recurso natural ou cause alterações significativas na estrutura e funcionamento dos ecossistemas (AMÉRICO et al., 2013). O autor ainda esclarece que, a sustentabilidade depende do uso de técnicas que minimizem o impacto da atividade e mantenha a biodiversidade, a estrutura e funcionamento dos ecossistemas adjacentes.

Contudo, boas práticas de manejo podem não determinar uma sustentabilidade perene, portanto, deve-se buscar uma preservação da biodiversidade e uso racional dos recursos naturais sem degradação dos ecossistemas aquáticos, pois não se pode desenvolver tecnologia visando aumentar a produtividade sem avaliar os impactos ambientais produzidos (VALENTI, 2002; MACEDO; SIPAÚBA, 2010).

3.5 A CULTURA DO MILHO

3.5.1 Importância econômica e social

O milho é um cereal de origem americana e possui uma ampla variabilidade e adaptação por encontrar-se distribuído em diferentes ambientes ao longo do continente (PATERNIANI e GOODMAN, 1977; DOEBLEY, 1990; MATSUOKA et al., 2002; FREITAS et al., 2003; VIGOUROUX et al., 2008). A sua distribuição iniciou-se desde o processo de domesticação da espécie e vem ocorrendo até os dias atuais. O grau de domesticação do milho é tão alto que, hoje, essa espécie não sobrevive sem os cuidados do homem (NASS; PATERNIANI, 2005).

A existência dessa grande variabilidade genética para a cultura do milho contou com diversas contribuições por meio dos povos da América Central, que domesticaram o milho, bem como, dos demais povos distribuídos ao longo de toda a América. A contribuição brasileira foi importante tanto por parte dos indígenas e agricultores familiares quanto das instituições de pesquisa (PATERNIANI e GOODMAN, 1977; PATERNIANI et al. 2000).

De acordo com Machado (2009), o conhecimento sobre as raças de milho do Brasil foi ampliado por meio de estudos desenvolvidos por Brieger et al. (1958) e Paterniani e Goodman (1977), ao quais descreveram e avaliaram o potencial genético das raças de milho do país, onde destacaram-se quatro raças:

- Indígenas, representadas pelos milhos Caigang, Moroti, Entrelaçado, Lenha entre outros;
- Antigas, representadas pelos Catetos, Cravo e Cristal;
- Recentes, representadas pelo Dente Paulista e Dente Rio Grandense;
- Exóticas, representadas por introduções de germoplasmas mexicanos e do Caribe, selecionadas por Centros de Pesquisa.

No Brasil, o milho possui grande importância econômica e social. Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB (2017), a produção de milho no país para a segunda safra 2016/17 está estimada em 59,67 milhões de toneladas cultivadas em 11,25 milhões de hectares, sendo considerada a oitava safra seguida de aumento na área plantada desta cultura devido à sucessão de cultura com a soja, plantada na primeira safra.

O milho também apresenta destaque na agricultura familiar, na qual é utilizado para a subsistência e alimentação animal. Ressalta-se que, em cerca de 60% dos mais de 2.030.000

estabelecimentos produtores de milho, a produção é utilizada na própria propriedade (IBGE, 2006; CRUZ et al., 2011; MÔRO e FRITSCHÉ-NETO, 2015).

De acordo com Giunti (2016), nas últimas décadas, estimulado pelo aumento na demanda por alimentos mais saudáveis e produzidos em sistemas com reduzido impacto ao ambiente, os produtos oriundos do sistema orgânico de produção agropecuária estão ganhando destaque no cenário nacional e mundial.

Outra opção para uso em sistemas orgânicos são as variedades crioulas, selecionadas pelo próprio agricultor. Essas cultivares, por serem melhores adaptadas às condições ambientais locais, são viáveis técnica e economicamente, pois apresentam baixo custo, possibilidade de ser armazenada de uma safra agrícola para outra e potencial produtivo adequado, principalmente, quando associadas a um incremento tecnológico no manejo, assegurando a autonomia das propriedades familiares, especialmente (ABREU, CANSI e JURIATTI, 2007; CARPENTIERI- PÍPOLO et al., 2010).

3.5.2 Conceituação de variedades

Segundo o Art. 2º, inciso XVI, da Lei nº 10.771/03, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudas e dá outras providências, as cultivares locais, tradicionais ou crioulas são reconhecidas como sendo “variedade desenvolvida, adaptada ou produzida por agricultores familiares, assentados da reforma agrária ou indígenas, com características fenotípicas bem determinadas e reconhecidas pelas respectivas comunidades e que, a critério do Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), considerados também os descritores socioculturais e ambientais, não se caracterizem como substancialmente semelhantes às cultivares comerciais.”

3.5.2.1 Variedades tradicionais

Compreende-se como uma variedade tradicional aquela que vem sendo manejada em um mesmo agroecossistema por pelo menos três gerações familiares (avô, pai e filho), em que são incorporados valores históricos que passam a fazer parte das tradições locais. Esse processo não necessita de uma hereditariedade direta familiar, podendo ser pela hereditariedade da comunidade, dentro de um processo coletivo (MACHADO e MACHADO, 2009).

3.5.2.2 Variedades locais

Conforme Machado e Machado (2009), para que uma variedade se torne local são necessários pelo menos cinco ciclos de cultivo. E são denominadas locais, as variedades ou populações que estão sob contínuo manejo pelos agricultores a partir de ciclos dinâmicos de cultivo e seleção (não necessariamente) dentro de ambientes agroecológicos e socioeconômicos específicos (HARDON e BOEF, 1993).

A conservação de variedades locais apresenta-se como uma boa opção para sua utilização em sistemas alternativos e agroecológicos, proporcionando a melhoria da qualidade de vida, através da utilização reduzida de agroquímicos, a melhoria da renda agrícola, através da autonomia da produção de sementes, e a redução dos custos de produção, através da maior adaptabilidade e variabilidade dos cultivos (VOGT, 2005).

De acordo com Negri (2003), as principais razões para a conservação e manejo das variedades locais são: i) resistência e adaptação dos cultivos e boa produtividade mesmo em condições climáticas adversas; ii) razões tradicionais ou peculiaridades, como características organolépticas que agregam valor para comercialização e; iii) simplesmente porque elas são apreciadas pelas famílias.

3.5.2.3 Variedades modernas e/ou melhoradas

Conforme o Art. 2º, inciso XXXIX, da Lei nº 10.771/03 entende-se por semente genética, “o material de reprodução obtido a partir de processo de melhoramento de plantas, sob a responsabilidade e controle direto do seu obtentor ou introdutor, mantidas as suas características de identidade e pureza genéticas.”

Sendo assim, as variedades tradicionais, crioulas ou locais podem tornar-se modernas e ou melhoradas e o inverso também pode ocorrer, desde que não haja inserção de genes de outras espécies (MACHADO e MACHADO, 2009). Para tanto, os métodos de seleção podem ser convencionais e centralizados e ou participativos e descentralizados (MACHADO et al., 2006, 2008; MACHADO, 2007).

3.5.2.4 Variedades crioulas

De acordo com Machado e Machado (2009), variedades crioulas é um termo espanhol utilizado, principalmente, para variedades tradicionais, mas que pode ser adotado para variedades locais em determinadas situações, como, por exemplo, para aquelas variedades introduzidas em comunidades por menos de 20 anos.

As variedades de milho, principalmente as crioulas, são materiais de base genética ampla, capazes de melhor suportar os estresses abióticos e bióticos (água, nutrientes, Al^{3+} , temperatura, pragas, doenças e plantas espontâneas), além de permitir que o agricultor produza sua própria semente (ROMANO et al., 2007).

Ao longo dos anos, as variedades crioulas foram substituídas por híbridos e materiais melhorados geneticamente (CATÃO et al., 2013), com a adoção de pacotes tecnológicos para subsidiar as maiores produtividades então obtidas (CATÃO et al., 2010). Surge então a busca por alternativas para a agricultura familiar com a valorização de tecnologias populares como o resgate e a conservação de sementes crioulas, que ao decorrer tornou-se um símbolo dos princípios norteadores pela busca de autonomia no processo agrícola (LIMA, 2009).

3.6 A IMPORTÂNCIA DAS SEMENTES CRIOULAS NA AGRICULTURA FAMILIAR

A agricultura familiar é constituída por pequenos e médios agricultores e representa a maioria dos produtores rurais no Brasil, sendo estes os maiores responsáveis pela produção de grande parte dos alimentos que abastecem a mesa dos brasileiros, como o feijão, arroz, milho, hortaliças, mandioca e pequenos animais (CARPENTIERI-PÍPOLO et al., 2010).

No entanto, a maior parte dos agricultores familiares brasileiros está localizada em regiões onde é empregado um baixo nível tecnológico, com áreas de plantio com problemas que dificultam o adequado manejo fitotécnico das culturas trabalhadas. Leite et al. (2004) citam que, dos solos em assentamentos rurais brasileiros, somente 23% têm boa fertilidade e 17% boa textura.

É nesse contexto que surge a importância das sementes crioulas ou nativas que são aquelas usadas nas comunidades rurais tradicionais para semear suas lavouras, que ao longo do tempo foram sendo manejadas pelos agricultores tradicionais, quilombolas, indígenas e ribeirinhos, adquirindo características particulares que são a sua uniformidade e sua pureza, ou seja, sementes que não sofreram modificações genéticas (TRINDADE, 2006).

Nesse sentido, as reflexões a respeito da importância da agricultura tradicional são amplas, considerando a agricultura que preserva as características de manejo e recursos resultantes da coevolução de diferentes etnias e ambientes, mesmo até, quando o assunto é a manutenção da biodiversidade *in situ* - incluindo aqui espécies silvestres e domesticadas, muitas vezes, realizada através de bancos de sementes nas propriedades de agricultores (DELWING, 2007).

Para a agricultura familiar, o resgate de sementes locais ou crioulas é uma ótima alternativa direcionada à autonomia do homem no campo e dispensa a enorme dependência de insumos industriais que se tornam cada vez mais caros. Isso não invalida os esforços na busca de melhoria da fertilidade de solo, infraestrutura e condições para melhorar a produção. Significa dizer que esta tecnologia tem seu lugar no heterogêneo mundo da agricultura, principalmente, familiar (MENEGUETTI et al., 2002).

Para tanto, em cada contexto regional, a semente crioula assume uma dimensão diferente. Enquanto no Sul do país a sua produção representa autonomia e resgate da tradição, no Nordeste ela é, sobretudo, uma questão de sobrevivência. O pequeno agricultor tem mais condições de enfrentar uma seca prolongada se cultiva e seleciona variedades locais e tradicionais, melhorando a sua adaptação ao meio (GARCÍA, 2004).

Desse modo, o resgate de sementes crioulas expressa à busca pela autonomia e pela sua possibilidade de reassumir o controle do sistema produtivo, na medida em que a família agricultora volta a ser a proprietária das sementes e tem o poder de decisão sobre elas. Isto significa não depender a cada ano da compra de sementes, uma vez que ele mesmo pode produzi-las (BRANDENDURG, 2007).

Com isso, evidencia-se que, praticamente os agricultores familiares e suas entidades representativas são responsáveis pela manutenção e conservação deste patrimônio importantíssimo para a humanidade, e que tal atitude diz respeito não apenas a uma ação local, mas a própria preservação da biodiversidade existente no planeta (BEVILAQUA e ANTUNES, 2008).

Por este motivo organizam-se, atualmente, encontros regulares entre os agricultores com o objetivo principal de trocar sementes 'crioulas', aumentando assim, a independência dos pequenos produtores com relação a grandes empresas e incentivando a criação de novas relações e de uma maior organização por parte dos atores envolvidos (BRANDENDURG, 2007).

De acordo com os estudos de Abreu et al. (2007), o uso das variedades crioulas, que tem baixo custo de produção, constitui uma alternativa para a sustentabilidade dos pequenos

agricultores. Além de que, o melhoramento destas variedades pode ser feito nas propriedades pelos próprios agricultores que detém alto conhecimento destes materiais crioulos.

Nesse sentido, em condições que se empregam baixas tecnologias de cultivo, as variedades comerciais podem apresentar desempenho próximo ou mesmo inferior às variedades crioulas. Ademais, o uso de variedades locais possui diversas outras vantagens ligadas à sustentabilidade da produção como resistência a doenças, pragas e desequilíbrios climáticos, e podem ter as sementes armazenadas para as safras seguintes, o que diminui o custo de produção (CARPENTIERI-PÍPOLO et al., 2010).

Para o pesquisador Cecarelli et al. (1994), o ganho ambiental também é superior, uma vez que o uso de variedades crioulas, adaptadas localmente, mantém a diversidade genética das espécies, podendo servir de fonte para o melhoramento.

Em seus estudos na busca pela confirmação sobre a existência da diversidade de sementes de diferentes espécies e variedades tradicionais nas propriedades amostradas, Pelwing et al. (2008) constataram a existência de grande diversidade de sementes crioulas mantidas nos bancos de sementes dos agricultores assistidos.

Nesse contexto, Bisognin et al. (1997) afirmam que avaliação das variedades crioulas utilizadas no Brasil não tem importância apenas para os produtores, mas também para melhoristas, os quais poderão identificar características importantes em variedades crioulas que possam ser utilizadas nos programas de melhoramento genético de outras variedades de plantas.

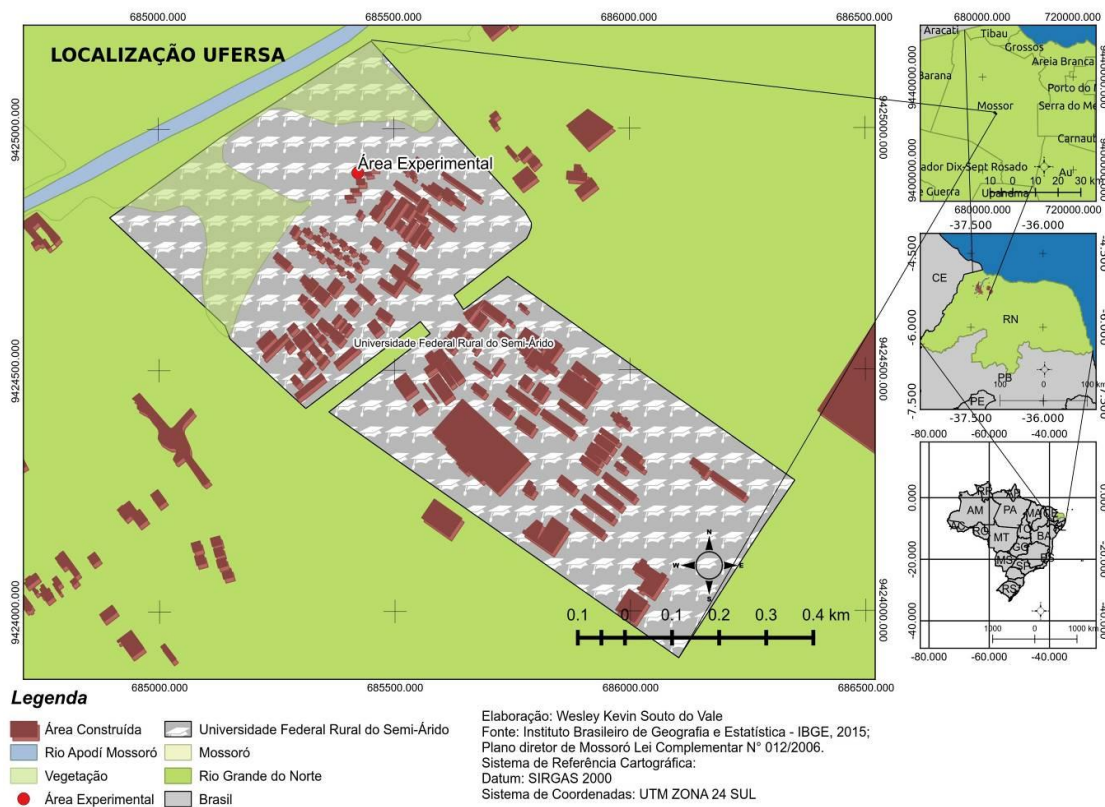
4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA ÁREA DO ESTUDO

A pesquisa foi realizada no período de maio a julho de 2016, sob condições de campo, em área experimental pertencente ao Centro de Ciências Agrárias (CCA), Campus Oeste da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), município de Mossoró, Rio Grande do Norte (RN).

A referida área (Figura 1) apresenta as seguintes coordenadas geográficas: 5° 12' de latitude Sul, 37° 19' de longitude Oeste do meridiano de Greenwich e altitude média de 18 m acima do nível do mar, de acordo com Praxedes (2013).

Figura 1 - Localização geográfica da área experimental, Mossoró - RN, 2016

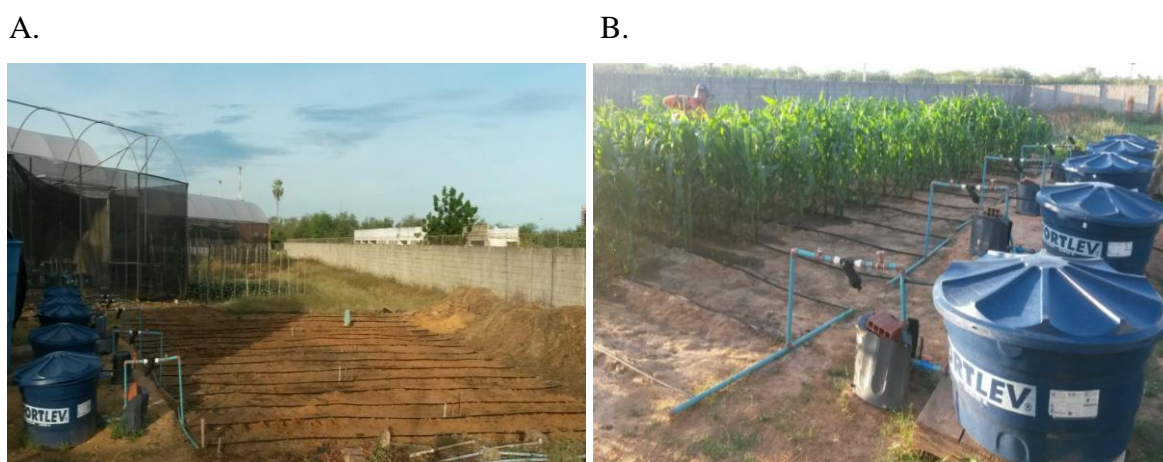


Fonte: IBGE, 2015.

4.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

A área experimental foi constituída de aproximadamente 119 m² (8,80 m x 13,50 m), onde foram distribuídos 3 (três) blocos casualizados, com parcelas subdivididas e 3 (três) repetições cada cultivar de milho crioulo. Foram testadas 2 (duas) variedades de milho crioulo: Ibra (Cultivar 1 – C1) e Milho Roxo (Cultivar 2 – C2) (Figura 2).

Figura 2 - Área experimental antes (A) e após (B) o plantio do milho crioulo. Mossoró - RN, 2016

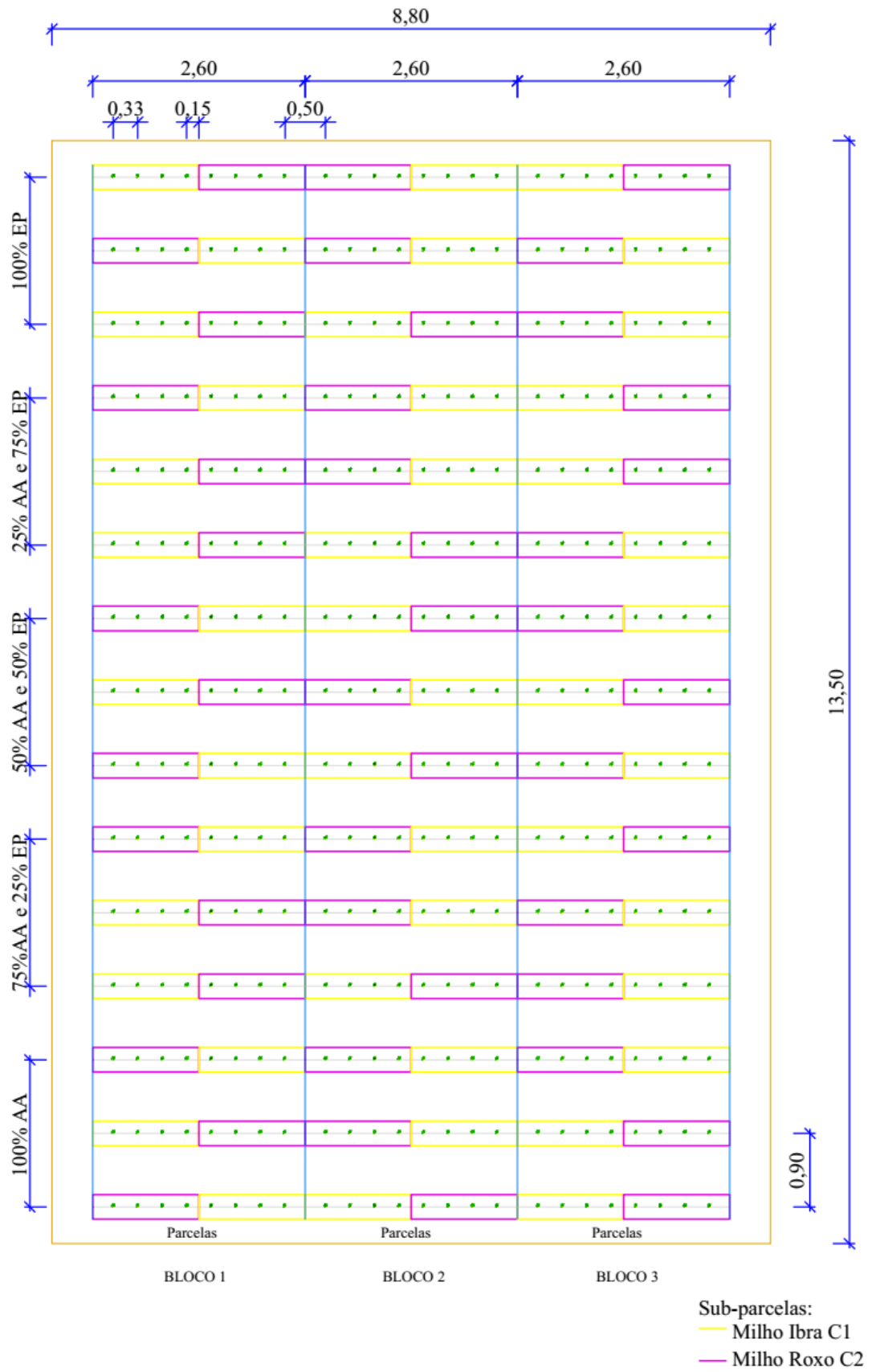


Fonte: Dados da autora, 2016.

As sementes destas variedades são decorrentes do ano agrícola de 2015 e foram cedidas pelo Instituto de Assistência Técnica e Extensão Rural do Rio Grande do Norte (EMATER-RN), as quais são provenientes do Projeto de Assentamento Paulo Freire, Mossoró/RN e região do Trairi. Ambas as variedades estudadas foram testadas com 5 soluções de fertirrigação contendo: - 100% água de abastecimento (testemunha); - 75% de água de abastecimento + 25% de efluente de piscicultura; - 50% de água de abastecimento + 50% de efluente de piscicultura; - 25% de água de abastecimento + 75% de efluente de piscicultura e; - 100% de efluente da piscicultura.

O delineamento experimental da área foi composto por 3 (três) linhas de 8 m cada tratamento; com espaçamento entre linhas de 0,90 m; espaçamento entre plantas de 0,33 m e; em cada parcela foram cultivadas 16 (dezesesseis) plantas, sendo 2 (duas) plantas por cova. No total do experimento foram cultivadas 720 plantas, 144 plantas por tratamento e 48 plantas por linha (Figura 3).

Figura 3 - Croqui da área experimental, Mossoró/RN, 2016



Fonte: Dados da autora, 2016.

4.3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO SOLO

No tocante ao solo utilizado no experimento, coletou-se uma camada de 0,00 – 0,30 m de um Latossolo, originário do município de Areia Branca - RN, cujo material de solo foi acomodado, posteriormente, na área experimental.

Antes da instalação do experimento foram coletadas amostras deformadas de solo, nas profundidades de 0,00 – 0,10 m; 0,10 – 0,20 m e; 0,20 – 0,30 m e, posteriormente, enviadas ao Laboratório de Análises de Solo, Água e Planta (LASAP) e Laboratório de Física do Solo, ambos localizados na UFERSA, onde foi feita a caracterização química e física do solo da área experimental, conforme metodologia da EMBRAPA (2009) e Donagema et al. (2011), respectivamente.

Durante a condução (Tabela 3) e ao final do experimento (Tabela 4) foram coletadas amostras deformadas de solo em cada tratamento estudado, nas profundidades de 0,00 – 0,15 m; 0,15 – 0,30 m e; 0,30 – 0,45 m e, posteriormente, enviadas ao LASAP/UFERSA, onde foi feita a caracterização química deste solo, conforme metodologia da Embrapa (2009).

4.4 OBTENÇÃO DO EXTRATO DA SOLUÇÃO DO SOLO

Durante o experimento foi realizada a extração da solução do solo, para tanto, foram instalados três extratores de cápsulas porosas (tensiômetros) em cada tratamento, nas profundidades de 0,00 – 0,15 m; 0,15 – 0,30 m e; 0,30 – 0,45 m. Quinzenalmente, os tensiômetros foram submetidos a um vácuo de aproximadamente 70 kPa, introduzindo-se na borracha de vedação dos tensiômetros, uma agulha acoplada a uma seringa de 60 mL ou bomba de vácuo.

A aplicação do vácuo aos extratores acontecia 12 h após a irrigação, onde era verificada a umidade do solo por meio de tensiometria. Após 24 h da realização deste procedimento, o extrato da solução do solo era coletado através de seringas de 60 mL, armazenado em coletores plásticos e encaminhados para o LASAP/UFERSA, onde foram realizadas análises de condutividade elétrica, pH, cálcio, magnésio, sódio, potássio, nitrato, amônio, manganês, zinco, ferro e cloreto, segundo a metodologia da EMBRAPA (2009).

Logo após a última extração da solução do solo foram coletadas amostras de solo, nos locais e profundidades onde encontravam-se instalados os tensiômetros (extratores), com a

finalidade de comparar os valores da condutividade elétrica obtidos com os extratores de cápsula porosa com o método padrão, isto é, o método da pasta saturada, segundo Richards (1954).

Para tanto, foram utilizados 300 g dessas amostras de solo seco ao ar, em seguida, peneirados em peneiras de 2 mm e, por fim, as pastas saturadas foram preparadas adicionando-se água destilada, gradualmente, até que as mesmas apresentem as características desejadas, como movimento lento em posição inclinada, superfície brilhosa e fácil deslizamento sobre a espátula. Posteriormente, estas pastas saturadas foram colocadas em repouso por um período de 12 h e depois feitas as leituras dos parâmetros químicos supracitados.

4.5 COLETA E PREPARO DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO

Para o ciclo cultural do milho crioulo foram realizadas três coletas do efluente da piscicultura na Estação de Piscicultura da UFERSA, sendo estas realizadas por meio da captação do efluente diretamente de um tanque de alvenaria, utilizando bomba de recalque, para um reservatório/caixa de transferência de 1.000 L onde, em seguida, foi transferido para o local do experimento na UFERSA, sendo armazenado em uma caixa d'água em polietileno com capacidade de 10.000 L (Figura 4).

Figura 4 - Entrada da Estação de Piscicultura da UFERSA (A) e tanque onde foi coletado o efluente da piscicultura utilizado no experimento (B); Transporte (C) e armazenamento (D) do efluente. Mossoró - RN, 2016

A.



B.



C.



D.



Fonte: Dados da autora, 2016.

Paralelas às coletas do efluente da piscicultura, foram realizadas as coletas de água da rede de abastecimento do Campus Central da UFERSA, proveniente da Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN), onde as mesmas vinham pela encanação de abastecimento do local e transferidas diretamente para as caixas d'água em polietileno (500 L cada), utilizadas no experimento.

A mistura das águas para irrigação foi feita, manualmente, com baldes graduados e, após estabelecidas as proporções com as diluições de água de abastecimento e efluente da piscicultura, verificava-se a condutividade elétrica da água com um condutivímetro portátil (modelo Instrutherm CD-860) (Figura 5).

Figura 5 - Monitoramento da condutividade elétrica das águas utilizadas na irrigação, Mossoró - RN, 2016



Fonte: Dados da autora, 2016.

4.6 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

4.6.1 Irrigação

Adotou-se o sistema de irrigação por gotejamento com emissores autocompensantes e vazão média de 4,0 L h⁻¹, distribuídos em toda área experimental. Com a finalidade de otimizar a uniformidade da irrigação, calculou-se o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), conforme descrito por Bernardo (1995), obtendo 93% de uniformidade. No tocante à irrigação estabeleceu-se um turno de rega diário, calculado através da Equação 1:

$$ET_c = K_c \times ET_o \quad (1)$$

Em que:

ET_c = Evapotranspiração da cultura (mm dia⁻¹)

K_c = Coeficiente de cultura (adimensional)

ET_o = Evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹)

4.6.2 Plantio

A semeadura (Figura 6A) foi realizada manualmente, deixando quatro sementes de milho crioulo por cova, sendo feito desbaste (Figura 6B) com 6 (seis) dias após a emergência das plântulas, onde permaneceram apenas 2 (duas) plantas por cova.

Figura 6 - Plantio e desbaste do milho crioulo. Mossoró - RN, 2016

A.



B.



Fonte: Dados da autora, 2016.

4.7 VARIÁVEIS AVALIADAS NA CULTURA

4.7.1 Crescimento

As variáveis Altura da planta e Diâmetro do colmo foram avaliadas aos 30, 45 e 60 DAE; enquanto, a avaliação da variável Número de folhas ocorreu em dois momentos, aos 45 e 60 DAE. Já a avaliação da Área foliar foi realizada apenas ao final do ciclo de cultivo do milho crioulo.

4.7.1.1 Altura da planta (AP)

No tocante à altura da planta, esta variável foi determinada com a utilização de trena métrica, medindo-se a distância do primeiro nó até a última folha (Figura 7) (RODRIGUES et al., 2012).

Figura 7 - Avaliação da altura da planta do milho crioulo. Mossoró - RN, 2016



Fonte: Dados da autora, 2016.

4.7.1.2 Diâmetro do colmo (DC)

O diâmetro do colmo foi avaliado com auxílio de paquímetro digital (modelo Digital Caliper 150 mm), considerando a partir do primeiro internódio da planta (Figura 8) (RODRIGUES et al., 2012).

Figura 8 - Medição do diâmetro do colmo por planta de milho crioulo. Mossoró - RN, 2016



Fonte: Dados da autora, 2016.

4.7.1.3 Número de folhas (NF)

A contagem do número de folhas por planta foi feita apenas com as folhas que apresentaram limbos totalmente expandidos (Figura 9) (DURÃES et al., 1995).

Figura 9 - Contagem do número de folhas por planta de milho crioulo. Mossoró - RN, 2016



Fonte: Dados da autora, 2016.

4.7.1.4 Área foliar (AF)

A área foliar foi calculada através do método dos discos foliares, o qual consistiu na utilização de um vazador com área de 2,51 cm² (estimada por análise de imagens dos discos retirados), cujo diâmetro dos discos retirados foi de 1,5 cm. Em cada folha fresca foram retirados dois discos na porção apical, apenas com nervuras finas, totalizando dez discos por planta. As folhas e os discos foram acondicionados em sacos de papel, levados à estufa a 65 °C por 24 horas, e depois pesados, separadamente, em balança analítica (Figura 10). A área foliar foi estimada pela Equação 2:

$$AF = [(PF + PD) \times AD] / PD \quad (2)$$

Em que:

AF = Área foliar estimada (cm²)

PF = Massa seca da folha (g)

PD = Massa seca dos discos (g)

AD = Área conhecida do disco retirado da folha (1,76 cm²)

Figura 10 - Avaliação da área foliar do milho crioulo pelo método dos discos foliares. Mossoró - RN, 2016



Fonte: Dados da autora, 2016.

4.7.1.5 Matéria fresca total da planta (MFT) e por órgão

As plantas foram coletadas e seccionadas em suas respectivas partes com o auxílio de material cortante e, em seguida, contabilizados seus respectivos pesos em balança analítica (DURÃES et al., 1995).

4.7.1.6 Matéria seca total da planta (MST) e por órgão

Após procedimento da MFT das plantas, estes foram separados e levados à estufa a 65 °C, até atingir peso constante (DURÃES et al., 1995).

4.7.2 Composição mineral do tecido vegetal

Após o tecido vegetal coletado do colmo, folha e pendão ter sido seco em estufa a 65 °C, pesado e moído, a extração e determinação dos teores de N total na planta foram feitas por meio de digestão sulfúrica, segundo o método Kjeldhal (Tedesco et al., 1995).

Os teores dos macronutrientes Na, K, Ca, Mg, P, dos micronutrientes Fe, Cu, Zn, Mn e dos metais pesados Cd, Ni e Pb foram avaliados por meio do método de extração da EMBRAPA (2009). Para tanto foram adicionados, em tubos de digestão, 0,5 g do pó do colmo, folha e pendão, em seguida, 6,0 mL da mistura de ácido nítrico (HNO₃) e ácido perclórico (HClO₄), na proporção 2:1. Posteriormente, os tubos foram colocados em bloco digestor, cuja temperatura foi elevada gradativamente até 160 °C, onde os tubos permaneceram até o volume ser reduzido à metade.

Atingindo esse ponto, a temperatura do bloco digestor foi elevada até 250 °C, onde os tubos foram mantidos até o extrato tornar-se incolor e sem resquícios de material não digerido. Após os tubos esfriarem (temperatura ambiente), o volume dos extratos foi aferido para 25 mL com água destilada, sendo armazenados em coletores plásticos. As leituras de Na e K foram realizadas por fotometria de chama; P através de espectrofotometria e; Fe, Cu, Zn, Mn, Cd, Ni e Pb por meio de espectrofotometria de absorção atômica.

4.7.3 Fisiológicas

As medições de trocas gasosas (Figura 11) descritas abaixo foram realizadas em dias claros no mês de julho/2016, utilizando o aparelho de gás no infravermelho (IRGA, ADC BioScientific Ltd., mod. L*Ci*, Hoddesdon, UK), acoplado a uma fonte de radiação artificial (ADC BioScientific Ltd., Hoddesdon, UK) com intensidade de aproximadamente $1.200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

Figura 11 - Medição de trocas gasosas por planta do milho crioulo. Mossoró - RN, 2016



Fonte: Dados da autora, 2016.

As taxas de condutância estomática (g_s), fotossíntese líquida (A) e transpiração (E) foram medidas no período de 08:00 às 11:00 h, na porção mediana da primeira folha completamente expandida, a partir do ápice.

4.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados foram processados no programa “SISVAR 5.6” (FERREIRA, 2014), sendo submetidos à análise de variância, teste de Tukey ($p < 0,05$) para comparação de médias e regressão polinomial, selecionando os modelos de acordo com a significância do teste F e de seus respectivos coeficientes de determinação e o fenômeno biológico.

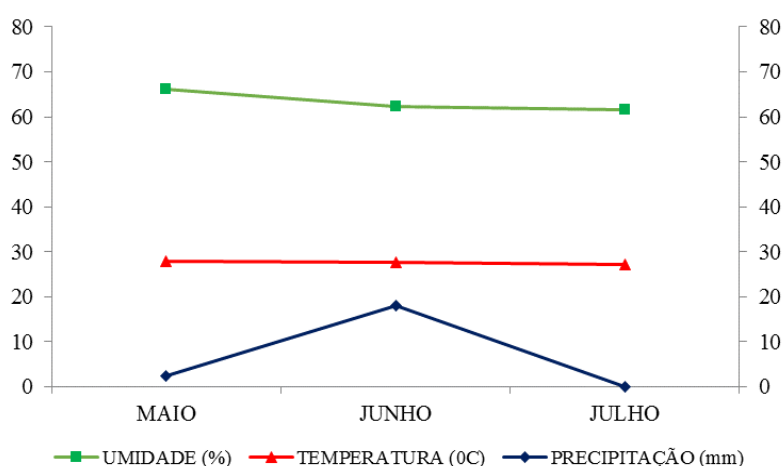
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DURANTE O EXPERIMENTO

Segundo a classificação de Köppen, o clima predominante na região é do tipo BSw'h', caracterizado por ser muito quente e semiárido, com a estação chuvosa se atrasando para o outono (ALVARES et al., 2013).

Na Figura 12 podem ser observados os registros climatológicos ocorridos durante o estudo, os quais foram obtidos junto à estação meteorológica da UFERSA. Observou-se que, os valores de umidade e temperatura (Figura 12) não sofreram, de modo geral, variações durante o ciclo da cultura, no entanto, verificou-se mudança na precipitação no mês de junho (aproximadamente 20 mm/mês); porém, essa alteração na quantidade de chuva, comparado aos demais meses do ciclo, não é considerada significativa para interferir no desenvolvimento das variedades Ibra e Milho Roxo, já que de acordo com Landau et al. (2018), o milho é uma cultura muito exigente em água e pode ser cultivado em regiões aonde as precipitações vão desde 250 mm até 5000 mm anuais, sendo que a quantidade de água consumida pela planta, durante seu ciclo, está em torno de 600 mm.

Figura 12 - Dados de umidade, temperatura e precipitação pluvial coletados na área de estudo durante a condução do experimento, Mossoró - RN, 2016



Fonte: Dados da autora, 2016.

Para Landau et al. (2018), o período de crescimento e desenvolvimento do milho é limitado pela água, temperatura e radiação solar ou luminosidade. Sendo assim, para os

autores, a cultura do milho necessita que os índices dos fatores climáticos, especialmente, a temperatura, precipitação pluviométrica e fotoperíodo, atinjam níveis considerados ótimos, para que o seu potencial genético de produção se expresse ao máximo. Nesse contexto, o clima é fundamental para o desempenho da cultura, uma vez que as condições edafoclimáticas alteram os estádios de crescimento e desenvolvimento da planta.

5.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO SOLO

Sabe-se que, a análise do solo se mostra útil para discriminar potenciais respostas de uma cultura à adubação, com base no rendimento esperado. Sendo assim, com relação às propriedades físicas do solo (Tabela 1) notou-se que, ocorreu uma variação de 30,14% no pH (Tabela 2), à medida em que aumentava a profundidade, não interferindo de modo expressivo nas frações (silte, areia e argila) do solo. Porém, apesar do pH ter influenciado nas propriedades químicas do solo, para Dartora et al. (2013), a variação de pH encontrada no solo analisado, está dentro da faixa considerada adequada para a cultura do milho (pH de 5,5 a 6,5).

O potencial de hidrogênio (pH) configura-se como um indicador de qualidade do solo do ponto de vista do desenvolvimento dos vegetais superiores sendo, portanto, uma das propriedades químicas do solo mais importantes na determinação da produção agrícola (BATISTA et al., 2012; FAGERIA, 2000).

Tabela 1 - Caracterização física do solo antes da instalação do experimento. Mossoró - RN, 2016

Profundidade	Frações Granulométricas (Kg Kg ⁻¹)					
	Areia Grossa	Areia Fina	Areia Total	Silte	Argila	Relação S/A
0,00-0,10 m	0,54	0,22	0,76	0,05	0,19	0,24
0,10-0,20 m	0,56	0,24	0,79	0,04	0,17	0,23
0,20-0,30 m	0,51	0,27	0,78	0,04	0,18	0,23

Fonte: Dados da autora, 2016.

Tabela 2 - Caracterização química do solo antes da instalação do experimento, Mossoró -RN, 2016

Profundidade	N	pH	CE	COT	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	(H+Al)	SB	T	CTC	V	PST	Cu	Fe	Mn	Zn
	g/kg	(H ₂ O)	dS/m	g/kg	mg/kg	cmolc/kg								%	mg/kg				
0,00-0,10 m	0,42	6,90	0,11	2,55	8,5	325,3	515,1	3,50	3,10	0,50	9,67	9,67	10,17	95	22	0,000	9,200	19,700	1,670
0,10-0,20 m	0,42	5,30	0,16	1,94	0,6	73,5	535,3	2,00	2,30	0,83	6,82	6,82	7,64	89	30	0,000	2,000	6,600	0,910
0,20-0,30 m	0,28	4,80	0,21	2,04	1,1	48,5	606,0	1,90	1,80	0,83	6,46	6,46	7,29	89	36	0,000	2,400	7,300	1,050

*N – nitrogênio; pH – potencial hidrogeniônico; CE – condutividade elétrica do extrato do solo:água; MO – matéria orgânica; P – fósforo; K⁺ – potássio; Na⁺ – sódio; Ca²⁺ – cálcio; Mg²⁺ – magnésio; (H+Al) – acidez potencial; SB – soma de bases; t – CTC efetiva; CTC – capacidade de troca catiônica (a pH 7,0); V – saturação por bases; PST – percentagem de sódio trocável; Cu – cobre; Fe – ferro; Mn – manganês; Zn – zinco. Fonte: Dados da autora, 2016.

Nesse contexto, observou-se (Tabela 2) que o solo coletado na subsuperfície apresentou um pH próximo à neutralidade, sendo identificadas variações nas propriedades físicas e químicas do solo. Deste modo, pode-se inferir que existe uma correlação entre valores de pH e as demais características físicas e químicas do solo, uma vez que, à medida em que se aumenta a profundidade, constata-se um solo ácido, com maiores teores de H^+ , um aumento na condutividade elétrica (CE) e uma redução na disponibilidade de nutrientes como P, Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ e, por conseguinte, diminuição dos valores de SB, t, CTC e V, o que justifica as concentrações mais baixas dos nutrientes supracitados.

Ressalta-se, portanto, que solos ácidos (amostras coletadas nas maiores profundidades), aumentam a solubilidade de cátions tóxicos, explicado nos valores da acidez potencial ($H^+ + Al^{3+}$) – Tabela 2, cujo efeito influencia no aumento de Na^+ e, portanto, nos valores de PST.

Observou-se ainda (Tabela 2) uma correlação entre valores de pH e disponibilidade de COT e NT, podendo-se inferir que, solos ácidos possuem teores de COT e NT menores que solos com pH mais elevados (próximo à neutralidade).

Com relação aos micronutrientes (Cu, Fe, Mn e Zn), notou-se uma variação significativa, à medida em que se aumenta a profundidade, nas concentrações de Fe e Mn, verificando-se uma redução na disponibilidade desses nutrientes. Esse feito pode interferir no sistema radicular da cultura, bem como, no seu desenvolvimento, pois esses são micronutrientes chave extraídos e removidos em maiores quantidades quando a planta inteira ou os resíduos culturais são retirados do campo (YARA BRASIL, 2018).

As Tabelas 3 e 4 mostram o efeito das proporções do rejeito da piscicultura nas propriedades químicas do solo por intermédio da irrigação manual. Observando o efeito das proporções do efluente da piscicultura no solo durante a condução do experimento (Tabela 3), verificou-se, assim como na observação das características do solo antes da instalação do experimento (Tabela 2), reduções expressivas no pH quando se aumenta a profundidade.

No entanto, essa redução de modo expressivo no potencial hidrogeniônico, não foi observada quando se compara a testemunha (100% AA) com porcentagens do efluente da piscicultura. Também não foram verificadas expressivas mudanças no pH do solo comparando o efeito do efluente durante (Tabela 3) com os valores observados depois (Tabela 4) à condução do experimento, deste modo, o efluente não acarretou alcalinização ou acidez do pH do solo.

Com relação à condutividade elétrica, observou-se quando se compara o efeito do efluente durante (Tabela 3) e depois (Tabela 4) à condução do experimento que, a aplicação e de qualquer solução de fertirrigação e controle, apresentou diferença da testemunha na camada subsuperficial (0,00 - 0,15 m), aumentando as quantidades de sais presentes no solo. Esse aumento pode ter sido consequência das maiores quantidades de íons contidos no efluente quando comparado à água de abastecimento. Concentrações mais elevadas de sais (maiores valores de CE) ainda estiveram presentes na camada inferior (0,15 - 0,30 m) à subsuperficial quando foi aplicado ao solo, proporção mais elevada (100% EP). No entanto, o mesmo ocorreu quando se aplicou 100% AA. Já com proporções inferiores (25, 50 e 75%) de efluente, foi notado uma redução nas quantidades de sais ou diminuição da CE, na camada 0,15 - 0,30 m quando comparado à testemunha (100% AA), esse feito pode ter sido ocasionado pela presença de cátions no efluente, mas posteriormente lixiviados no solo.

Com relação aos macronutrientes foram verificadas muitas variações, de modo geral, nas concentrações dos nutrientes presentes no solo, quando se compara à adição de proporções do efluente e a testemunha (100% AA) durante e depois do experimento. O P foi o nutriente que sofreu mais oscilações nesse período (Tabelas 3 e 4), isso provavelmente, seja consequência da tendência que esse elemento tem em formar compostos estáveis de alta energia de ligação e baixa solubilidade com a fase sólida e mineral do solo (RANNO et al., 2007). As diferentes oscilações nos íons presentes no solo refletiram em variações nos valores de SB, t, CTC, V e PST (Tabelas 3 e 4).

Quanto aos micronutrientes (Tabelas 3 e 4) notou-se que, o Mn e o Fe foram os nutrientes encontrados em maiores concentrações no solo durante e depois do experimento.

Tabela 3 - Caracterização química do solo durante a condução do experimento, Mossoró - RN, 2016

Profundidade	N	pH	CE	COT	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	(H+Al)	SB	t	CTC	V	PST	Cu	Mn	Fe	Zn
	g kg ⁻¹	(H ₂ O)	dS m ⁻¹	g kg ⁻¹		mg kg ⁻¹		cmol _c kg ⁻¹					%		mg kg ⁻¹				
Proporção 1 (100% AA)																			
0,00-0,15 m	0,54	7,95	0,16	6,45	38,13	0,45	0,77	4,72	0,38	0,85	6,32	6,32	7,17	88	10	0,070	8,663	6,075	1,688
0,15-0,30 m	0,23	5,23	0,13	3,07	2,63	0,19	0,27	7,41	0,39	1,20	8,25	8,50	9,45	87	2	0,055	3,520	1,602	0,119
0,30-0,45 m	0,14	5,00	0,44	2,47	0,96	0,10	0,47	1,16	0,04	1,35	1,77	2,05	3,12	56	15	0,097	4,265	1,968	0,166
Proporção 2 (75% AA + 25% EP)																			
0,00-0,15 m	0,19	6,63	0,50	0,90	3,44	0,45	1,83	3,13	0,14	0,95	5,55	5,55	6,50	85	28	0,148	4,422	1,890	0,140
0,15-0,30 m	0,16	5,56	0,46	0,65	1,76	0,48	1,64	7,48	0,37	1,15	9,97	10,13	11,12	89	14	0,133	4,740	3,140	0,096
0,30-0,45 m	0,05	4,82	0,23	0,35	1,03	0,14	0,44	1,26	0,04	1,20	1,88	2,03	3,08	61	14	0,182	3,972	3,093	0,107
Proporção 3 (50% AA + 50% EP)																			
0,00-0,15 m	0,16	5,35	0,29	3,15	3,17	0,23	1,42	1,44	0,05	1,15	3,14	3,31	4,29	73	33	0,165	4,173	1,822	0,219
0,15-0,30 m	0,26	4,95	0,32	1,95	1,50	0,15	0,75	1,24	0,04	1,50	2,19	2,37	3,69	59	20	0,162	3,903	1,830	0,112
0,30-0,45 m	0,21	4,82	0,32	2,55	1,36	0,21	0,50	1,31	0,04	1,35	2,06	2,30	3,41	60	14	0,185	5,317	2,942	0,136
Proporção 4 (25% AA + 75% EP)																			
0,00-0,15 m	0,30	5,06	0,52	2,92	1,10	0,52	1,45	1,73	0,05	1,35	3,75	4,00	5,10	73	28	0,170	2,233	2,327	0,193
0,15-0,30 m	0,37	5,02	0,47	2,47	1,83	0,24	0,65	1,66	0,06	1,55	2,60	2,80	4,15	62	15	0,140	2,453	2,240	0,080
0,30-0,45 m	0,77	5,15	0,42	2,25	0,83	0,19	1,13	1,48	0,04	1,60	2,84	3,03	4,44	63	25	0,140	7,953	2,788	0,161
Proporção 5 (100% EP)																			
0,00-0,15 m	0,16	6,36	0,67	4,65	6,31	0,26	1,65	1,66	0,10	1,50	3,68	3,68	5,18	71	31	0,113	4,427	4,242	0,087
0,15-0,30 m	0,09	4,97	0,51	2,55	1,76	0,26	1,55	1,72	0,06	1,75	3,59	3,74	5,34	67	29	0,108	5,790	3,037	0,126
0,30-0,45 m	0,33	4,79	0,69	3,30	0,23	0,21	1,57	1,73	0,07	1,50	3,57	3,73	5,07	70	30	0,092	7,708	2,398	0,227

*N – nitrogênio; pH – potencial hidrogeniônico; CE – condutividade elétrica do extrato do solo:água; MO – matéria orgânica; P – fósforo; K⁺ – potássio; Na⁺ – sódio; Ca²⁺ – cálcio; Mg²⁺ – magnésio; (H+Al) – acidez potencial; SB – soma de bases; t – CTC efetiva; CTC – capacidade de troca catiônica (a pH 7,0); V – saturação por bases; PST – percentagem de sódio trocável; Cu – cobre; Fe – ferro; Mn – manganês; Zn – zinco. Fonte: Dados da autora, 2016.

Tabela 4 - Caracterização química do solo ao final do experimento, Mossoró - RN, 2016

Profundidade	N	pH	CE	COT	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	(H+Al)	SB	T	CTC	V	PST	Cu	Mn	Fe	Zn
	g kg ⁻¹	(H ₂ O)	dS m ⁻¹	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹			cmol _c kg ⁻¹				%		mg kg ⁻¹					
Proporção 1 (100% AA)																			
0,00-0,15 m	0,21	7,10	0,13	6,35	34,05	0,97	1,65	2,40	2,70	0,15	7,73	7,73	7,88	98	21	0,030	3,763	3,060	0,585
0,15-0,30 m	0,14	5,93	0,33	2,85	4,25	0,46	0,56	0,50	0,60	0,60	2,12	2,22	2,72	78	21	0,035	3,950	4,513	0,395
0,30-0,45 m	0,14	5,28	0,18	2,41	1,41	0,33	0,30	0,50	0,70	1,20	1,83	1,93	3,03	60	10	0,035	3,342	1,515	0,315
Proporção 2 (75% AA + 25% EP)																			
0,00-0,15 m	0,07	5,74	0,53	5,47	2,44	0,82	1,17	1,10	0,00	0,90	3,09	3,19	3,99	77	29	0,055	3,877	2,175	0,566
0,15-0,30 m	0,21	5,11	0,24	5,04	1,86	0,38	0,47	0,70	0,40	1,05	1,96	2,16	3,01	65	16	0,097	3,390	3,137	0,456
0,30-0,45 m	0,14	5,01	0,16	1,97	0,76	0,31	0,34	0,60	0,80	0,90	2,05	2,25	2,95	69	12	0,037	3,462	2,172	0,374
Proporção 3 (50% AA + 50% EP)																			
0,00-0,15 m	0,07	5,49	0,53	9,96	3,61	0,69	0,74	1,00	0,50	0,90	2,93	3,03	3,83	76	19	0,047	3,288	1,070	0,317
0,15-0,30 m	0,21	5,08	0,31	2,74	1,28	0,43	0,52	0,80	0,90	1,35	2,65	2,75	4,00	66	13	0,062	3,500	1,045	0,237
0,30-0,45 m	0,21	5,11	0,25	1,31	4,06	0,41	0,47	1,00	0,50	1,20	2,38	2,48	3,58	66	13	0,093	2,802	1,597	0,257
Proporção 4 (25% AA + 75% EP)																			
0,00-0,15 m	0,14	5,75	0,60	4,49	4,25	0,41	0,74	1,30	0,70	0,90	3,14	3,24	4,04	78	18	0,117	4,117	1,683	0,298
0,15-0,30 m	0,21	5,06	0,39	4,38	2,25	0,48	0,47	1,00	0,10	1,05	2,06	2,36	3,11	66	15	0,058	3,953	1,242	0,367
0,30-0,45 m	0,35	5,30	0,36	0,88	2,31	0,43	0,52	0,90	0,20	0,60	2,05	2,15	2,65	77	20	0,055	3,497	2,445	0,168
Proporção 5 (100% EP)																			
0,00-0,15 m	0,28	5,97	0,78	2,96	2,77	0,38	1,04	1,00	1,00	1,20	3,42	3,62	4,62	74	23	0,017	1,725	1,167	0,186
0,15-0,30 m	0,21	5,33	0,78	1,97	2,25	0,38	0,87	1,10	1,10	1,20	3,45	3,55	4,65	74	19	0,032	1,727	1,252	0,147
0,30-0,45 m	0,14	5,41	0,43	1,53	5,93	0,33	0,52	1,00	0,90	1,50	2,75	2,85	4,25	65	12	0,097	4,230	3,090	0,466

*N – nitrogênio; pH – potencial hidrogeniônico; CE – condutividade elétrica do extrato do solo:água; MO – matéria orgânica; P – fósforo; K⁺ – potássio; Na⁺ – sódio; Ca²⁺ – cálcio; Mg²⁺ – magnésio; (H+Al) – acidez potencial; SB – soma de bases; t – CTC efetiva; CTC – capacidade de troca catiônica (a pH 7,0); V – saturação por bases; PST – percentagem de sódio trocável; Cu – cobre; Fe – ferro; Mn – manganês; Zn – zinco. Fonte: Dados da autora, 2016.

No entanto, ocorreram variações no solo (durante e depois do experimento) em todos os micronutrientes analisados. Reduções expressivas, de modo geral, foram verificadas nas concentrações de Cu e Mn, quando foram adicionadas ao solo as proporções (25%; 50%, 75% e 100%) de efluente, bem como, na testemunha (100% AA). Contudo, os teores de Mn e Cu, assim como, os de outros elementos e o acúmulo destes nutrientes no solo dependem diretamente, segundo Duarte (2006), da concentração do metal na água aplicada, do tipo de solo cultivado, da lâmina de água aplicada e do período de aplicação.

A maior oscilação no solo, com relação à presença de micronutriente durante e depois do experimento, foi verificado com o nutriente Fe. Esse feito provavelmente ocorreu devido às diferentes proporções do efluente utilizadas no experimento, pois de acordo com Monteiro et al. (2014), os teores de Fe no solo são afetados pela qualidade da água de irrigação. O micronutriente que menos sofreu variação no solo (durante e depois do experimento) foi o Zn, isso foi verificado tanto em nível de profundidade quanto na adição ao solo de proporções diferentes de efluente da piscicultura e água de abastecimento (testemunha). Porém, mesmo não tendo sofrido muitas oscilações no solo, o Zn foi encontrado em concentrações inferiores às desejadas para a cultura do milho, que é considerada alta acima de 1 a 3 mg/dm³ (COELHO et al., 2018).

A proporção de 100% AA (testemunha), na primeira camada (0,00 - 0,15 m) durante o experimento se destacou, nos teores de N, COT, P, Ca⁺², Mg⁺² e, conseqüentemente, nos valores de SB, t, CTC e V, frente às soluções de 25, 50, 75 e 100% de efluente de piscicultura.

Já na segunda e terceira camada, 0,15 - 0,30 m e 0,30 - 0,45 m, respectivamente, a proporção 25% AA e 75% EP, apresentou as maiores concentrações de N no solo durante o experimento. Quantidades mais elevadas de COT no solo, durante o experimento, foram observadas quando se utilizou 100% AA e 100% EP, tanto na camada intermediária (0,15 - 0,30 m) quanto na última camada (0,30 - 0,45 m). Concentrações mais elevadas de P foram observadas nestas camadas, quando utilizados 100% AA. Com relação aos cátions K⁺, Na⁺ e Ca⁺², foram verificadas concentrações maiores no solo quando se utilizou a proporção de 75% AA e 25% EP. Quanto ao Mg⁺², teores mais elevados no solo, durante a condução do experimento, foram notados na camada intermediária quando se utilizou 100% AA.

Referindo-se aos teores dos nutrientes encontrados no solo, depois do experimento, verificou-se que, o N se destacou quando se utilizou 25% AA e 75% EP, na camada de 0,30-0,45 m; O COT no solo, foi maior quando se utilizou 50% AA e 50% EP, na camada subsuperficial; o P e os cátions K⁺, Na⁺ e Ca⁺² e Mg⁺² foram encontrados no solo, em maiores quantidades, com o uso de 100% AA, na camada de 0,00 - 0,15 m. Portanto, em geral,

percebe-se que a adição do efluente da piscicultura não influenciou na adição de nutrientes ao solo.

Sendo assim, o solo durante o experimento pode ser classificado, de acordo com ALVAREZ et al. (1999): com relação à acidez ativa, bom a alto, com pH variando de 5,5 a 7,0; de acordo com a interpretação da fertilidade do solo para a matéria orgânica (CO) foi considerado baixo (0,41 – 1,16 dag kg⁻¹); para o complexo de troca catiônica, o solo foi considerado de médio a bom (SB = 1,81 a 6 cmol_c dm⁻³); com relação à acidez potencial, foi considerado baixo (1,01 - 2,50 cmol_c dm⁻³); quanto à CTC efetiva (t), foi avaliado de médio a bom (2,31 a 8,00 cmol_c dm⁻³) e de acordo com a saturação por base (v), médio a bom (40,1 a 80,0 cmol_c dm⁻³). Nessa classificação observou-se que os melhores valores, com exceção dos teores de CO, N e P, foram obtidos na segunda camada (0,15 – 0,30 m), fazendo a média aritmética de todas as proporções, porém, a proporção de 25% AA e 75% EP se destacou com os melhores valores de SB, CTC, V e CTC efetiva (t).

Com relação à fertilidade do solo após o experimento (Tabela 4), pode-se confirmar que esse foi classificado, segundo Alvarez et al. (1999): com relação à acidez ativa (pH), variando de bom (5,5 - 6,0) a alto (6,1 - 7,0); de acordo com a interpretação da fertilidade do solo para a matéria orgânica (CO) variou de baixo (0,41 – 1,16 dag Kg⁻¹) a muito bom (> 4,06 dag Kg⁻¹), se sobressaindo na primeira camada e com uso de 50% AA + 50% EP; para o complexo de troca catiônica, o solo foi considerado de médio (SB = 1,81 a 3,6 cmol_c dm⁻³) a bom (SB = 3,6 a 6 cmol_c dm⁻³); com relação à acidez potencial, foi considerado muito baixo (< 1,01 cmol_c dm⁻³) a baixo (1,01 - 2,50 cmol_c dm⁻³); quanto à CTC efetiva (t), foi avaliado como médio (2,31 – 4,6 cmol_c dm⁻³) e de acordo com a saturação por base (v), o solo foi considerado bom (60,1 – 80,0 cmol_c dm⁻³) a muito bom (> 80,0 cmol_c dm⁻³).

Nesse contexto, comparando o solo da Tabela 3 com os dados da Tabela 4, ratifica-se que, as proporções do efluente quando adicionadas ao solo, não influenciou na acidificação ou alcalinização do solo, bem como, nas condições gerais de fertilidade do solo.

5.3 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO EFLUENTE DA PISCICULTURA E DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO

Os resultados das análises de qualidade das fontes hídricas utilizadas na irrigação do milho crioulo indicam que ambas as fontes são alcalinas, apresentando $\text{pH} = 7,37$ para o efluente da piscicultura (EP) e $\text{pH} = 7,57$ para a água de abastecimento (AA) (Tabela 5), cujos valores enquadram-se na faixa limite de tolerância de pH estabelecida por Ayres e Westcot (1999) e Patel et al. (2004).

Ainda em relação à Tabela 5, a condutividade elétrica (CE_a) do efluente da piscicultura variou de 3,70 a 7,80 dS m^{-1} , indicando que a qualidade do efluente para irrigação é de natureza salina ($\text{CE}_a > 1,0 \text{ dS m}^{-1}$), de acordo com Rattan et al. (2005), apresentando grau severo de restrição para uso ($\text{CE} > 3,0 \text{ dS m}^{-1}$); enquanto, a CE_a de abastecimento variou de 0,52 a 0,57 dS m^{-1} , cujos valores são considerados normais em água de irrigação e não apresentam nenhuma restrição para uso agrícola, conforme a University of California Committee of Consultants (1974).

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.

Contudo, observa-se que o aproveitamento do efluente da piscicultura para a irrigação de diversas culturas pode ser uma alternativa sustentável para suprir a necessidade hídricas em regiões com problemas de escassez, desde que seja utilizado práticas de manejo adequada.

Para Bastos et al. (2005), a múltipla utilização dos diversos tipos de efluentes para a irrigação restrita e/ou irrestrita, pode ser pensada na mais complexa das situações, de acordo com a respectiva qualidade microbiológica, adequando-se, além disso, à seleção de culturas e/ou à opção pela piscicultura os variados teores de nutrientes possíveis de serem obtidos.

Os valores da condutividade elétrica (Tabela 5) e da relação de adsorção de sódio (8,10 $\text{mmol}_c \text{ L}^{-1}$ no EP e 4,90 $\text{mmol}_c \text{ L}^{-1}$ na AA) demonstram que as fontes hídricas utilizadas na irrigação do milho crioulo não apresentam um risco severo de salinização do solo, conforme os limites estabelecidos pela Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO (1999), como pode ser visto na Tabela 5.

As concentrações de K^+ , Na^+ , Ca^{2+} e Cl^- do efluente da piscicultura (Tabela 5) foram superiores aos valores encontrados na água de abastecimento, evidenciando-se a maior concentração do íon Na^+ (27,81 $\text{mmol}_c \text{ L}^{-1}$ no EP e 3,79 $\text{mmol}_c \text{ L}^{-1}$ na AA) em ambas as

fontes hídricas, cujos valores são inferiores ao encontrado ($40,00 \text{ mmol}_e \text{ L}^{-1}$) e sugerido por Almeida (2010) para a qualidade da água de irrigação.

Verificou-se ainda que, apenas para o EP, as análises dos íons Cl^- e CO_3^{2-} mostraram valores que ultrapassam os limites toleráveis para irrigação (Tabela 5) estabelecidos pela FAO (1999).

Vale salientar que, para que haja uma aceitação por parte dos agricultores familiares no aproveitamento do efluente da piscicultura na agricultura deve-se escolher culturas estratégicas com importância de desenvolvimento local como, por exemplo, a cultura do milho, já que esta possui adaptabilidade às condições climáticas do semiárido, importância econômica, social e nutricional na alimentação humana e animal.

Tabela 5 - Caracterização físico-química do efluente da piscicultura (EP) e da água de abastecimento (AA) utilizados no experimento. Mossoró - RN, 2017

Parâmetros	EP			AA			FAO* (1999)
	Limites (min. - máx.)	Média	Desvio Padrão	Limites (min. - máx.)	Média	Desvio Padrão	
pH (H_2O)	7,00 – 7,80	7,37	0,40	7,50 – 7,60	7,57	0,06	6,0 – 8,5
CE (dS m^{-1})	3,70 – 7,80	5,58	2,07	0,52 – 0,57	0,54	0,03	0 – 3
K^+ ($\text{mmol}_e \text{ L}^{-1}$)	0,73 – 1,03	0,85	0,16	0,26 – 0,35	0,31	0,05	0 – 2
Na^+ ($\text{mmol}_e \text{ L}^{-1}$)	16,98 – 41,50	27,81	12,51	3,63 – 3,93	3,79	0,15	0 – 40
Mg^{2+} ($\text{mmol}_e \text{ L}^{-1}$)	19,60 – 26,20	23,73	3,60	1,10 – 1,30	1,20	0,10	-----
Ca^{2+} ($\text{mmol}_e \text{ L}^{-1}$)	9,10 – 14,80	12,30	2,91	0,70 – 1,10	0,83	0,23	0 – 20
Cl^- ($\text{mmol}_e \text{ L}^{-1}$)	22,00 – 54,00	35,67	16,50	2,40 – 2,40	2,40	0,00	0 – 30
CO_3^{2-} ($\text{mmol}_e \text{ L}^{-1}$)	0,00 – 1,20	0,47	0,64	0,60 – 0,60	0,60	0,00	0 – 0,1
HCO_3^- ($\text{mmol}_e \text{ L}^{-1}$)	3,30 – 3,60	3,43	0,15	3,00 – 3,30	3,20	0,17	0 – 10
RAS ($\text{mmol}_e \text{ L}^{-1}$)	4,80 – 11,50	8,10	3,35	4,70 – 5,30	4,90	0,35	0 – 15

* Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO): Ayres & Westcot (1999)

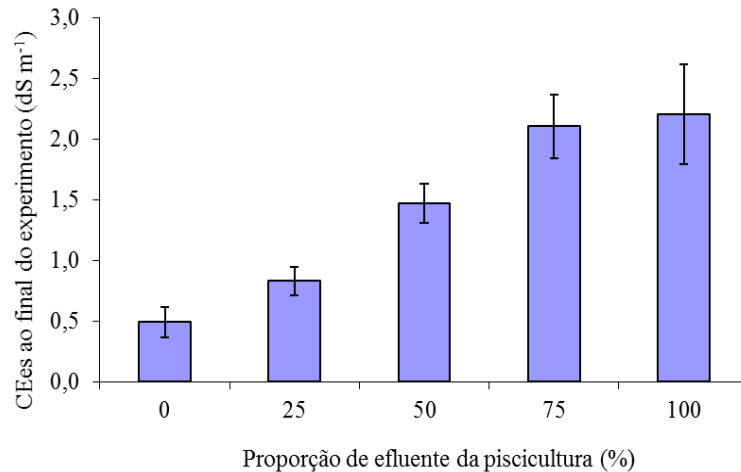
5.4 VARIAÇÃO DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DO EXTRATO DE SATURAÇÃO DO SOLO APÓS UM CICLO CULTURAL

Na Figura 13 estão apresentados os valores da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CE_{es}) obtidos ao final do experimento, na profundidade de 0,00 – 0,45 m, em função das doses crescentes de efluente da piscicultura, ao longo do ciclo cultural do milho crioulo, variedades Ibra e Milho Roxo.

A CE_{es} apresentou uma variação significativa ao longo do período experimental, variando de 0,0 a $2,2 \text{ dS m}^{-1}$ (Figura 13), e com valor médio igual a $1,10 \text{ dS m}^{-1}$, cujo valor

encontrado apresenta-se dentro do limite estabelecido (0,0 a 3,0 dS m⁻¹) pela FAO (1999) para cultivos agrícolas.

Figura 13 - Valores da variável condutividade elétrica do extrato de saturação do solo após um ciclo cultural de milho de crioulo, variedades Ibra e Milho Roxo. Mossoró-RN, 2017



Conforme Oliveira et al. (2009), o aumento da condutividade elétrica (CE) do solo mediante irrigação com efluente da piscicultura tem sido comum em sistemas agrícolas.

Geralmente, pelo fato do efluente da piscicultura ter certo grau de salinidade, a irrigação com água residuária tem ocasionado um aumento da salinidade do solo (SMITH et al., 1996), a qual pode afetar a absorção d'água pelas plantas devido à presença de uma concentração maior de íons de Na⁺, Cl⁻ e HCO₃⁻ na solução do solo (CROMER et al., 1984).

5.5 ANÁLISES DE CRESCIMENTO

Para as análises de crescimento houve interação significativa entre os fatores (proporções de efluente da piscicultura e cultivares) para todas as variáveis analisadas. Apenas a variável altura da planta aos 30 dias (ALT₁), após a emergência (DAE), não apresentou interação que, por sua vez, diferiu significativamente entre as cultivares (p<0,01) (Tabela 6).

Tabela 6 - Resumo das análises de variância para as variáveis diâmetro do caule (DC₁, DC₂ e DC₃), altura da planta (ALT₁, ALT₂ e ALT₃), número de folhas (NF₁, NF₂ e NF₃) aos 30, 45 e 60 dias após a emergência do milho crioulo (DAE) e área foliar aos 60 DAE, variedades Ibra e Roxo, em função de proporções de efluente da piscicultura na irrigação

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios				
		DC ₁	DC ₂	DC ₃	ALT ₁	ALT ₂
Bloco	2	0,0447 ^{ns}	0,22147 ^{ns}	1,6318*	6,3605 ^{ns}	2,7655 ^{ns}
Efluente (E)	4	1,1984*	9,9782*	3,9775**	6,2151 ^{ns}	146,365*
Cultivar (C)	1	1,0305*	3,0401*	0,8738 ^{ns}	42,7213*	214,2410*
E * C	4	1,0403*	7,6100*	3,3848*	4,4438 ^{ns}	249,7616*
Resíduo	18	0,1148	0,2174	0,3048	2,7611	10,8268
CV%		4,53	2,52	2,70	5,31	4,04

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios				
		ALT ₃	NF ₁ *	NF ₂	NF ₃ *	AF
Bloco	2	154,7471 ^{ns}	0,1450 ^{ns}	0,3146 ^{ns}	0,31460 ^{ns}	1256,6489 ^{ns}
Efluente (E)	4	169,7146 ^{ns}	1,9070*	5,814497*	5,81450*	7611,1627*
Cultivar (C)	1	132,3420 ^{ns}	0,2253 ^{ns}	0,20008 ^{ns}	0,20008 ^{ns}	3165,9556*
E * C	4	464,7943*	0,2851**	1,40232**	1,40232**	1999,6220*
Resíduo	18	76,6383	0,0829	0,3481	0,3481	1150,964
CV%		7,64	5,94	5,97	5,97	7,16

¹ ns; *, **: não significativo; significativo a 5% e significativo a 1%, respectivamente, pelo teste F.

Analisando a variável diâmetro do caule (DC) para as duas variedades de milho crioulo, verificou-se que a Ibra respondeu com maior eficiência ao tratamento composto por 25% do efluente da piscicultura e 75% de água de abastecimento, com valores máximos de 8,20 mm e 21,72 mm aos 30 DAE (Figura 14A) e 60 DAE (Figura 14C), respectivamente; e redução linear com a aplicação do efluente aos 45 DAE, com valor máximo de 20,49 mm sem o uso do efluente da piscicultura (Figura 14B). Por outro lado, a variedade Milho Roxo apresentou melhores resultados na combinação entre 50%, com valores máximos de 7,67 mm, 19,80 mm e 21,07 mm nas concentrações 50, 51 e 55% de efluente aos 30, 45 e 60 DAE, respectivamente (Figuras 14A, 14B e 14C).

Quanto à variável número de folhas (NF), as duas variedades de milho crioulo responderam de maneira semelhante aos tratamentos com efluente de piscicultura e água de abastecimento em relação aos resultados do DC. A variedade Ibra apresentou melhores resultados com a recomendação menor a 25% de efluente da piscicultura na irrigação, observando-se redução linear com a aplicação de efluente aos 30 DAE (Figura 14D) e valores máximos de número de folhas nas concentrações de 31 (10,60) e 11% (10,79) aos 45 e 60 DAE, respectivamente (Figuras 14E e 14F).

Já a variedade Milho Roxo, indicou a combinação de 49% (Figura 14D), 31% (Figura 14E) e 35% (Figura 14F) de cada um dos tratamentos como o mais eficiente no NF das plantas de milho crioulo. Houve um acréscimo de 1,58 e 9,27% nos diâmetros médios das plantas irrigadas com o efluente em relação aos diâmetros médios das plantas irrigadas com água de abastecimento aos 60 DAS, respectivamente.

Costa et al. (2009), comparando o efeito de da água residuária e da água de abastecimento na irrigação do milho, identificaram que a cultura apresentou um crescimento caulinar maior nas plantas irrigadas com águas residuárias. Os autores verificaram um acréscimo de 37 e 45% nos diâmetros médios das plantas irrigadas com águas residuárias em relação aos diâmetros médios das plantas irrigadas com água de abastecimento aos 20 e 34 DAS, respectivamente.

Efeito eficiente do efluente da piscicultura também foi observado pelo maior número de folhas nas plantas avaliadas, refletindo um resultado positivo para a característica da área foliar (AF), apresentando comportamento semelhante ao constatado para DC e NF. Esta avaliação corrobora com Ferreira (2003) que, estudando o efeito da aplicação de água residuária tratada na cultura do algodão herbáceo, notou que o crescimento caulinar se intensificou com o uso desta água na irrigação.

Figura 14 - Diâmetro do caule aos 30 DAE (A), 45 DAE (B) e 60 DAE (C) e número de folha aos 30 DAE (D), 45 DAE (E) e 65 DAE (F) do milho crioulo, variedades Ibra e Roxo, em função de proporções de efluente da piscicultura na irrigação. Mossoró-RN, 2017

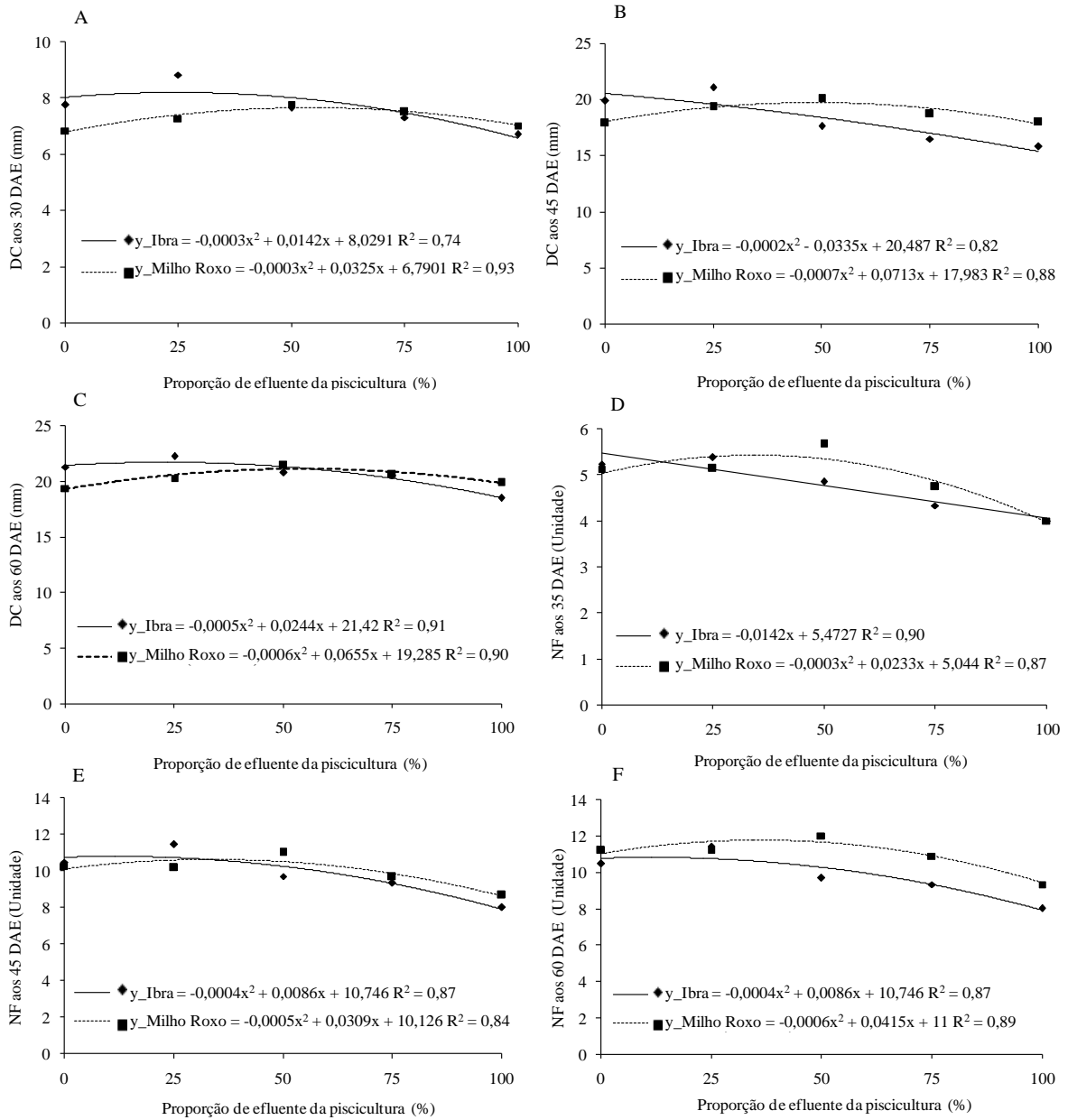


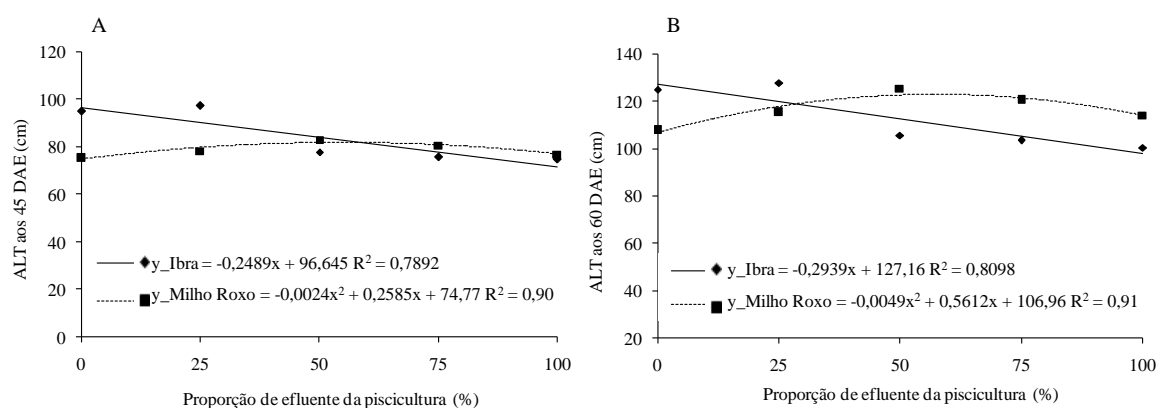
Tabela 7 - Diâmetro do caule aos 30 DAE (DC₁), 45 DAE (DC₂) e 60 DAE (DC₃), altura da planta aos 30 DAE (ALT₁), 45 DAE (ALT₂) e 65 DAE (ALT₃) e área foliar (AF) do milho crioulo, variedades Ibra e Roxo.

Cultivares	DC ₁	DC ₂	DC ₃	ALT ₁	ALT ₂	ALT ₃	AF
Ibra	7,68a ¹	18,16b	20,64a	32,48a	84,20a	112,47a	441,37b
Milho Roxo	7,28b	18,80a	20,30b	30,10b	78,85b	116,67a	506,34a
Média	7,49	18,48	20,47	31,29	81,53	114,57	473,86
D.M.S	0,28	2,52	0,42	1,28	2,52	6,72	26,03

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, conforme o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Com base na análise de regressão (Figura 15), para a variável AP a variedade Ibra respondeu negativamente ao incremento do efluente, observando redução linear aos 45 e 60 DAE, redução de 25,75 e 23,11%, respectivamente. Entretanto, a variedade Milho Roxo, que se ajustou ao modelo quadrático nas duas épocas estudadas, indicando a proporção de 54% (81,73 cm) e 57% (123,03 cm) de efluente da piscicultura recomendada para obter maiores AP aos 45 e 60 DAE, respectivamente (Figura 15A e 15B). Tais resultados correspondem a um acréscimo entre 23 a 25% na altura das plantas.

Figura 15 - Altura de planta aos 45 DAE (A) e aos 60 DAE (B) do milho crioulo, variedades Ibra e Roxo, em função de proporções de efluente da piscicultura na irrigação. Mossoró-RN, 2017

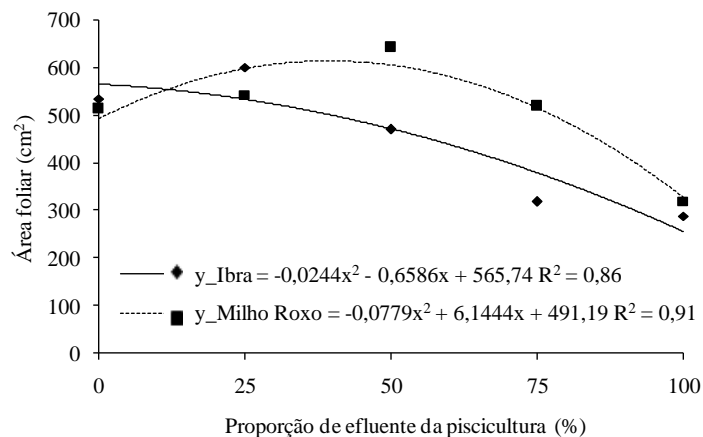


Para a variável AF, ambas as cultivares de milho crioulo foram ajustados pelo modelo quadrático, apresentando coeficientes de determinação de 0,86 e 0,91, respectivamente, conforme Figura 16. A AF máxima obtida pela variedade Ibra foi de 565,74 cm², sem adição

de efluente da piscicultura, observado redução drástica em sua área foliar com o aumento da concentração de efluente da piscicultura, redução de 54,77%.

Já para o Milho Roxo, observou-se efeito positivo para a AF com incremento de até 39% de efluente da piscicultura, obtendo valor máximo de 612,33 cm². Acréscimo de 24,66% em relação a AF das plantas irrigadas com água de abastecimento. Entretanto, a AF da referida cultivar sofreu os efeitos da salinidade a partir da adição de 40% de efluente da piscicultura onde, possivelmente, o efeito osmótico estagnou o crescimento da área foliar das plantas submetidas aos tratamentos com nível salino mais elevado (Figura 16).

Figura 16 - Área foliar aos 60 DAE do milho crioulo, variedades Ibra e Roxo, em função de proporções de efluente da piscicultura na irrigação. Mossoró-RN, 2017



Este fato ocorre, de acordo com Maas e Hoffman (1977), porque o aumento da concentração salina na solução do solo acima do limite tolerável pelas culturas diminui progressivamente o seu percentual de crescimento.

Vale salientar também que, segundo Müller et al. (2005), quando comparado com algumas gramíneas que não produzem afillhos, o milho apresenta um aumento exponencial de índice de área foliar no período de instalação da cultura, linear e positivo até o pendoamento, seguido de uma variação linear e levemente negativa até o início da rápida senescência das folhas, quando o coeficiente é menor.

Tais resultados podem ser atribuídos ao efeito residual dos nutrientes, presentes nas águas dos resíduos domésticos e da piscicultura, que promoveram melhoria no estado nutricional das plantas, que os aproveitam de forma eficiente, evitando a necessidade de aplicação de fertilizantes minerais.

Freitas et al. (2004), trabalhando com milho irrigado com diferentes lâminas de água residuária proveniente da suinocultura, afirmaram que este tipo de fonte é, sabidamente, rica em diversos nutrientes necessários ao desenvolvimento das plantas e, mesmo em grandes quantidades, na cultura do milho, não é capaz de afetar a produção e causar fitotoxicidade na planta, sendo considerado uma ótima alternativa, sozinha ou misturada com água de abastecimento, conforme os resultados obtidos no presente trabalho. Por outro lado, a identificação das concentrações ótimas, neste caso, é importante para evitar a contaminação das águas subterrâneas, quando estas são lixiviadas em excesso.

Houve diferença significativa entre as cultivares Ibra e Milho Roxo ($p > 0,05$), apenas para a variável matéria seca do pendão (MSP). Considerando o fator proporção de efluente da piscicultura, observou-se efeito significativo para todas as variáveis, exceto para matéria fresca do pendão (MFP).

Por sua vez, verificou-se interação significativa entre os fatores analisados (proporção de efluente da piscicultura e cultivares) para a variável matéria fresca da parte aérea (MFPA) ($p < 0,01$) e matéria seca da parte aérea (MSPA) ($p < 0,01$), matéria fresca do caule (MFC) ($p < 0,01$) e matéria seca do caule (MSC) ($p < 0,01$) e para matéria fresca da raiz (MFR) ($p < 0,01$) e matéria seca da raiz (MSR) ($p < 0,05$) (Tabela 8).

Tabela 8 - Resumo das análises de variância da variável matéria fresca da parte aérea (MFPA), matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria fresca do caule (MFC), matéria seca do caule (MSC), matéria fresca do pendão (MFP), matéria seca do pendão (MSP), matéria fresca da raiz (MFR) e matéria seca da raiz (MSR) do milho crioulo, variedades Ibra e Milho Roxo, em função de proporções de efluente da piscicultura na irrigação

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios			
		MFPA ₁	MSPA ₂	MFC ₃	MSC ₄
Bloco	2	24,0968 ^{ns}	2,6784 ^{ns}	161,48197 ^{ns}	0,1719 ^{ns}
Efluente (E)	4	5,98304**	100,0998**	8101,5584**	94,1297**
Cultivar (C)	1	5994,2064**	23,33772*	3964,2807**	21,43765**
E * C	4	688,0051**	25,756987**	2334,8647**	16,0827**
Resíduo	18	64,2930	3,2877	100,1009	1,9986
CV (%)		5,95	11,87	6,76	9,58

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios			
		MFP ₅ *	MSP ₆ ***	MFR ₇	MSR ₈
Bloco	2	5,14032 ^{ns}	1,07912 ^{ns}	101,00961 ^{ns}	175,0840 ^{ns}
Efluente (E)	4	35,5551 ^{ns}	9,0895*	11805,00045**	3446,44698**
Cultivar (C)	1	85,07568*	6,43107 ^{ns}	7123,4266**	4402,7122**
E * C	4	41,17558 ^{ns}	6,15390 ^{ns}	1223,18411**	647,9537*
Resíduo	18	15,9561	2,1411	156,5267	160,7298
CV (%)		28,34	31,12	9,66	20,93

¹ ns; *, **: não significativo; significativo a 5% e significativo a 1%, respectivamente, pelo teste F.

Verifica-se nas Figuras 17A e 17B que, as variáveis matéria fresca e seca da parte aérea, respectivamente, apresentaram significância expressada pelo teste F nas duas cultivares de milho crioulo estudadas, cujo modelo que melhor se adequou foi o quadrático.

As variáveis MFPA e MSPA das cultivares de milho crioulo diferiu significativamente entre os tratamentos, onde foi observado que, com a adição da concentração de efluente da piscicultura na água de irrigação para as cultivares de milho crioulo, Ibra e Milho Roxo, houve um aumento, de modo geral, nos teores de MFPA e MSPA em ambas cultivares. Porém, esse acúmulo de matéria fresca e seca apresentou um comportamento de acréscimo linear, até 25% do uso do efluente da piscicultura e 75% de água de abastecimento, para a

variável MFPA na cultivar Ibra, apresentando um comportamento similar para a variável MSPA.

Já para a cultivar Milho Roxo, notou-se melhores resultados de MFPA na combinação entre 50%. No entanto, praticamente, não houve acúmulo de MSPA nessa cultivar (Figuras 17A e 17B). A linearidade de acúmulo de matéria seca por cultivares de milho também foi observada por Pinho et al. (2009), quando determinava a marcha de absorção de macronutrientes e acúmulo de matéria seca em milho.

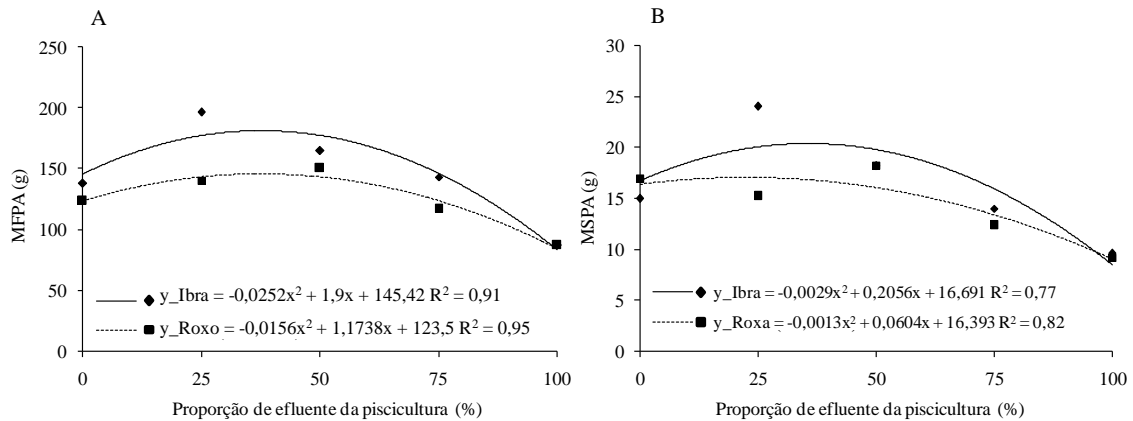
Observou-se ainda (Figuras 17A e 17B) que, uma adição da concentração de efluente da piscicultura na água de irrigação, acima de 25% afetou, consideravelmente, o acúmulo de matéria seca total da cultura Ibra, causando a perda de MFPA e, conseqüentemente, MSPA. Quanto à cultivar Milho Roxo, verificou-se uma redução considerável, para as mesmas variáveis, em combinações superiores a 50%. Portanto, pode-se inferir que, o acúmulo de matéria seca atinge o ponto máximo para a cultivar Ibra com o uso de 25% do efluente da piscicultura e 75% de água de abastecimento. Por outro lado, a cultivar Milho Roxo só atinge o ponto máximo usando a combinação de 50% efluente/água.

Os valores totais de matéria fresca e, conseqüentemente matéria seca acumulados na parte aérea, foram significativamente maiores na cultivar Ibra (Figuras 17A e 17B), respondendo melhor ao uso do efluente e, logo, demonstrando sua maior capacidade em acumular matéria seca nas partes reprodutivas da planta. Isso pode ser um indicativo dessa cultivar ter a capacidade de aproveitar, de modo mais eficiente, os nutrientes disponíveis no efluente, além de se desenvolver melhor em condições de estresse salino, visto que o rejeito da piscicultura, segundo Rattan et al. (2005), é de natureza salina ($CE_a > 1,0 \text{ dS m}^{-1}$).

Uma redução na fitomassa em função do aumento da salinidade também foi verificado por Oliveira et al. (2009) quando estudava, em casa de vegetação, o desenvolvimento inicial do milho-pipoca irrigado com água de diferentes níveis de salinidade e também por Sousa et al. (2010) em condições de campo avaliando a salinidade da água de irrigação na cultura do milho. Os autores complementaram que a produção de MSPA das plantas sofreu uma redução com o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação.

Portanto, pode-se inferir que, a fitomassa de identidades vegetais é conseqüência do crescimento da planta e, conseqüentemente da capacidade em que ela tem em assimilar nutrientes do meio em que está inserida.

Figura 17 - Matéria fresca da parte aérea (MFPA) (A) e matéria seca da parte aérea (MSPA) (B) do milho crioulo, variedades Ibra e Milho Roxo, em função de proporções de efluente da piscicultura na irrigação. Mossoró-RN, 2017



Com relação às médias, foi observado (Tabela 9) que a variedade Ibra se sobressaiu nas variáveis MFPA, MSPA, MFC, MSC, MSP, MFR e MSR. Esse feito pode ser explicado através do crescimento diferenciado da cultivar Ibra quando comparado à variedade Milho Roxo.

Tabela 9 - Matéria fresca da parte aérea (MFPA), matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria fresca do caule (MFC), matéria seca do caule (MSC), matéria fresca do pendão (MFP), matéria seca do pendão (MSP), matéria fresca da raiz (MFR) e matéria seca da raiz (MSR) do milho crioulo, variedades Ibra e Milho Roxo, em função de proporções de efluente da piscicultura na irrigação

	MFPA	MSPA	MFC	MSC	MFP	MSP	MFR	MSR
Cultivares	-----g-----							
Ibra	145,84a ¹	16,15a	159,57a	15,60a	12,41b	5,17a	144,87a	72,68a
Milho Roxo	123,64b	14,39b	136,58b	13,91b	15,78a	4,24a	114,05b	49,45b
Média	134,74	15,27	148,07	14,76	14,09	4,7	129,46	9,73
D.M.S.	6,15	1,39	7,68	1,09	3,06	1,12	9,60	9,73

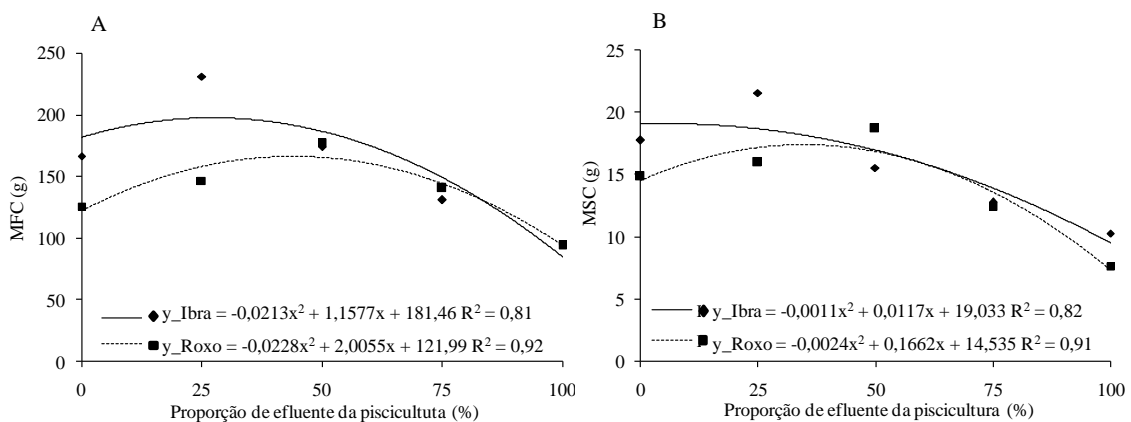
¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, conforme o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quanto às variáveis MFC e MSC (Figura 18), nota-se um retorno, de modo análogo, ao observado em MFPA e MSPA, pois, as variáveis matéria fresca e seca do caule das

cultivares Ibra e Milho Roxo, responderam ao incremento do efluente (Figura 18), sendo também essa resposta diferenciada quando se utilizou diferentes proporções efluente/água.

A variedade Ibra respondeu com maior eficiência ao tratamento composto por 25% do efluente da piscicultura e 75% de água de abastecimento, tendo um significativo decréscimo, para MFC e MSC, a partir do uso de, em média 40% do efluente e 60% água de abastecimento. Quanto à variedade Milho Roxo, notou-se uma redução considerável na matéria fresca e, conseqüentemente, seca do caule, com combinações superiores a 50% efluente/água. Provavelmente, uma proporção maior do efluente possa ter influenciado no porte das variedades estudadas, causando uma barreira na assimilação de nutrientes e, portanto, no desenvolvimento das culturas e, esse feito influenciou no decréscimo, de modo geral, da fitomassa.

Figura 18 - Matéria fresca do caule (MFC) (A) e matéria seca do caule (MSC) (B) do milho crioulo, variedades Ibra e Milho Roxo, em função de proporções de efluente da piscicultura na irrigação. Mossoró-RN, 2017



5.6 COMPOSIÇÃO MINERAL DO TECIDO VEGETAL

Devido a literatura referente à resposta de cultivares de milho crioulo à fertilização ser escassa, a abordagem nesse trabalho será baseada na capacidade de essas cultivares responderem à fertirrigação com efluente da piscicultura em condições semelhantes à praticada por agricultores familiares, servindo de parâmetro para estudos posteriores.

Vale ressaltar ainda que, os teores de macro e micronutrientes no tecido das plantas de milho são resultantes da interação de uma série de fatores, como a responsividade da cultivar,

a textura do solo, o teor de matéria orgânica, o equilíbrio nutricional e o pH do solo e da água de irrigação, entre outros.

5.6.1 Folha

Houve diferença significativa do fator efluente da piscicultura para as variáveis Ca, Mg e Zn e, considerando o fator cultivar, para P, K, Ca, Mg, Fe e Zn. Observou-se interação significativa entre os fatores analisados (proporção de efluente da piscicultura e cultivares) para todas as variáveis ($p < 0,01$), exceto para Mg, Fe e Zn (Tabela 10).

Tabela 10 - Resumo das análises de variância das variáveis N, P, K, Na, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn e Zn na folha do milho crioulo, variedades Ibra e Roxo, em função de proporções de efluente da piscicultura na irrigação

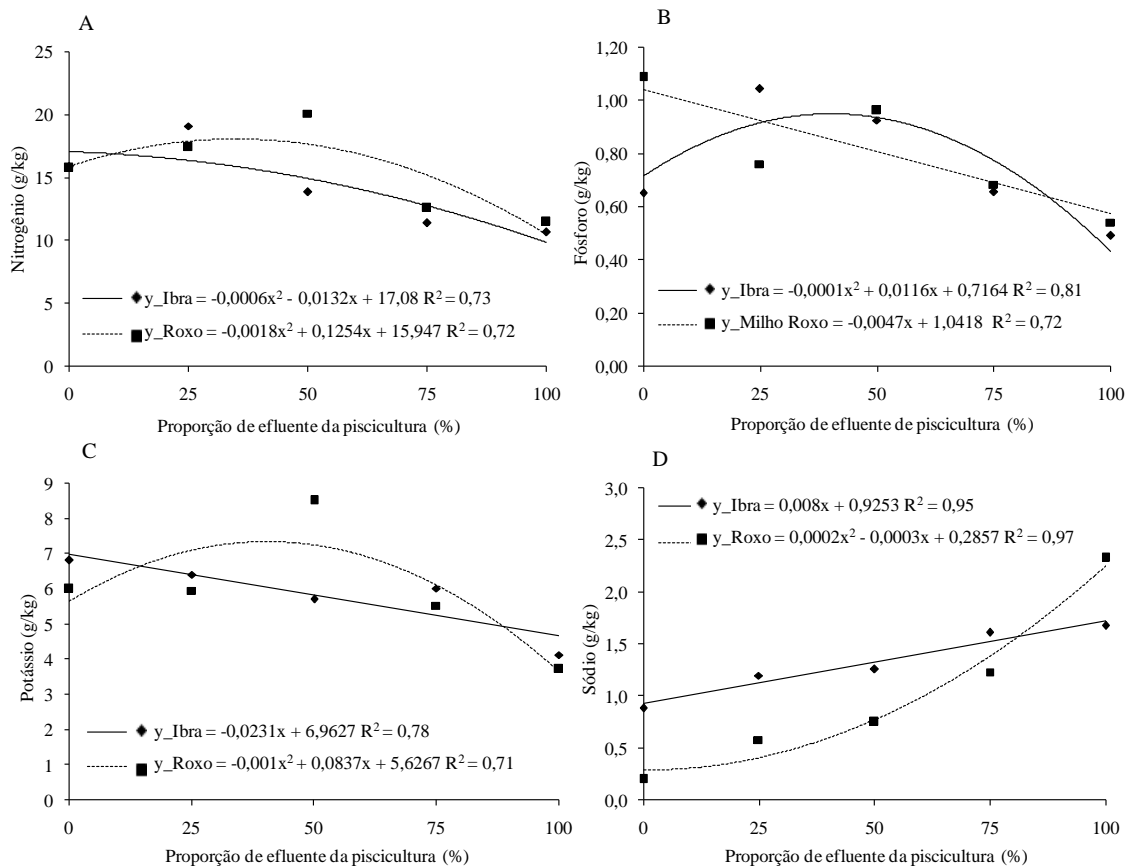
Fonte de variação	GL	Quadrados Médios				
		N	P	K	Na	Ca
Bloco	2	3,1697 ^{ns}	0,0493 ^{ns}	0,21916 ^{ns}	0,032263 ^{ns}	0,34984 ^{ns}
Efluente (E)	4	59,3962**	0,197306**	8,533092**	1,883287**	2,66957 ^{ns}
Cultivar (C)	1	12,3521**	0,02101 ^{ns}	0,1166 ^{ns}	0,711480**	3,36675 ^{ns}
E * C	4	13,1985**	0,09767**	3,4233**	0,449963**	8,36353**
Resíduo	18	0,9831	0,0241	0,5512	0,0413	1,7271
CV (%)		6,68	19,84	12,65	17,34	26,54

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios				
		Mg	Fe	Cu	Mn	Zn
Bloco	2	0,2801 ^{ns}	163,3016 ^{ns}	4,72824 ^{ns}	30,8793 ^{ns}	3,8486 ^{ns}
Efluente (E)	4	2,5093 ^{ns}	13629,1875**	1401,774**	612,3684**	41,4615 ^{ns}
Cultivar (C)	1	1,34408 ^{ns}	21,1176 ^{ns}	122,2908**	1220,6217**	0,14981 ^{ns}
E * C	4	2,1965 ^{ns}	156,7314 ^{ns}	99,6221**	555,7187**	20,2968 ^{ns}
Resíduo	18	0,9427	1900,5637	14,2843	45,7415	15,3288
CV (%)		28,87	27,53	16,36	8,89	20,72

¹ ns; *, **: não significativo; significativo a 5% e significativo a 1%, respectivamente, pelo teste F.

Ao se aplicar o teste de regressão, a significância expressada pelo teste F mostrou-se significativa para os teores de N, P, K e Na nas duas cultivares de milho crioulo (Figura 19). O aumento da concentração de efluente da piscicultura na água de irrigação das cultivares de milho crioulo Ibra (C1) e Roxo (C2) promoveu um aumento linear crescente nos teores de Na na folha de ambas as cultivares, sendo os maiores valores desse nutriente observados no tratamento em que recebeu irrigação com 100% do efluente, atingindo a concentração de 1,73 g kg⁻¹ e superior a 2,00 g kg⁻¹ na C1 e C2, respectivamente, conforme estão apresentadas na Figura 19D.

Figura 19 – Teores de N, P, K e Na na folha do milho crioulo, variedades Ibra e Roxo, em função de proporções de efluente da piscicultura na irrigação. Mossoró-RN, 2017



A partir da análise de regressão observou-se que os teores de P na folha da cultivar Ibra foram ajustados ao modelo quadrático, onde houve incremento no teor com o aumento na concentração de até 59% de EP (1,05 g kg⁻¹), observando posterior queda, com conteúdo mínimos de 0,88 g kg⁻¹ com aplicação de 100% EP (Figura 19B). Por sua vez, verificou-se que o acúmulo de P no tecido da folha da cultivar Milho Roxo mostrou-se decrescente em

função das doses crescentes de efluente da piscicultura, sendo o modelo linear o que mais se adequou, de acordo com a Figura 19B.

Esses resultados já eram esperados, haja vista que o efluente da piscicultura utilizado no trabalho apresentava alta condutividade elétrica (valores compreendidos entre 3,70 dS m⁻¹ a 7,80 dS m⁻¹). Com isso, identificou-se que a alta CE do efluente provocou um aumento da salinidade do solo, refletindo assim, nos teores de Na (Figura 19D) na folha das cultivares estudadas.

Avaliando os teores foliares dos macronutrientes catiônicos e suas relações com o sódio em plantas de milho sob estresse salino, Garcia et al. (2007) verificaram que o aumento da salinidade do solo decorrente da irrigação com água salina elevou os teores de Na, as relações Na⁺/Ca²⁺, Na⁺/Mg²⁺, Na⁺/K⁺ e reduziu os teores de Ca, Mg e K, refletindo dessa forma, no desequilíbrio nutricional causado pelo estresse nutricional consequente do estresse salino progressivo.

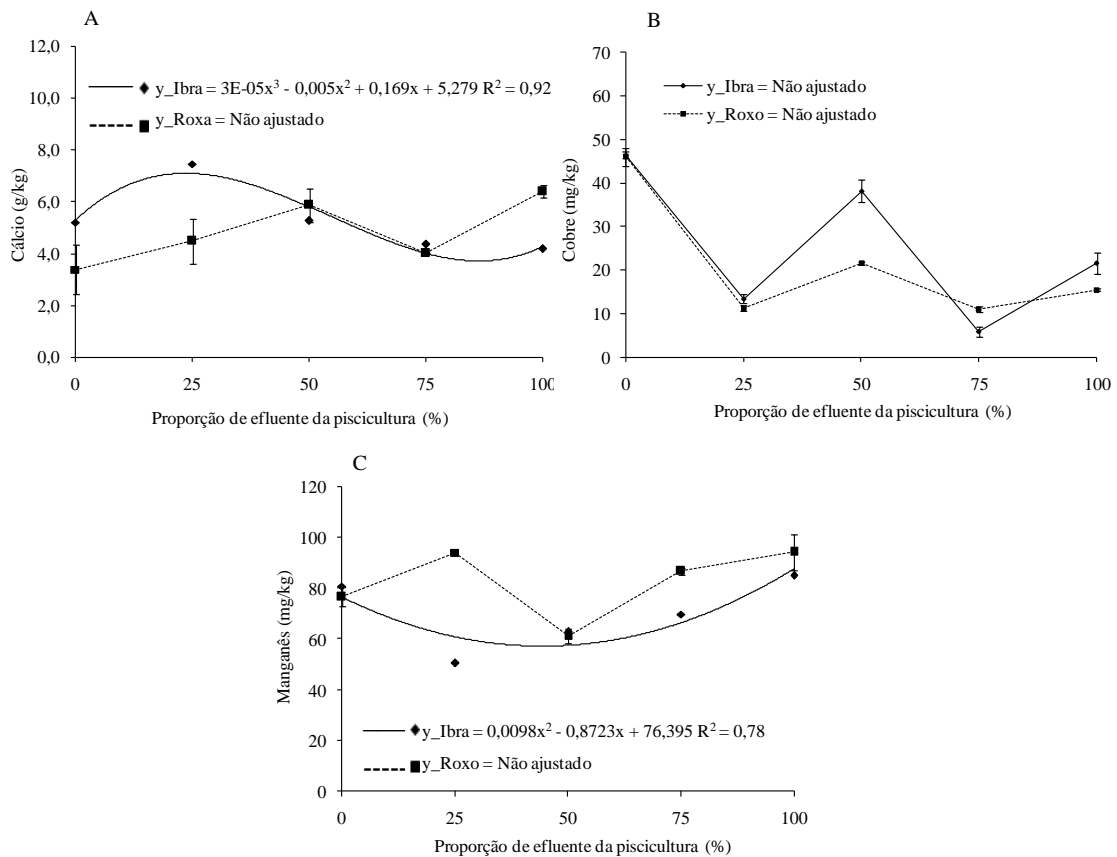
Em trabalho realizado por Prior et al. (2015) com a cultura do milho (híbrido CD 705), a análise foliar indicou que aplicação de água residuária da suinocultura foi fator predominante na nutrição mineral em K, Mg, Fe, Cu e B, e insuficiente para N e P.

Para o Mn, observou-se que os teores no tecido da folha da cultivar Ibra foram crescentes em função do aumento da proporção de efluente da piscicultura, sendo o modelo quadrático o que mais se adequou, conforme pode ser visto na Figura 20C. Para a cultivar Roxo, não houve ajuste de equação, apresentando conteúdo de 76,39 mg kg⁻¹; 93,96 mg kg⁻¹; 61,08 mg kg⁻¹; 86,58 mg kg⁻¹ e 94,09 mg kg⁻¹ com uso das proporções de efluente de piscicultura com 0; 25; 50; 75 e 100%, respectivamente.

Kessler et al. (2014) concluíram que a água residuária da suinocultura pode ser parcialmente utilizada como fertilizante alternativo para a cultura do milho, desde que o P e o Mn sejam complementados com adubação específica.

Malafaia et al. (2016) apontaram que a água residuária doméstica constitui boa fonte de nutrientes para as plantas de milho, uma vez que os teores de macro e micronutrientes nas folhas mostraram-se satisfatórios, não tendo sido observado nenhum sinal ou sintoma de toxidez.

Figura 20 – Teores de Ca, Cu e Mn na folha do milho crioulo, variedades Ibra e Roxo, em função de proporções de efluente da piscicultura na irrigação. Mossoró-RN, 2017



A partir do resultado do teste de média (Tabela 11) pode-se verificar a ordem de absorção dos nutrientes no tecido foliar. O N foi o macronutriente mais absorvido nas folhas do milho crioulo nas duas variedades.

Tabela 11 – Teores de N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Cu, Mn e Zn na folha do milho crioulo, variedades Ibra e Roxo

Cultivares	N	P	K	Na	Ca	Mg	Fe	Cu	Mn	Zn
Ibra	14,21b	0,76a	5,81a	1,33a	5,29a	3,58a	157,51a	21,08b	69,66b	18,83a
Milho Roxo	15,49a	0,81a	5,93a	1,02b	4,62a	3,15a	159,19a	25,12a	82,42a	18,97a
Média	14,85	19,84	5,87	1,17	4,95	3,36	158,35	23,10	76,04	18,90
D.M.S.	6,68	0,12	12,65	0,16	1,01	0,75	33,44	2,90	5,19	3,0

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, conforme o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para Coelho et al. (2018), realmente o milho é uma cultura que remove grandes quantidades de nitrogênio. O K, foi o segundo macronutriente encontrado em maior quantidade, seguido do Ca, Mg e P. Portanto, pode-se inferir que, a ordem de absorção dos macronutrientes no tecido foliar foi: $N > K > Ca > Mg > P$.

Foi notado (Tabela 11) que, os teores de P, K, Na, Ca e Mg nas duas variedades estudadas não sofreram influência das diferentes porcentagens de efluentes da piscicultura aplicadas à irrigação, sendo, a cultivar Ibra estatisticamente semelhante a Milho Roxo na quantificação desses nutrientes e do elemento benéfico Na.

As diferenças nos teores dos nutrientes avaliados na parte aérea (folha), foram observadas em N, Cu e Mn, com a variedade Milho Roxo se destacando com as maiores concentrações desses nutrientes. Já na cultivar Ibra, foi verificado maiores teores do íon sódio, assim pode-se inferir que essa variedade acumulou maiores quantidades de sais, uma vez que não apresentou diferença estatística nos teores de K, Ca e Mg, quando comparada à Milho Roxo, e apresentou quantidades superiores de Na.

A faixa de teores dos macronutrientes N, P e K no tecido foliar encontrados nas duas cultivares estudadas são considerados insuficientes para a cultura do milho, de acordo com Embrapa (2009). Já os nutrientes Ca e Mg apresentaram teores considerados adequados para produção do milho, que varia de 2,5 - 8,0 e 1,5 - 5,0 g Kg⁻¹, respectivamente (EMBRAPA, 2009).

Analisando os teores de macronutrientes na parte aérea, pode deduzir que tanto o solo como as proporções do efluente da piscicultura utilizada na irrigação não ofereceram, de modo geral, condições favoráveis à planta na absorção dos nutrientes N, P e K. Isto indica que o efluente da piscicultura não é uma fonte de N, P e K em potencial para a cultura, assim como o tipo de solo utilizado no experimento.

Infelizmente, valores insuficientes desses nutrientes (N, P, K) podem causar a perda na produção, uma vez que, o nitrogênio é um fertilizante imprescindível para a produtividade e crescimento do milho sendo o nutriente mais exigido pela cultura, o fósforo atua no sistema radicular, e é um elemento imprescindível ao desenvolvimento das plantas e o potássio participa de vários processos enzimáticos e metabólicos na planta, é um nutriente elementar, e uma de suas estômatos, onde regula entrada e saída de água da planta, processo conhecido como transpiração (COSTA et al., 2012).

Com relação à quantificação dos micronutrientes avaliados (Tabela 11), o ferro se sobressaiu, sendo o nutriente mais acumulado no tecido foliar das duas cultivares de milho crioulo, seguido do Mn, Cu e Zn. Deste modo, a ordem de absorção dos micronutrientes no

tecido foliar foi: Fe>Mn>Cu>Zn. Contudo, somente os teores de Cu e Mn na folha sofreram influência das variedades de milho crioulo.

A faixa de teores dos micronutrientes Fe, Mn e Zn no tecido foliar encontrados estão nos níveis adequados para a cultura, de acordo com Embrapa (2009), já o micronutriente Cu apresentou valores um pouco a cima daqueles referenciados como apropriados para a produção do milho, que varia de 6 - 20 mg Kg⁻¹ (EMBRAPA, 2009).

É interessante ratificar que, segundo Costa et al. (2012), a cultura do milho é considerada de grande poder de extração de nutrientes do solo, e grande parte do insucesso da produção de milho é atribuída a baixa fertilidade dos solos. Soma-se a isto o manejo inadequado de adubação e aplicação de corretivos. A cultura do milho é considerada de grande poder de extração de nutrientes do solo.

5.6.2 Colmo

Não houve diferença significativa entre as cultivares para P, K, Na, Ca e Mg. Entretanto, observou-se efeito significativo para o fator proporção de efluente para todas as variáveis. Por sua vez, houve interação significativa entre os fatores analisados (proporção de efluente da piscicultura e cultivares) ($p < 0,01$) para as variáveis N, K, Na, Ca e Fe (Tabela 12).

Tabela 12 - Resumo das análises de variância das variáveis N, P, K, Na, Ca, Mg, Fe e Mn no colmo do milho crioulo, variedades Ibra e Roxo, em função de proporções de efluente da piscicultura na irrigação

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios				
		N	P	K	Na	Ca
Bloco	2	0,3437 ^{ns}	0,02037 ^{ns}	0,05074 ^{ns}	0,25464 ^{ns}	0,00681 ^{ns}
Efluente (E)	4	36,5668 ^{**}	0,10405 ^{**}	1,5942 ^{**}	22,6250 ^{**}	0,42187 [*]
Cultivar (C)	1	7,87456 ^{**}	0,01008 ^{ns}	0,0120 ^{ns}	0,04107 ^{ns}	0,06721 ^{ns}
E * C	4	0,9098 ^{**}	0,012808 ^{ns}	1,2616 ^{**}	1,0937 ^{**}	0,06721 ^{**}
Resíduo	18	0,1845	0,0115	0,0741	0,0747	0,0974
CV (%)		9,18	29,69	7,66	7,79	20,04

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios				
		Mg	Fe	Mn	-----	-----
Bloco	2	0,773320 ^{ns}	92,30696 ^{ns}	183,17457 ^{ns}	-----	-----
Efluente (E)	4	1,1767 [*]	2031,3623 ^{**}	787,06839 ^{**}	-----	-----
Cultivar (C)	1	1,17612 ^{ns}	487,38821 [*]	932,53025 ^{**}	-----	-----
E * C	4	0,8619 ^{ns}	507,4873 ^{**}	224,5529 ^{ns}	-----	-----
Resíduo	18	0,3205	67,9723	87,2099	-----	-----
CV (%)		23,30	32,58	23,47	-----	-----

¹ ns; *, **: não significativo; significativo a 5% e significativo a 1%, respectivamente, pelo teste F.

O incremento de efluente da piscicultura na irrigação proporcionou aumento no teor de N do colmo até a proporção de 50% para a cultivar de Milho Roxo (Figura 21A), observando-se decréscimo posterior com o aumento das doses do efluente. Por sua vez, a cultivar Ibra apresentou redução linear no conteúdo de N com o aumento nas proporções de efluente. Com isso, verificou-se que a dose 100% de efluente provocou uma redução de 2,01 g kg⁻¹ do teor de N quando comparada com a dose testemunha (100% de água de abastecimento), ou seja, uma redução de 38,84%.

Essa redução pode ter sido ocasionada pela alta concentração do íon Cl⁻ presente no efluente da piscicultura. De acordo com Lucena et al. (2012), esse decréscimo no teor de nitrogênio no colmo da cultivar de milho, possivelmente, está associado aos mecanismos

competitivos desencadeados pelo excesso de absorção e translocação do íon Cl^- no tecido da planta.

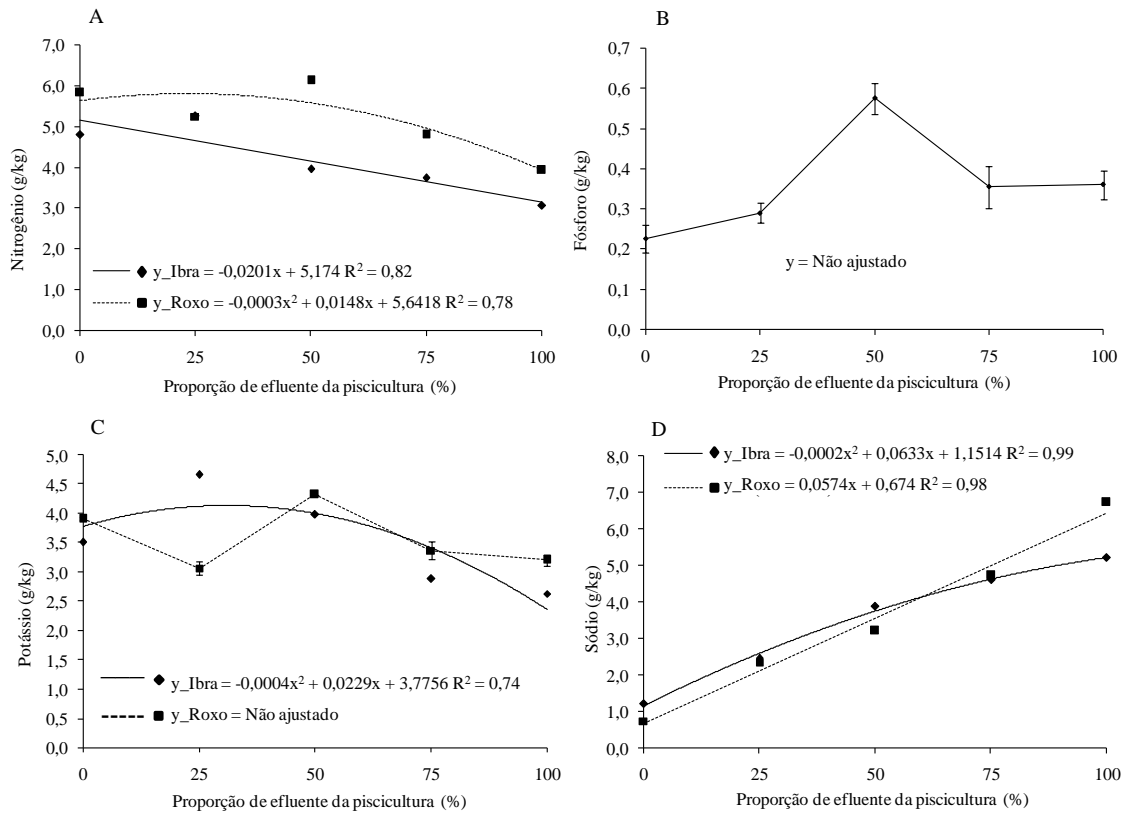
Como não houve ajuste de equação para os teores de P no colmo (Figura 21B), os dados mostram uma tendência de aumento nos teores desse nutriente até a aplicação de 50% de efluente da piscicultura.

A Figura 21C mostra que os teores de K no colmo da cultivar de milho crioulo Ibra (C1) respondeu de forma significativa aos tratamentos, sendo observado ajuste quadrático para a variável. Verifica-se que há um aumento nos teores do nutriente com a adição de efluente da piscicultura até a dose aproximada de 28% ($4,10 \text{ g kg}^{-1}$) e, a partir desse ponto, a adição do efluente implica na redução da concentração de K no tecido do colmo.

Vários autores relatam que a salinidade do solo diminui os teores de potássio na parte aérea das plantas de milho (CRAMER et al., 1994; AZEVEDO NETO e TABOSA, 2000; GARCIA et al., 2007). Ainda segundo Garcia et al. (2007), o aumento da salinidade ocasiona a diminuição dos teores de potássio nos tecidos das plantas de milho o aumento da concentração de sódio no meio radicular inibe a absorção de potássio devido à relação competitiva entre estes cátions monovalentes.

O acúmulo de Na no tecido do colmo das duas cultivares de milho crioulo mostrou-se crescente em função do incremento na proporção do efluente da piscicultura (Figura 21D). A cultivar Ibra, os valores de Na variaram entre 1,43 a $5,50 \text{ g kg}^{-1}$, enquanto que, para a cultivar Milho Roxo, esses valores apresentaram uma amplitude maior de variação, sendo observados teores de 0,67 a $6,42 \text{ g kg}^{-1}$ para a solução sem efluente de piscicultura, respectivamente, demonstrando assim que, a cultivar Milho Roxo apresenta uma maior capacidade de acúmulo de Na no tecido do colmo. Esse fato, assim como nas folhas, pode estar atribuído à salinização do solo provocada pela irrigação com o efluente salino da piscicultura.

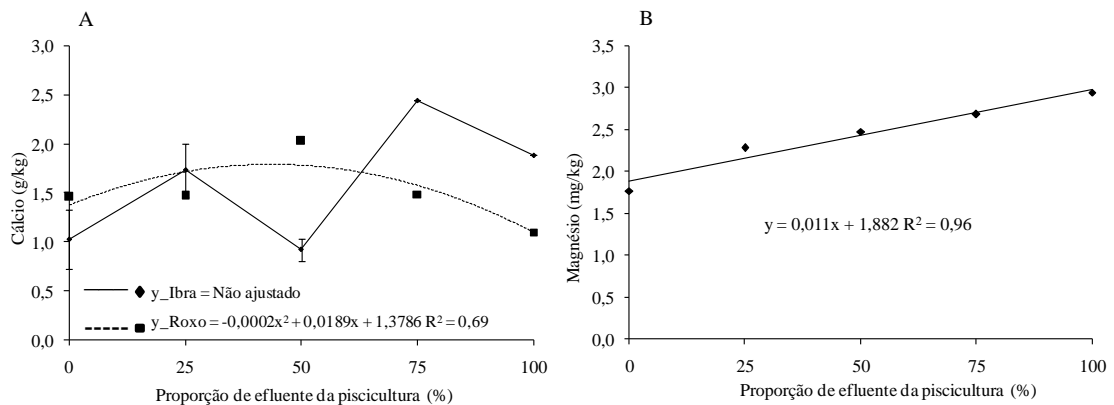
Figura 21 - Teores de N, P, K e Na no colmo do milho crioulo, variedades Ibra e Roxo, em função de proporções de efluente da piscicultura na irrigação. Mossoró-RN, 2017



Na Figura 22A verifica-se que os teores de Ca no colmo da cultivar de milho crioulo Ibra respondeu de forma significativa aos tratamentos, sendo observado ajuste quadrático para a variável. Verifica-se que há um aumento nos teores do nutriente com a adição de efluente da piscicultura até a dose aproximada de 50% e, a partir desse ponto, a adição do efluente implica na redução da concentração de Ca no tecido do colmo. Já para a cultivar Ibra, não houve ajuste de equação (Figura 22A).

O acúmulo de Mg no tecido do colmo do milho crioulo mostrou-se crescente em função das doses crescentes de efluente da piscicultura, como pode ser visualizado na Figura 22B.

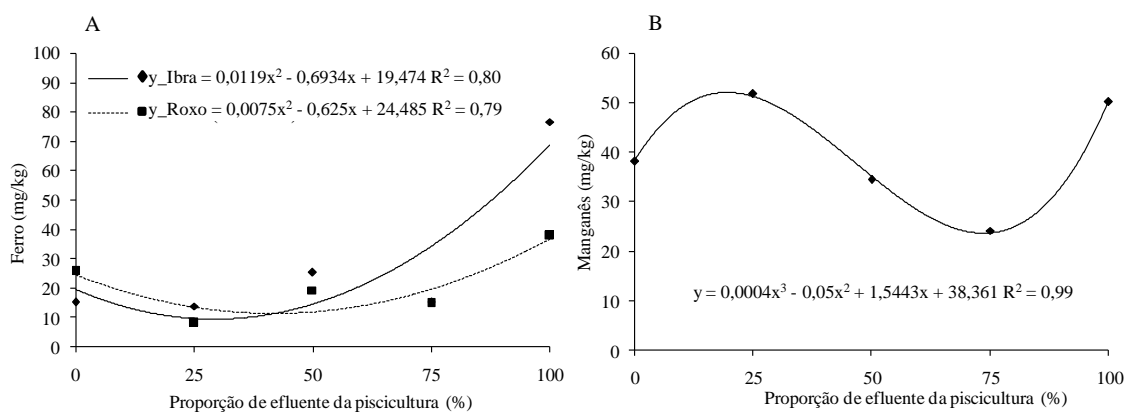
Figura 22 - Teores de Ca e Mg no colmo do milho crioulo, variedades Ibra e Roxo, em função de proporções de efluente da piscicultura na irrigação. Mossoró-RN, 2017



O acúmulo de Fe no tecido do colmo de ambas as cultivares estudadas, Ibra e Milho Roxo, mostrou-se crescente em função das doses crescentes de efluente da piscicultura, sendo o modelo quadrático o que mais se adequou, conforme pode ser visto na Figura 23A.

Para Mn observou-se incremento no teor com proporção de 18% de efluente de piscicultura e posterior decréscimo até a proporção de 70 a 76% de efluente, de acordo com a Figura 23B.

Figura 23 – Teores de Fe e Mn no colmo do milho crioulo, variedades Ibra e Roxo, em função de proporções de efluente da piscicultura na irrigação. Mossoró-RN, 2017



Quanto ao resultado das médias (Tabela 13) que apresenta a disponibilidade dos macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg) e micronutrientes (Fe e Mn) na parte aérea (colmo) do milho crioulo verificou-se que, os teores de P, K, Na, Ca e Mg nas duas variedades estudadas não sofreram influência das diferentes porcentagens de efluentes da piscicultura aplicadas à

irrigação, sendo, a cultivar Ibra estatisticamente semelhante a Milho Roxo na quantificação de P, K, Na, Ca e Mg no colmo. As diferenças nos teores dos nutrientes avaliados no colmo, foram observadas em N, Fe e Mn, com a variedade Milho Roxo expondo maiores concentrações de N e Mn, e a cultivar Ibra se sobressaindo com maior acúmulo de Fe.

Pela avaliação (Tabela 13), notou-se que o colmo, no estágio de maturidade, se constituiu no principal compartimento de acúmulo de N e Mn como macro e micronutriente, respectivamente. Já o nutriente encontrado em menor proporção no colmo foi o P. Portanto, as variedades estudadas acumularam nutrientes em sua parte aérea (colmo) na seguinte ordem decrescente: Mn>Fe>N>K>Na>Mg>Ca>P.

Tabela 13 – N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Cu, Mn e Zn no colmo do milho crioulo, variedades Ibra e Roxo

Cultivares	N	P	K	Na	Ca	Mg	Fe	Cu	Mn	Zn
-----g kg ⁻¹ -----						-----mg kg ⁻¹ -----				
Ibra	4,17b	0,38a	3,53a	3,47a	1,61a	2,23a	29,33a	-----	34,21b	-----
Milho Roxo	5,19a	0,34a	3,57a	3,55a	1,51a	2,63a	21,27b	-----	45,36a	-----
Média	4,68	0,36	3,55	3,51	1,56	0,43	25,3	-----	39,78	-----
D.M.S.	0,33	0,08	0,21	0,21	0,24	0,43	6,32	-----	7,16	-----

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, conforme o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

5.6.3 Pendão

Não houve diferença significativa do fator efluente da piscicultura para as variáveis N, Fe, Mn e Zn. Considerando o fator cultivar, não houve efeito significativo para Cu e Mn. Observou-se interação significativa entre os fatores analisados (proporção de efluente da piscicultura e cultivares) para P (p<0,05), K (p<0,01), Na (p<0,01), Ca (p<0,01), Mg (p<0,01), Fe (p<0,01) e Cu (p<0,05) (Tabela 14).

Tabela 14 - Resumo das análises de variância das variáveis N, P, K, Na, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn e Zn do pendão do milho crioulo, variedades Ibra e Roxo, em função de proporções de efluente da piscicultura na irrigação

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios				
		N	P	K	Na	Ca
Bloco	2	18,7290 ^{ns}	0,0182 ^{ns}	0,02704 ^{ns}	0,00139 ^{ns}	0,02022 ^{ns}
Efluente (E)	4	24,8274 ^{ns}	0,19471 ^{**}	0,13209 ^{**}	0,02144 ^{**}	1,62069 ^{**}
Cultivar (C)	1	783,0564 ^{**}	0,5018 ^{**}	0,13601 [*]	0,19360 ^{**}	2,67008 ^{**}
E * C	4	12,1723 ^{ns}	0,14336 [*]	0,12135 ^{**}	0,00113 ^{**}	1,19971 ^{**}
Resíduo	18	26,1530	0,0374	0,0243	0,0036	0,0970
CV (%)		29,10	24,27	23,01	15,30	18,62

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios				
		Mg	Fe [*]	Cu ^{****}	Mn [*]	Zn
Bloco	2	0,06836 ^{ns}	94,5051 ^{ns}	0,65460 ^{ns}	39,6914 ^{ns}	2363,7703 ^{ns}
Efluente (E)	4	1,2296 ^{**}	376,5734 ^{ns}	9,1351 ^{**}	150,0740 ^{ns}	1711,3495 ^{ns}
Cultivar (C)	1	1,2161 ^{**}	2600,655 ^{**}	1,8750 ^{ns}	43,8021 ^{ns}	2194036,4507 ^{**}
E * C	4	0,5342 ^{**}	3057,908 ^{**}	4,9062 [*]	46,3479 ^{ns}	731,0051 ^{ns}
Resíduo	18	0,0611	249,0940	1,3658	73,5136	1363,9633
CV (%)		13,66	27,64	27,13	28,96	12,02

¹ ns; *, **: não significativo; significativo a 5% e significativo a 1%, respectivamente, pelo teste F.

Em relação aos teores de nutrientes no pendão das cultivares Ibra e Milho Roxo irrigado com diferentes proporções de efluente da piscicultura, verificou-se que os nutrientes P, K e Na em ambas as cultivares, além de Ca na cultivar Ibra, responderam significativamente aos tratamentos, sendo observado ajuste quadrático para essas variáveis (Figura 24).

Quando analisado o comportamento, verifica-se que os teores de P na cultivar Milho Roxo e K na cultivar Ibra tendem a reduzir significativamente no pendão do milho com o aumento da dose de efluente da piscicultura, conforme as Figuras 24A e 24B, respectivamente.

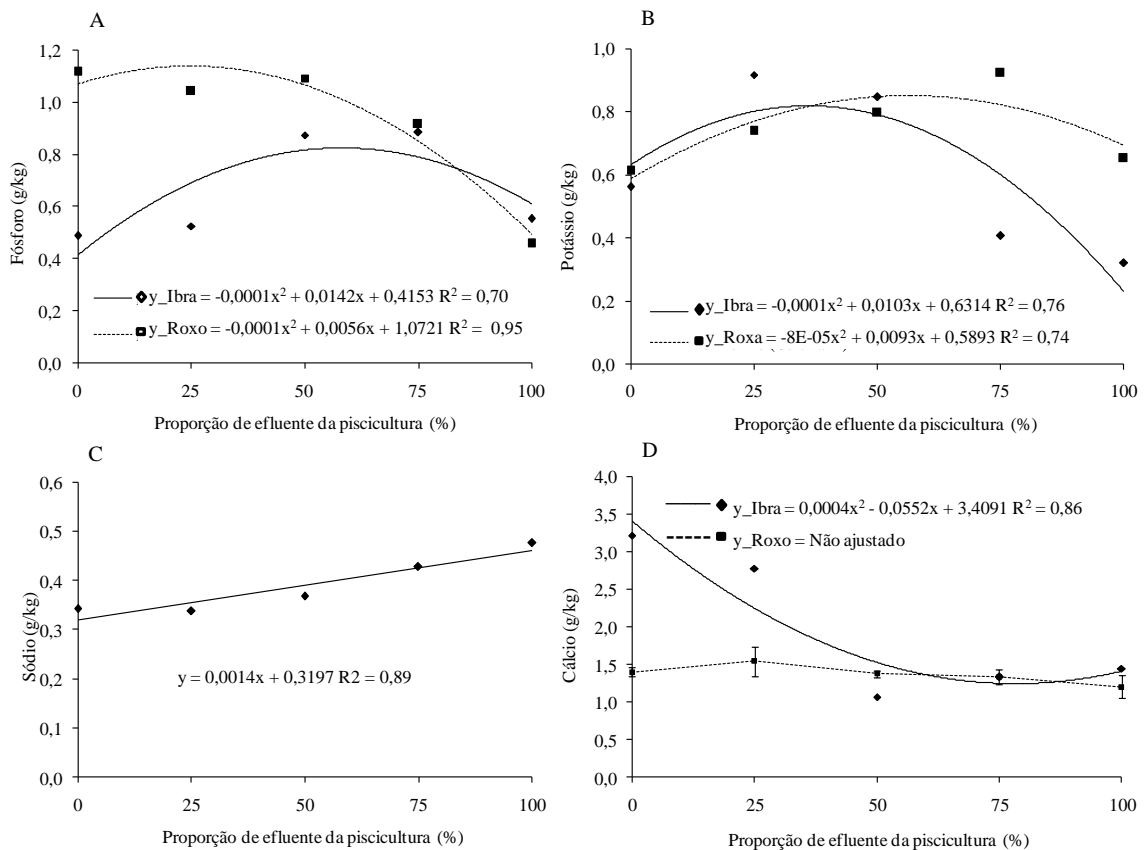
A redução dos teores de P no pendão do milho pode estar relacionada com a presença do íon Cl⁻ em grande quantidade no solo ao qual aconteceu o cultivo. Esse íon compete com o

P nos sítios de absorção, reduzindo assim a absorção de P pelas plantas (LUCENA et al., 2015).

Já o macronutriente Ca, na cultivar Ibra, reduziu drasticamente seu acúmulo até 50% de adição do efluente, sendo observado um leve aumento dos teores desse nutriente a partir desse ponto (Figura 24D). Por sua vez, a cultivar Milho Roxo não apresentou ajuste de equação, evidenciando uma tendência de pouca variação, mas com discreta redução com o aumento da proporção 25% de efluente da piscicultura.

Estudos têm demonstrado que a salinidade diminui os teores de cálcio na parte aérea das plantas de milho. Vários autores reportaram que o aumento do teor de sódio do meio externo ocasiona a diminuição dos teores de cálcio nos tecidos das plantas de milho, pois o sódio desloca o cálcio do plasmalema das células radiculares, o que resulta em uma perda da integridade da membrana e efluxo citossólico de solutos orgânicos e inorgânicos (CRAMER et al., 1994; AZEVEDO NETO e TABOSA, 2000; GARCIA et al., 2007; SCHOSSLER et al., 2012).

Figura 24 - Teores de P, K, Na e Ca no pendão do milho crioulo, variedades Ibra e Roxo, em função de proporções de efluente da piscicultura na irrigação. Mossoró-RN, 2017

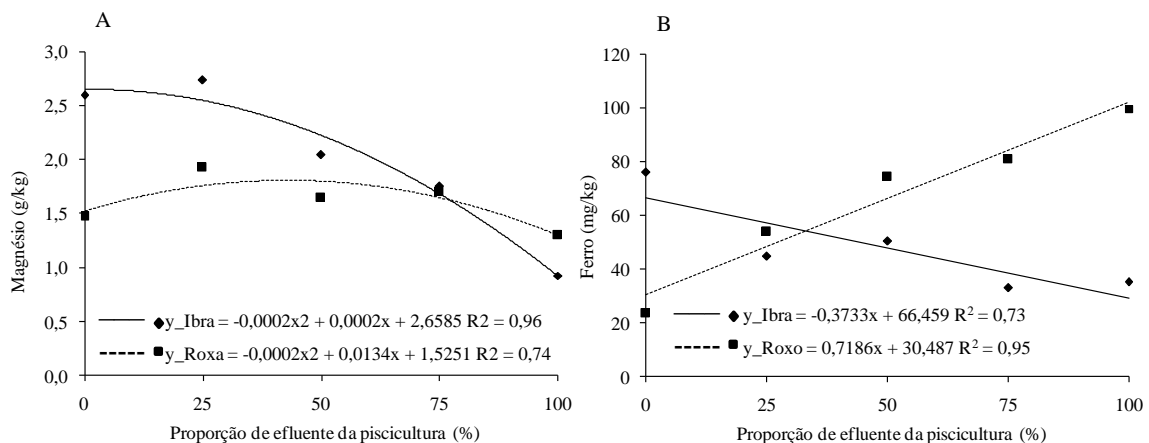


As concentrações dos micronutrientes Mg (ajuste quadrático) e Fe (ajuste linear decrescente) no pendão da cultivar Ibra também apresentaram comportamento semelhante ao Ca, entretanto, a redução drástica de seus teores aconteceu a partir da adição de 25% do efluente da piscicultura (Figura 25).

Todavia, o acúmulo de Fe no pendão da cultivar Milho Roxo mostrou-se crescente com as doses de efluente, observando-se ajuste linear, de acordo com a Figura 25B.

Quanto ao Mg, há poucos estudos sobre a influência da salinidade sobre os teores desse nutriente na cultura do milho, entretanto, há relatos que o aumento da salinidade tende a reduzir os teores de Mg no tecido das plantas de milho (NETO e TABOSA, 2000; GARCIA et al., 2007).

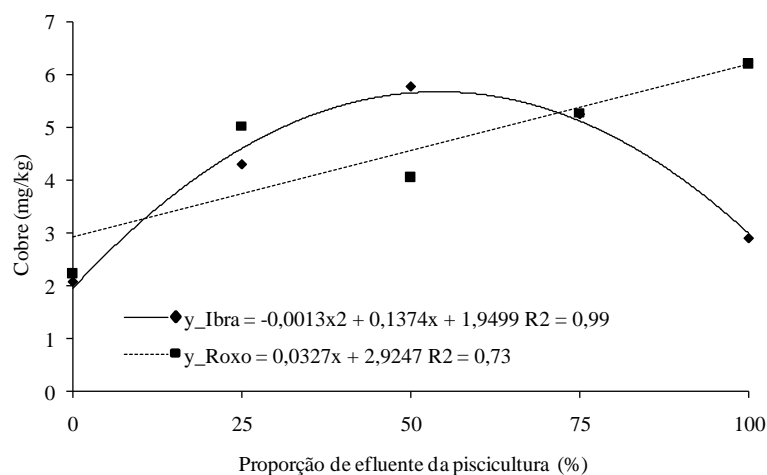
Figura 25 - Teores de Mg e Fe no pendão do milho crioulo, variedades Ibra e Roxo, em função de proporções de efluente da piscicultura na irrigação. Mossoró-RN, 2017



No tocante aos teores de Cu (Figura 26) no pendão do milho crioulo, ambas as cultivares responderam significativamente à irrigação com diferentes doses de efluente da piscicultura, sendo o modelo quadrático o que melhor se ajustou à cultivar Ibra e o modelo linear crescente para a cultivar Milho Roxo.

Em relação aos micronutrientes, Grattan e Grieve (1999) afirmam que em ambientes salinos, a solubilidade dos micronutrientes Fe, Cu, Mn e Zn é baixa, e seu efeito pode resultar na deficiência desses elementos às plantas cultivadas nestes solos.

Figura 26 - Teores de Cu no pendão do milho crioulo, variedades Ibra e Roxo, em função de proporções de efluente da piscicultura na irrigação. Mossoró-RN, 2017



A Tabela 15 mostra os resultados de média dos macro, micronutrientes e o elemento benéfico sódio avaliados no pendão das duas variedades (Ibra e Milho Roxo) do milho crioulo. Observa-se a partir das médias que, o N foi o macronutriente mais absorvido na parte da inflorescência masculina da planta. O Mg foi o segundo macronutriente encontrado em maior quantidade, seguido do Ca, P e K, assim, a ordem de absorção dos macronutrientes no pendão do milho crioulo foi: $N > Mg > Ca > P > K$. Concentrações menores de P e K, no pendão das cultivares, pode ter sido consequência do comportamento dessas frente ao aumento da dose de efluente da piscicultura (Figura 24).

Tabela 15 – N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Cu, Mn e Zn no pendão do milho crioulo, variedades Ibra e Roxo

Cultivares	N	P	K	Na	Ca	Mg	Fe	Cu	Mn	Zn
	-----g kg ⁻¹ -----						-----mg kg ⁻¹ -----			
Ibra	12,47b	0,67b	0,61b	0,47a	1,97a	2,01a	47,80b	4,06a	28,39a	36,78b
Milho Roxo	22,69a	0,93a	0,75a	0,31b	1,37b	1,61b	66,42a	4,56b	30,81a	577,65a
Média	17,58	0,80	0,68	0,39	1,67	1,81	57,11	4,31	29,6	307,22
D.M.S.	3,93	0,15	0,12	0,05	0,24	0,19	12,11	0,90	6,58	28,33

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, conforme o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Ainda com relação ao pendão (Tabela 15) foi verificado que todos os macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg) analisados nas duas variedades estudadas sofreram influência das diferentes porcentagens de efluentes da piscicultura aplicadas à irrigação, sendo que, a cultivar Milho Roxo se sobressaiu na quantificação de N, P e K, e a variedade Ibra demonstrou maiores concentrações de Ca e Mg, além do Na (como elemento benéfico) no pendão.

Quanto os micronutrientes avaliados no pendão (Tabela 15), houve diferença estatística para quase todos os nutrientes nas duas variedades estudadas. Observou-se que a variedade Ibra acumulou maiores concentrações de micronutrientes no pendão, mostrando valores superiores de Fe e Zn.

Já a cultivar Milho Roxo, apresentou teores mais elevados de Cu (Tabela 15). No entanto, as variedades em estudo, não apresentaram diferença estatística no acúmulo de Mn no pendão. Deste modo, a ordem de absorção dos micronutrientes na parte que produz o pólen do milho crioulo foi: Fe>Zn>Mn>Cu.

Observando a grande disparidade dos elementos analisados no pendão nas duas variedades do milho crioulo, pode-se deduzir que o pendão é um órgão bastante vulnerável a mudanças que ocorrem durante o ciclo da cultura.

5.7 VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS

Para todas as variáveis fisiológicas avaliadas houve interação significativa entre os fatores proporções de efluente da piscicultura e cultivares, sendo a condutância estomática (g_s) ao nível de 1% de probabilidade e; fotossíntese líquida (A) e transpiração (E) ao nível de 5% de probabilidade, segundo a análise de variância (Tabela 16).

Tabela 16 - Resumo das análises de variância das variáveis condutância estomática (g_s), fotossíntese líquida (A) e transpiração (E) do milho crioulo, variedades Ibra e Roxo, em função de proporções de efluente da piscicultura na irrigação

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios		
		g_s	A	E
Bloco	2	0,000047 ^{ns}	0,444813 ^{ns}	0,003103 ^{ns}
Efluente (E)	4	0,008981*	210,937688*	2,026780*
Cultivar (C)	1	0,002285*	11,844083*	0,318270*
E * C	4	0,000456**	4,483125*	0,218353*
Resíduo	18	0,000125	0,934865	0,015507
CV (%)		9,10	4,34	5,55

¹ ns; *, **: não significativo; significativo a 5% e significativo a 1%, respectivamente, pelo teste F.

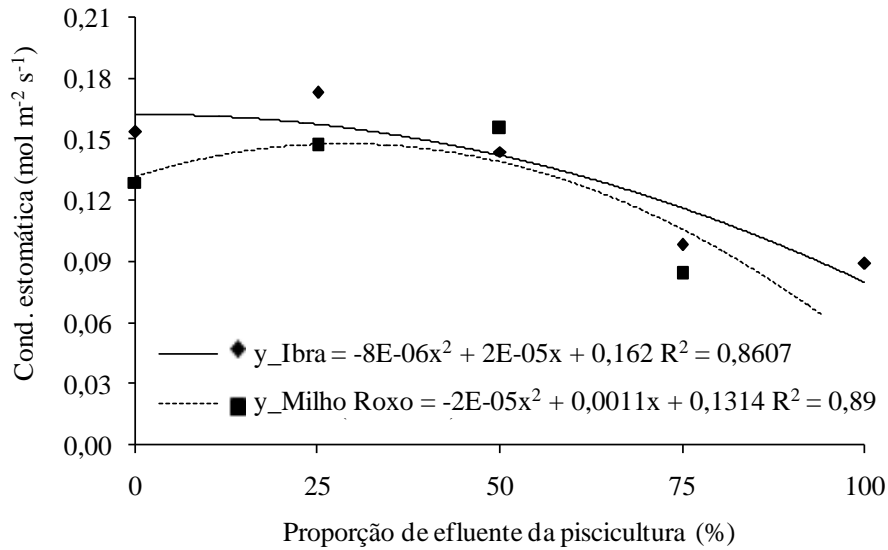
No tocante às avaliações de g_s , A e E , ambas as cultivares de milho crioulo apresentaram comportamento similar, observando-se ajuste quadrático para as três variáveis fisiológicas avaliadas, como pode ser visto nas Figuras 27, 28 e 29. Contudo verificou-se que, com o aumento da dose de efluente da piscicultura, houve uma redução significativa dessas variáveis a partir de 25% de adição do efluente.

De acordo com Azevedo Neto e Tabosa (2000), o milho (*Zea mays* L.) é uma planta que apresenta baixo ponto de compensação de CO₂, alta taxa fotossintética e baixo consumo de água para a formação de matéria fresca.

Foram identificados valores de g_s muito próximos entre as cultivares estudadas, não diferindo estatisticamente entre si (Figura 27). Isto é, a C1 apresentou uma g_s máxima de 0,16 mol m⁻²s⁻¹ e a C2 uma g_s máxima de 0,14 mol m⁻²s⁻¹. Para Larcher (2000), em determinado ambiente, a condutância estomática é influenciada pelo grau de abertura, tamanho, arranjo e densidade dos estômatos.

Segundo Rodrigues (2008), os estômatos são sensíveis ao estado hídrico da folha, tendendo a se fecharem com o decréscimo do potencial da água na folha; da mesma forma, o aumento do potencial da água foliar desencadeia o processo de sua abertura.

Figura 27 - Condutância estomática do milho crioulo, variedades Ibra e Roxo, em função de proporções de efluente da piscicultura na irrigação. Mossoró-RN, 2017



Uma vez que a A e a E estão diretamente relacionadas com a condutância estomática, identificou-se uma resposta semelhante para essas características fisiológicas da planta em função da irrigação com efluente da piscicultura. Para a C1, a A máxima obtida foi $28,01 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ e a C2 apresentou uma A máxima de $26,13 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, de acordo com a Figura 28. Enquanto, a E máxima da C1 foi $2,87 \text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ e C2 obteve uma E máxima de $2,65 \text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ (Figura 29).

Observou-se, de modo geral, uma tendência de redução das variáveis de trocas gasosas nas plantas de milho crioulo em função do aumento da salinidade. Como afirma Munns & Tester (2008), a resposta estomática é, sem dúvida, induzida pelo efeito osmótico do sal em torno da raiz; a transpiração, assim como o potencial de água na folha, são mecanismos importantes para a tolerância da planta à salinidade.

Dentre os processos fisiológicos afetados pela salinidade, se destaca a fotossíntese, que pode ser inibida pelo acúmulo de íons Na^+ e/ou Cl^- nos cloroplastos, os quais afetam os processos bioquímicos e fotoquímicos envolvidos na fotossíntese (TAIZ & ZEIGER, 2009).

Os efeitos do estresse salino sobre a fotossíntese são diretos (como a limitação da difusão de CO_2 através do estômato e do mesofilo e as alterações no metabolismo fotossintético); ou indiretos, tais como, estresse oxidativo devido à imposição de múltiplos estresses, como por exemplo, o estresse hídrico (CHAVES et al., 2009).

Figura 28 - Fotossíntese líquida do milho crioulo, variedades Ibra e Roxo, em função de proporções de efluente da piscicultura na irrigação. Mossoró-RN, 2017

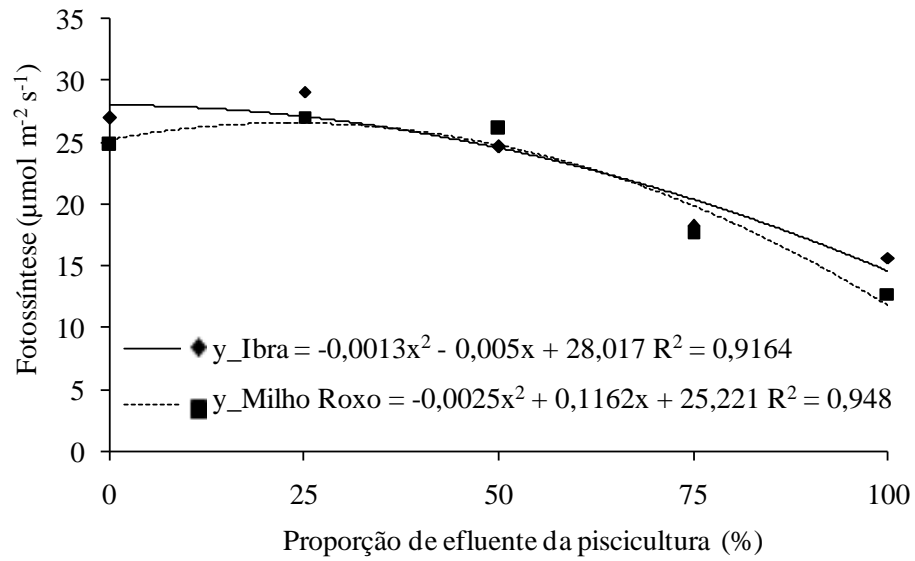
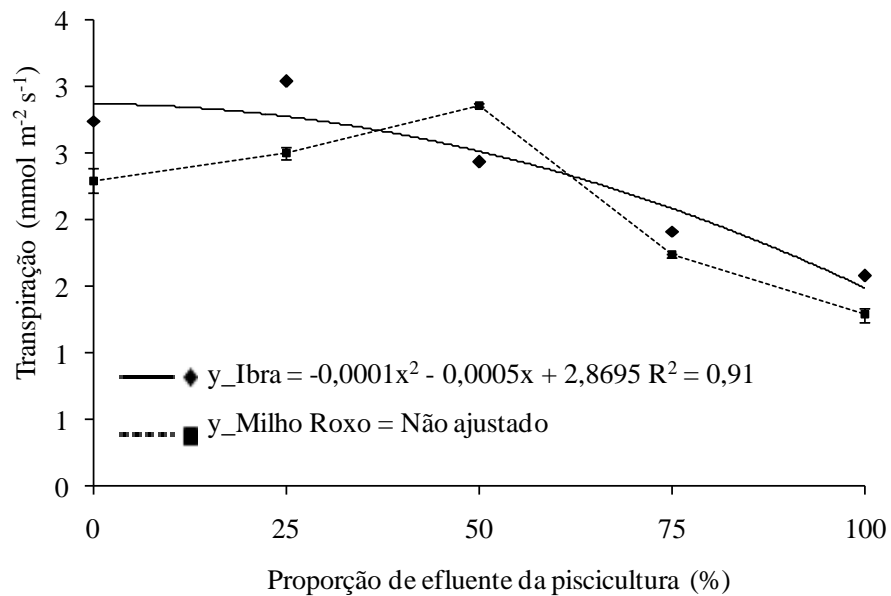


Figura 29 - Transpiração do milho crioulo, variedades Ibra e Roxo, em função de proporções de efluente da piscicultura na irrigação. Mossoró-RN, 2017



6 CONCLUSÕES

O cultivo das variedades de milho crioulo, Ibra e Milho Roxo, com efluente de piscicultura na irrigação mostrou-se viável, sendo uma alternativa para tratamento e disposição final adequada para esse resíduo líquido, além de constituir uma forma de economizar os recursos hídricos de boa qualidade e minimizar a poluição ambiental ocasionada pelo mesmo.

Os teores de macro e micronutrientes nas cultivares de milho crioulo, Ibra e Milho Roxo, em função de doses crescentes de efluente da piscicultura na parte aérea da planta (folhas, colmo e pendão) ficaram abaixo do que a literatura considera apropriado para a cultura do milho, entretanto, os valores de referência, geralmente, são baseados em cultivares híbridas de milho.

As cultivares de milho crioulo apresentam diferenças fisiológicas quando comparadas às cultivares híbridas e há poucos estudos sobre sua responsividade à fertilização. Assim, os valores de referência sobre os teores de nutrientes adequados para a cultura do milho disponíveis na literatura podem não ser aplicáveis adequadamente quando comparados com as cultivares crioulas.

REFERÊNCIAS

ABER, S.; SALARI, D.; PARSA, M. R. Employing the Taguchi method to obtain the optimum conditions of coagulation-flocculation process in tannery wastewater treatment. **Chemical Engineering Journal**, v. 162, n. 1, p. 127–134, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.cej.2010.05.012>>.

ABREU, L.; CANSI, E.; JURIATTI, C. Avaliação do rendimento sócio-econômico de variedades crioulas e híbridos comerciais de milho na microrregião de Chapecó. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.2, n.1, p.1230-1233, 2007.

AL-RAWAHY, S. A.; STROEHLEIN, J. L.; PESSARAKLI, M. Dry matter yield and nitrogen-15, Na⁺, Cl⁻ and K⁺ content of tomatoes under sodium chloride stress. **Journal of Plant Nutrition**, v. 15, n. 3, p. 341-358, 1992.

ALVAREZ V. V. H.; NOVAES, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A.S. **Interpretação dos resultados das análises de solos**. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARAES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5º Aproximação. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 25-32.

ALVES, F. A. L.; SILVA, S. L. F.; LIMA, J. P. S.; SILVEIRA, J. A. G. Efeitos do KCl e CaCl₂ na absorção e transporte de Na em cajueiro exposto a salinidade. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 39, n. 2, p. 287-294, 2008.

ALVES, W. W. A.; AZEVEDO, V. A. V.; DANTAS NETO, J.; LIMA, V. L. A.; SOUSA, J. S. C. Altura da planta do algodoeiro de fibra marrom irrigado com água residuária doméstica tratada. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 4, n. 1, p. 28–32, 2009. Disponível em: <https://www.redib.org/recursos/Record/oai_articulo492065-altura-planta-algodoeiro-fibra-marrom-irrigado-agua-residuaria-domestica-tratada>. Acesso em: 8 mar. 2018.

AMÉRICO, J. H. P.; TORRES, N. H.; MACHADO, A. A.; CARVALHO, S. L. de. Piscicultura em tanques-rede: impactos e consequências na qualidade da água. **Revista Científica ANAP Brasil**, v. 6, p. 137-150, 2013.

ANA – Agência Nacional de Águas (Brasília). **Conservação e reuso da água em edificações**. 2005. Disponível em: Acesso em: 16 abr. 2018.

APSE, M.; BLUMWALD, E. Na⁺ transport in plants. **FEBS Letters**, v. 581, n. 12, p. 2247-2254, 2007.

ASA – Articulação do Semiárido (Recife). **Programa um milhão de cisternas leva água e melhora qualidade de vida da população do semiárido brasileiro**. 2014. Disponível em: Acesso em: 16 mar. 2018.

ASHLEY, M. K.; GRANT, M.; GRABOV, A. Plant responses to potassium deficiencies: A role for potassium transport proteins. **Journal of Experimental Botany**, v. 57, n. 2, p. 425-436, 2006.

AVAULT, J.W. **Fundamentals of aquaculture: a step by step guide to commercial aquaculture**. Baton Rouge: AVI Publishing Co., 1996.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Tradução de GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F.; DAMASCENO, F. A. V. 2.ed. Campina Grande: UFPB, (Estudos FAO Irrigação e Drenagem, 29), 1999. 153p.

AZEVEDO NETO, A.D.; TABOSA, J.N. Estresse salino em plântulas de milho: Parte II distribuição dos macronutrientes catiônicos e suas relações com o sódio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 2, p.165-171, 2000.

AZEVEDO, M. R. de Q. A.; KÖNIG, A.; BELTRÃO, N. E. de M.; AZEVEDO, C. A. V. de; TAVARES, T. de L.; SOARES, F. A. L. Efeito da irrigação com água residuária tratada sobre a produção Effect of irrigation with treated wastewater on production of forage corn. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 2, n. 1, p. 63–68, 2007.

BAR, Y.; APELBAUM, A.; KAFKAFI, U.; GOREN, R. Relationship between chloride and nitrate and its effect on growth and mineral composition of avocado and citrus plants. **Journal of Plant Nutrition**, v. 20, n. 6, p. 715-731, 1997.

BASTOS, R. K. X.; BEVILACQUA, P. D.; SILVA, C. A. B.; DORNELAS, F. L.; ASSUNÇÃO, F. A. L. de; RIOS, E. N.; SILVA, A. F. S.; FREITAS, A. S. de; COSTA, G. S. Tratamento de esgotos sanitários e usos múltiplos de efluentes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, (Suplemento), p.164-170, 2005.

BAUMGARTNER, D.; SAMPAIO, S. C.; SILVA, T. R. da; TEO, C. R. P. A.; VILAS BOAS, M. A. Reúso de águas residuárias da piscicultura e da suinocultura na irrigação da cultura da alface. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 1, p. 152–163, 2007.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 6. ed. Viçosa: UFV, 1995.

BEVERIDGE, M. C. M.; PHILLIPS, M. J. **Environmental impact of tropical inland aquaculture**. In: PULLIN, R. S. V.; ROSENTHAL, H.; MACLEAN, J. L. (Eds.) Environment and aquaculture in developing countries. Metro Manila, Philippines: International Center for Living Aquatic Resources Management, 1993. p.213-236.

BEVILAQUA, G.A.P.; ANTUNES, I.F. **Agricultores guardiões de sementes e o desenvolvimento in situ de cultivares crioulas**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica. Campina Grande: Embrapa Clima Temperado. 2008. 4p.

BILLARD, R.; SERVIRIN-REYSSAC, J. **Les impacts négatifs et positifs de la pisciculture détang sur l'environnement**. In.: BARNABÉ, G.; KESTEMONT, P. Production, Environment and Quality. European Aquaculture Society Special Publication, v.18, p.17-29, 1992.

BISOGNIN, D.A.; CIPRANDI, O.; COIMBRA, J.L.M. GUIDOLIN, A.F. Potencial de variedades de polinização aberta de milho em diferentes condições adversas de ambiente. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, n.3, p.29-34, 1997.

BORGES, M. T.; SILVA, P.; MOREIRA, L.; SOARES, R. Integration of consumer-targeted microalgal production with marine fish effluent biofiltration - A strategy for mariculture sustainability. **Journal of Applied Phycology**, v. 17, n. 3, p. 187–197, 2005.

BOYD, C. E.; QUEIROZ, J. Feasibility of retention structure, settling basins and Best management practices in effluent rregulation for Alabama channel catfish farming. **Reviews in Fisheries Science**, v.9, n.2, p.43-67, 2001.

BRANDENDURG, A.; FERREIRA, A. D. D.; FLORIANI, D.; SILVA, O. H. **Ruralidades e questões ambientais**: estudo sobre estratégias, projetos e políticas. In: PINHEIRO, G. S. R. Agricultor familiar e projeto agroecológico de vida. Brasília - MDA, 2007. Cap.3, p. 87-109.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm>. Acesso em: 02 mai. 2018.

_____. **Resolução CONAMA nº 237**, de 19 de dezembro de 1997. Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA_RES_CONS_1997_237.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2018.

_____. **Resolução CONAMA nº 357**, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Alterada pelas Resoluções nº 370, de 2006, nº 397, de 2008, nº 410, de 2009, e nº 430, de 2011. Complementada pela Resolução nº 393, de 2009. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 21 ago. 2018.

_____. **Resolução CONAMA nº 413**, de 26 de julho de 2009. Dispõe sobre o licenciamento ambiental da aquicultura, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=608>>. Acesso em: 21 ago. 2018.

BREGA FILHO, D.; MANCUSO, P. C. **Conceito de reuso de água**. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. dos (Ed.). Reuso de águas. Barueri: Manole, 2003. Cap. 2, p. 21-36.

CABANERO, F. J., MARTINEZ, V., CARVAJAL, M. Does calcium determine water uptake under saline conditions in pepper plants, or is it water flux, which determines calcium uptake. **Plant Science**, v.166, p.443-450, 2004.

CARMO, D. L.; NANNETTI, D. C.; LACERDA, T. M.; NANNETTI, A. N.; SANTOS, D. J. E. Micronutrientes em solo e folha de cafeeiro sob sistema agroflorestal no Sul de Minas Gerais. **Coffee Science**, v. 7, n. 1, p. 76-83, 2012.

CARPENTIERI-PÍPOLO, V. et al. Avaliação de cultivares de milho crioulo em sistema de baixo nível tecnológico. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.32, n.2, p. 229-232, 2010.

CARPENTIERI-PÍPOLO, V.; SOUZA, A de; SILVA, D. A da; BARRETO, T. P.; GARBUGLIO, D. D.; FERREIRA, J. M. Avaliação de cultivares de milho crioulo em sistema de baixo nível tecnológico. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.32, n.2, p. 229-233, 2010.

CARVALHO, N. L.; HENTZ, P.; SILVA, J. M.; BARCELLOS, A. L. Reutilização de águas residuárias. **Revista Monografias Ambientais - REMOA**, v. 14, n. 2, p. 3164–3171, 2014.

CASTRO, R. S.; AZEVEDO, C. M. S. B.; BARBOSA, M. R. Efeitos de efluente de viveiro de piscicultura e de água de poço na irrigação do tomate cereja, cultivado em diferentes níveis de adubação orgânica. **Revista Ciência Agronômica**, v.36, n.3, p. 396-399, 2005.

CATÃO, H.C.R.M.; COSTA, F.M.; VALADARES, S.V.; DOURADO, E.R.; BRANDÃO JUNIOR, D.S.; SALES, N.L.P. Qualidade física, fisiológica e sanitária de sementes de milho crioulo produzidas no norte de Minas Gerais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 10, p.2060-2066, 2010.

CATÃO, H.C.R.M.; MAGALHÃES, H.M.; SALES, N.L.P.; BRANDÃO JUNIOR, D.S.; ROCHA, F.S. Incidência e viabilidade de sementes crioulas de milho naturalmente infestadas com fungos em pré e pós-armazenamento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 5, p.764-770, 2013.

CECCARELLI, S. Specific adaptation and breeding for marginal conditions. **Euphytica**, v. 77, n. 3, p. 205-219, 1994.

COELHO, Antônio Marcos et al. **Agência Embrapa de Informação Tecnológica: Árvore do conhecimento Milho**. 2018. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_47_168200511159.html>. Acesso em: 02 mai 2018.

COLT, J. Aquacultural production systems. **Journal of Animal Science**, v.69, p.4183-4192, 1991.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: Sexto levantamento**. Brasília: CONAB, 2017. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_03_14_15_28_33_boletim_graos_marco_2017bx.pdf>. Acesso em: 06 abr. 2017.

COSTA, F. X.; LIMA, V. L. A. de; BELTRÃO, N. E. de M.; AZEVEDO, C. A. V. de; SOARES, F. A. L.; ALVA, I. D. M. de. Efeitos residuais da aplicação de biossólidos e da irrigação com água residuária no crescimento do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 6, p. 687–693, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662009000600004&lng=pt&tlng=pt>.

COSTA, M. S.; COSTA, Z. V. B. da; ALVES, S. M. C.; FERREIRA NETO, M.; MARINHO, M. J. C. Avaliação nutricional do milho cultivado com diferentes doses de efluente doméstico tratado. **Irriga**, Botucatu, Edição Especial, p. 12 - 26, 2012.

COSTA, Z. V. B. da; GURGEL, M. T.; COSTA, L. R.; ALVES, S. M. C.; NETO, M. F.; BATISTA, R. O. Efeito da aplicação de esgoto doméstico primário na produção de milho no assentamento Milagres (Apodi-RN). **Revista Ambiente e Água**, v. 9, n. 4, p. 738–751, 2014.

CRAMER, G.R.; ALBERICO, G.J.; SCHMIDT, C. Salt tolerance is not associated with the sodium accumulation of two maize hybrids. **Australian Journal of Plant Physiology**, v. 21, p. 675-692, 1994.

CRUZ, J. C. et al. **Produção de milho na agricultura familiar**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. 42 p. (Circular Técnica, 159).

CUNHA, T. E.; MIRANDA, D. A. Estudo de alternativas para abastecimento de água para consumo humano no município de Belo Horizonte (MG). **Revista Petra**, v. 1, n. 2, p. 239-260, 2015.

CYRINO, J. E. P.; BICUDO, Á. J. D. A.; SADO, R. Y. et al. A piscicultura e o ambiente: o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.68-87, 2010.

DA SILVA, M. C.; DE CASTRO, F. J. V.; CAVALCANTI, M. D. F.; DA FONSÊCA-GENEVOIS, V. *Spirinia lara* sp. n. and *Spirinia sophia* sp. n. (Nematoda, Desmodoridae) from the Brazilian continental margin (Campos Basin, Rio de Janeiro). **Zootaxa**, n. 2081, p. 31–45, 2009.

DELWING, A. B.; FRANKE, L.B.; BARROS, I.B.I. Qualidade de sementes de acessos de melão crioulo (*Cucumis melo* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.29, n.2, p.187-194, 2007.

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

DIAS, N. S.; BLANCO, F. F. **Efeitos dos sais no solo e na planta**. HANS RAJ GHEYI, NILDO DA SILVA DIAS, CLAUDIVAN FEITOSA DE LACERDA (Editores). Manejo da salinidade na agricultura: Estudo básico e aplicados. Fortaleza, INCT Sal, 2010. p. 129-140.

DUARTE, A. S. **Reuso de água residuária tratada na irrigação da cultura do pimentão (*Capsicum annun* L.)**. 2006. 187f. Tese de Doutorado, Doutorado em Agronomia - Área de concentração em Irrigação e Drenagem, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

DURÃES, F. O. M. et al. Fatores ecofisiológicos que afetam o comportamento do milho em semeadura tardia (safrinha) no Brasil Central. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 52, n. 3, p.491-501, 1995.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627p.

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

FARIAS, S. G. G. **Estresse osmótico na germinação, crescimento e nutrição mineral de glicirídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.))**. 61f. (Dissertação – Mestrado) Universidade Federal de Campina Grande, 2008.

FIGUEIRÊDO, V. B. Evapotranspiração, crescimento e produção da melancia e melão irrigados com águas de diferentes salinidades. Botucatu: UNESP. 2008. **Tese Doutorado**.

GALVÃO, J. C. C.; BORÉM, A., PIMENTEL, M. A. (Ed.). **Milho: do plantio à colheita**. Viçosa: Editora UFV, 2015. p. 09-25.

GARCIA, G. O.; FERREIRA, P. A.; MIRANDA, G. V.; NEVES, J. C. L.; MORAES, W. B.; SANTOS, D. B. Teores foliares dos macronutrientes catiônicos e suas relações com o sódio em plantas de milho sob estresse salino. **Idesia**, v. 25, n. 3, p. 93-106, 2007.

GARCÍA, M. C. **Experiências brasileiras com sementes crioulas**. 2004. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/5108491-Experiencias-brasileiras-com-sementes-crioulas-relato-de-uma-viagem-bio-diversa.html>>. Acessado em: 14.09.2016.

GHEYI, H. R.; DIAS, N. da S.; LACERDA, C. F. de. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. In: MEDEIROS, J. F. de; NASCIMENTO, I. B. do; GHEYI, H. R. Fortaleza – CE: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, 2010. Cap.16, p.280-302.

GIUNTI, O. D. **Parâmetros agronômicos e bromatológicos de variedades de milho grão e silagem em sistema orgânico**. 2016. 67p. Dissertação (Mestrado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural). Universidade Federal de São Carlos, UFSCar, São Carlos, 2016.

GRATTAN, S. R.; GRIEVE, C. M. Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. **Scientia Horticulturae**, v.78, p. 127-157,1999.

GRIGULO, A. S. M. et al. Avaliação do desempenho de genótipos de milho para consumo in natura em Tangará da Serra, MT, Brasil. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 4, p. 603-608, 2011.

GUERRERO-CABRERA, L.; RUEDA, J. A.; GARCÍA-LOZANO, H.; NAVARRO, A. K. Cultivation of *Monoraphidium* sp., *Chlorella* sp. and *Scenedesmus* sp. algae in Batch culture using Nile tilapia effluent. **Bioresource Technology**, v. 161, p. 455–460, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2014.03.127>>.

GUIMARÃES, M. J. M.; SIMÕES, W. L.; SALVIANO, A. M.; WILLADINO, L. G.; LOPES, I.; GALVÃO, K. de S. Teores de micronutrientes em plantas de sorgo forrageiro irrigadas com efluente salino de piscicultura. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 10, n. 3, p. 687 - 694, 2016.

GURGEL, M. T.; GHEYI, H. R.; OLIVEIRA, F. H. T.; FERNANDES, P. D.; SILVA, F. V. Nutrição de cultivares de meloeiro irrigadas com águas de baixa e alta salinidade. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 5, p.36-43, 2008.

HARDON, J. J.; BOEF, W. S. **Linking farmers and plant breeders in local crop development**. In: BOEF, W. S. de; AMANOR, K.; WELLARD, K.; BEBBINGTON, A. (Ed.). *Cultivating knowledge. Genetic diversity, farmers experimentation and crop research*. London: Intermediate technology Publications, 1993. p. 64-71.

HENDRICKS, R. C.; BUSHNELL, D. M. Halophytes, algae and bacteria food and fuel feedstocks. **National Aeronautics and Space Administration/ NASA**: Washington, TM-215294, 2009, 45p.

HESPANHOL, I. **Potencial de reúso de água no Brasil: Agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos**. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. Reúso de água. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública/Universidade de São Paulo, 2003. p.37-95.

HUSSAR, G.J.; PARADELA, A.L.; SAKAMOTO, Y.; JONAS, T.C.; ABRAMO, A.L. Aplicação da água de escoamento de tanque de piscicultura na irrigação da alface: aspectos nutricionais. **Revista Ecossistema**, v.27, p.49-56, 2002.

IDEMA – Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente. **Perfil do seu município**: Mossoró. Natal, v. 10, p. 1-24, 2008. Disponível em: <<http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/idema/DOC/DOC000000000013950.PDF>>. Acesso em: 15 de ago. de 2016.

KESSLER, N. C. H.; SAMPAIO, S. C.; SORACE, M.; LUCAS, S. D.; PALMA, D. Swine wastewater associated with mineral fertilization on corn crop (*Zea mays*). **Engenharia Agrícola**, v. 34, n. 3, p. 554-566, 2015.

KHAN, M. A.; ANSARI, R.; ALI, H.; GUL, B.; NIELSEN, B. L. Panicum turgidum, a potentially sustainable cattle feed alternative to maize for saline areas. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 129, n. 4, p.542-546, 2009.

KILIÇ, E.; FONT, J.; PUIG, R.; ÇOLAK, S.; ÇELIK, D. Chromium recovery from tannery sludge with saponin and oxidative remediation. **Journal of Hazardous Materials**, v. 185, n. 1, p. 456–462, 2011.

LACERDA, P. M. de; RODRIGUES, R. F.; JUNIOR, H. A. N.; MALAFAIA, G.; RODRIGUES, A. S. de L. Influência da irrigação com águas residuárias no desenvolvimento de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*). **Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient**, v. 9, n. 2, p. 159–168, 2011.

LANDAU, Elena Charlotte et al. **Agência Embrapa de Informação Tecnológica: Árvore do conhecimento Milho**. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_17_168200511157.html>. Acesso em: 02 mai 2018.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. ed. RiMa Artes e Textos, São Carlos, 2000. 531 p.

- LAUCHI, A.; EPSTEIN, E. Mechanisms of salt tolerance in plants. **California Agriculture**, v. 38, n. 10, p.18-21. 1984.
- LEA-COX, J. D.; SYVERTSEN, J. P. Salinity reduces water use and nitrate-N-use efficiency of citrus. **Annals of Botany**, v. 72, n. 1, p. 47- 54, 1993.
- LEITE, S.; HEREDIA, B.; MEDEIROS, L.; PALMEIRA, M.; CINTRÃO, R. **Impactos dos assentamentos: um estudo sobre o meio rural brasileiro**. São Paulo: Edunesp, 2004.
- LI, X.; YU, K. The research of intelligent Decision Support system based on Case-based Reasoning in the Railway Rescue Command System. **2010 International Conference on Intelligent Control and Information Processing**, p. 59–63, 2010. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=5564269>>.
- LIMA, D. C.; CHAVES, M.; LIMA, A. D.; LIMA, D. L. Reuso de água para a irrigação: uma abordagem reflexiva. In: COLÓQUIO SOCIEDADE, POLÍTICAS PÚBLICAS, CULTURA E DESENVOLVIMENTO, 2., 2012, Crato-Ceará. **Gestão do território, políticas locais e desenvolvimento sustentável**. Crato-Ceará: Universidade Regional do Cariri - Urca, 2012. p. 1 - 18.
- LIMA, L. A.; GRISMER, M. E. Application of fracture mechanics to cracking of saline soils. **Soil Science**, v. 158, n. 2, 1994.
- LIMA, S. A. K. **Agricultura familiar, sustentabilidade e desenvolvimento: um estudo sobre os avanços, dilemas e perspectivas da UNAIC – União das Associações Comunitárias do Interior de Canguçu (RS)**. 2009. 140f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Rural). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Porto Alegre, 2009.
- LUCENA, C. C.; SIQUEIRA, D. L.; MARTINEZ, H. E. P.; CECON, P. R. Efeito do estresse salino na absorção de nutrientes em mangueira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 1, p. 297-308, 2012.
- MACEDO, C. F.; SIPAÚBA-TAVARES, L. H. **Eutrofização e qualidade da água na piscicultura: consequências e recomendações**. Boletim do Instituto de Pesca, v.36, n.2, p.149-163, 2010.
- MACHADO, A. T.; MACHADO, C. T. de T. **Manejo da diversidade genética de milho em sistemas agroecológicos**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2009. 94 p.
- MADEIRA, C. A.; PEÑA, M. R.; MARA, D. D. Microbiological quality of a waste stabilization pond effluent used for restricted irrigation in Valle Del Cauca, Colombia. **Water Science and Technology**, v.45, n.1, p.139-143, 2002.
- MALAFAIA, G.; ARAÚJO, F. G. de; LEANDRO, W. M.; RODRIGUES, A. S. de L. Teor de nutrientes em folhas de milho fertilizado com vermicomposto de lodo de curtume e irrigado com água residuária doméstica. **Revista Ambiente e Água**, v. 11, n. 4, p. 800–809, 2016a.
- MALAFAIA, G.; DE ARAÚJ, F. G.; DA COSTA ESTRELA, D.; GUIMARÃES, A. T. B.; LEANDRO, W. M.; DE LIMA RODRIGUES, A. S. Corn production in soil containing in

natura tannery sludge and irrigated with domestic wastewater. **Agricultural Water Management**, v. 163, p. 212–218, 2016b. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2015.09.018>>.

MALAFAIA, G.; RODRIGUES, A. S. de L.; ARAÚJO, F. G. de; LEANDRO, W. M. Crescimento de plantas de milho em solo acrescido de vermicompostos de lodo de curtume e irrigado com água residuária de esgoto doméstico. **Revista Ambiente e Água**, v. 10, n. 4, p. 848–862, 2015.

MANSOUR, M. M. F. 2003. Transport proteins and salt tolerance in plants. **Plant Science**, v.164, p.891-900, 2003.

MCLARNEY, W. **Freshwater aquaculture**. Point Roberts, WA: Hartley & Marks Publishers, 1998.

MEDEIROS, D. C. de; AZEVEDO, C. M. da S. B.; MARQUES, L. F.; SOUSA, R.; OLIVEIRA, C. J. Qualidade de mudas de tomate em função do substrato e irrigação com efluente de piscicultura. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.8, p.170-175, 2013.

MEDEIROS, J. F. de. **Manejo da água de irrigação salina em estufa cultivada com pimentão**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1998. 152p. Tese Doutorado

MEDEIROS, J. F. de; LISBOA, R. de A.; OLIVEIRA, M. de. Caracterização das águas subterrâneas usadas para irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, p.469-472, 2003.

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. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v11n3/a02v11n3.pdf>>. Acesso em: 16 de ago. de 2016.

MEDEIROS, S. S.; SOARES, A. A.; FERREIRA, P. A.; SOUZA, J. A. A.; SOUZA, J. A.; MATOS, A. T. Comportamento dos atributos químicos do solo em resposta à aplicação de água residuária de origem doméstica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9 (suplemento), p.268-273, 2005a.

MENDES, P. E. F.; BASTOS, R. G.; SOUZA, C. F. Efluente tratado na agricultura: aspectos agrônômicos e sanitários no cultivo do rabanete. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.10, p.428-438, 2016.

MENEGUETTI, G. A.; GIRARDI, J. L.; REGINATTO, J. C. Milho crioulo: tecnologia viável e sustentável. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre, v. 3, n. 1, 2002. Disponível em: <[http://www.revista_agroecologia_ano3_num1_parte05_relato%20\(1\).pdf](http://www.revista_agroecologia_ano3_num1_parte05_relato%20(1).pdf)>. Acesso em: 17 de ago. de 2016.

MIN, J.; ZHAO, X.; SHI, W. M.; XING, G. X.; ZHU, Z. L. Nitrogen Balance and Loss in a Greenhouse Vegetable System in Southeastern China. **Pedosphere**, v. 21, n. 4, p. 464–472, 2011. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S1002-0160\(11\)60148-3](http://dx.doi.org/10.1016/S1002-0160(11)60148-3)>. Acesso em: 02

jan. de 2016.

MOHR, H.; SCHOPFER, P. **Plant physiology**. Berlin: Springer- Verlag, 1995. 629p.

MONTEIRO, D. R.; SILVA, T. T. S.; SILVA, L. V. B. D.; LIMA, V. L. A.; SANTOS, C. L. M.; PEARSON, H. W. Efeito da aplicação de efluente doméstico tratado nos teores de micronutrientes no solo. **Irriga**, Botucatu, p. 40-46, 2014. Disponível em: <file:///C:/Users/LASAP-02/Downloads/1682-5438-1-PB.pdf>. Acesso em: 07 mai 2018.

MÜLLER, A. G.; BERGAMASCHI, H.; BERGONCI, J. I.; RADIN, B.; FRANÇA, S.; SILVA, M. I. G. da. Estimativa do índice de área foliar do milho a partir da soma de graus-dia. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 65-71, 2005.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, Cell and Environment**, v.25, p.239-250, 2002.

MUNNS, R.; JAMES, R. A. Screening methods for salinity tolerance: a case study with tetraploid wheat. **Plant Soil**, v.253, n.02, p.201-218, 2003.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v. 59, p. 651-681, 2008.

NASCIMENTO, M. B. H. do; LIMA, V. L. A. de; AZEVEDO, C. A. V. de; SOUZA, A. P. de. PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO CULTIVADO COM MAMONA , IRRIGADO COM. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 4, n. 1, p. 08–15, 2009.

NEGRI, V. Landraces in central Italy: where and why they are conserved and perspectives for their on-farm conservation. **Genetic Resources and Crop Evolution**. Holanda, v. 50, n. 8, p. 871–885, 2003.

NEVES, O.S.C.; CARVALHO, J.G.; RODRIGUES, C.R. Crescimento e nutrição mineral de mudas de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) submetidas a níveis de salinidade em solução nutritiva. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 1, p.997-1006, 2004.

NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; SOARES, F. A. L.; ANDRADE, L. O. de; NASCIMENTO, E. C. S. Production of the sunflower under different depths of irrigation using domestic effluents and organic manure Produção do girassol sob diferentes lâminas com efluentes domésticos e adubação orgânica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 7, p. 747–754, 2010.

OLIVEIRA, E. G. de; SANTOS, F. J. de S. Piscicultura e os desafios de produzir em regiões com escassez de água. **Ciência Animal** (Edição Especial), v. 25, n. 1, 133-154, 2015.

OLIVEIRA, E. G.; SANTOS, F. J. S. Conservação e uso racional de água: Integração aquíicultura-agricultura. In: MEDEIROS, S. S.; GHEYI, H. R.; GALVÃO, C. O.; PAZ, OLIVEIRA, E. L. de. **Manual de utilização de águas residuárias em irrigação**. 1ª ed. Botucatu: Fepaf, 2012. 192 p.

OLIVEIRA, E. M. de. **Reuso da água como recurso hídrico: oportunidades e necessidade de regulamentação.** São Paulo. 2012. Disponível em: Acesso em: 20 mar. 2015.

OLIVEIRA, H. do V. de; BEZERRA NETO, F.; AZEVEDO, C. M. da S. B.; LIMA, C. B.; GURGEL, G. C. de S. Alterações nas características químicas de um Argissolo Vermelho-Amarelo irrigado com efluente de piscicultura, em ambiente protegido. **Revista Agro@mbiente On-line**, v.3, n.1, p.9-14, 2009.

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.

PAULUS, D. et al. Produção e indicadores fisiológicos de alface sob hidroponia com água salina. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 1, p. 29-35, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-05362010000100006&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 16 de ago. de 2016.

PELWING, A.B.; FRANK, L.B.; BARROS, I.I.B. **Sementes crioulas: o estado da arte no Rio Grande do Sul.** Rer, Piracicaba, v.46, n.2, p.391-420, 2008.

PESSARAKLI, M. Dry matter yield, nitrogen-15 absorption, and water uptake by green bean under sodium chloride stress. **Crop Science**, v. 31, n.6, p. 1633-1640, 1991.

PRIOR, M.; SAMPAIO, S. C.; NÓBREGA, L. H. P.; DIETER, J.; COSTA, M. S. S. M. Estudo da associação de água residuária de suinocultura e adubação mineral na cultura do milho e no solo. **Engenharia Agrícola**, v. 35, n. 4, p. 744-755, 2015.

PRIOR, M.; SAMPAIO, S. C.; NÓBREGA, L. H. P.; DIETER, J.; COSTA, M. S. S. M. Estudy of association between swine wastewater and chemical fertilizer in corn and soil| Estudo da associação de água residuária de suinocultura e adubação mineral na cultura do milho e no solo. **Engenharia Agrícola**, v. 35, n. 4, p. 744-755, 2015.

RANNO, S. K. et al. Capacidade de adsorção de fósforo em solos de várzea do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, n.1, p. 21-28, 2007.

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.

REBOUÇAS, J. R. L.; DA SILVA DIAS, N.; DA SILVA GONZAGA, M. I.; GHEYI, H. R.; DE SOUSA NETO, O. N. Crescimento do feijão-caupi irrigado com água residuária de esgoto doméstico tratado. **Revista Caatinga**, v. 23, n. 1, p. 97-102, 2010.

RELIGA, P.; KOWALIK, A.; GIERYCZ, P. Application of nanofiltration for chromium concentration in the tannery wastewater. **Journal of Hazardous Materials**, v. 186, n. 1, p. 288-292, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2010.10.112>>.

- RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Campina Grande: UFPB, 2000. 117p. Estudos FAO Irrigação e Drenagem, 48.
- RIBEIRO, E.A.; SANDRI, D.; BOÊNO, J.A. Qualidade da água de córrego em função do lançamento de efluente de abate de bovino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, p.425–433, 2013.
- RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: United States Department of Agriculture, 1954. 160 p. (Agriculture Handbook, 60).
- RODRIGUES, L. N. Níveis de reposição da evapotranspiração da mamoneira irrigada com água residuária. Campina Grande: UFCG, 2008. 161f. **Tese** (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande.
- 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**, Cruz Alta, v. 2, n. 2, p. 808-811, 2007.
- RUSSO, D.; BRESLER, E. Soil-water-suction relationships as affected by soil solution composition and concentration. p. 287-296. In: BANIN, A.; KAFKAFI, U. (ed.). **Agrochemicals in Soils**. New York: Pergamon Press. 1980. 448p.
- SANTOS, E. S. dos; MOTA, S.; SANTOS, A. B. dos; MONTEIRO, C. A. B.; FONTENELE, R. M. M. Avaliação da sustentabilidade ambiental do uso de esgoto doméstico tratado na piscicultura. *Eng Sanit Ambient*, v.16, p. 45-54, 2011.
- SCHOSSLER, T. R.; MACHADO, D. M.; ZUFFO, A. M.; ANDRADE, F. R.; PIAULINO, A. C. Salinidade: efeitos na fisiologia e na nutrição mineral de plantas. **Enciclopédia Biosfera**, v.8, n.15, p.1563-1578, 2012.
- SHELL, E. W. **The development of aquaculture: an ecosystem perspective**. Auburn: Auburn University; Alabama Agricultural Experiment Station, 1993.
- SILVA, A. S. da; LAIME, E. M. O.; SOUZA, R. N.; SOUTO FILHO, L. T.; OLIVEIRA, D. C. de S. Caracterização de plantas de milho na absorção de nutrientes e metais pesados pós submissão à irrigação com efluentes. **Revista Educação Agrícola Superior**, Brasília, v.27, n.2, p.141-145, 2012.
- SIMÕES, W.L.; YURIL, J.E.; GUIMARÃES, M.J.M.; SANTOS, J.E.; ARAÚJO, E.F.J. Beet cultivation with saline effluent from fish farming. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.20, p.62–66, 2016.
- SNIS. Sistema Nacional Informações sobre Saneamento (Belo Horizonte). **Diagnósticos dos Serviços de Água e Esgotos**. 2011. Disponível em: Acesso em: 20 mar. 2015.
- SOUSA, J. T.; LEITE, V. D. **Tratamento e utilização de esgotos domésticos na agricultura**. 2. ed. Campina Grande: EDUEP; UEPB, 2003.
- SOUZA NETA, L. M.; OLIVEIRA, F. de A. de; SILVA, R. T. da; SOUZA, A. A. T.; OLIVEIRA, M. K. T. de; OLIVEIRA, J. F. de. Efeitos da salinidade sobre o desenvolvimento

de rúcula cultivada em diferentes substratos hidropônicos. **Agro@mbiente Online**, v. 7, n. 2, p. 154–161, 2013.

SPERLING, M. V. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3.ed. [Belo Horizonte]: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG, 2005. v. 1

STEPPUHN, H. Pre-irrigation of a severely-saline soil with in situ water to establish dry land oranges. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, St. Joseph, MI, v.44, p.1543-1551, 2001.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 4nd ed. Sunderland: Sinauer Associates, Inc. Publishers, 2009. 848p.

TEIXEIRA, S. T.; SILVA, L. M. da; PEREZ, D. V.; WADT, P. G. S. Resíduos de curtume e o aproveitamento agrícola. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 11, n. 1, p. 138–143, 2011.

TRINDADE, C. C. **Sementes crioulas e transgênicos**: uma reflexão sobre sua relação com as comunidades tradicionais. 2009. Disponível em http://www.publicadireito.com.br/conpedi/manaus/arquivos/anais/manaus/estado_dir_povos_carina_carreira_trindade.pdf, acesso em 14 de setembro de 2016.

TUNDISI, J. G. **Recursos Hídricos**. Instituto Internacional de Ecologia. São Carlos-SP, 2003. Disponível em: <<http://www.multiciencia.unicamp.br/art03.htm>>. Acesso em: 22 set. 2013.

VALENTI, W. C. **Aquicultura sustentável**. In: CONGRESSO DE ZOOTECNIA, 12., 2002, Vila Real, Portugal, Anais.Vila Real: Associação Portuguesa dos Engenheiros Zootécnicos, 2002, p.111-118.

VAN GENUCHTEN, Martinus Theodorus. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 44, p. 892-898, 1980.

VOGT, G. A. **A dinâmica do uso e manejo de variedades locais de milho em propriedades agrícolas familiares**. 2005. 127f. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais). Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Florianópolis, 2005.

WOLKMER, M. de F. S.; PIMMEL, N. F. Política Nacional de Recursos Hídricos: governança da água e cidadania ambiental. **Revista Sequência**, n.67, p.165-198, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5007/2177-7055.2013v34n67p165>>. Acesso em: 02 mai. 2018.

WU, Y. H.; LI, X.; YU, Y.; HU, H. Y.; ZHANG, T. Y.; LI, F. M. An integrated microalgal growth model and its application to optimize the biomass production of *Scenedesmus* sp. LX1 in open pond under the nutrient level of domestic secondary effluent. **Bioresource Technology**, v. 144, p. 445–451, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2013.06.065>>. Acesso em: 02 mai. 2018.

YARA B. **Histórico**. Porto Alegre: YB, 2018. Disponível em:
<<http://www.yarabrasil.com.br/nutricao-plantas/culturas/milho/>>. Acesso em: 04 mai 2018.

YENSEN, N. P. Halophytes uses for the twenty-first century. **Tasks for vegetation science**, v.40, p.367-396, 2006.

YOSHIDA, K. Plant biotechnology genetic engineering to enhance plant salt tolerance. **Journal Bioscience Bioengineering**, v.94, n.4, p.585-590, 2002.

ZANIBONI FILHO, E. O impacto ambiental de efluentes na piscicultura. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE PEIXES, 3., 1999, Campinas. Anais... Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal. 1999. p.1-14.

ZENG, L., POSS, J., WILSON, C., DRAZ, A. S. E., GRIEVE, C. M. Evaluation of salt tolerance in rice genotypes by physiological characters. **Euphytica**, v.129, p.281-292, 2003.

ZHU, J. K. Plant salt tolerance. **Trends in Plant Science**, v.6, p.66-71, 2001.

ZHU, J. K. Salt and drought stress signal transduction in plants. **Annual Review of Plant Biology**, v.53, p.247-273, 2002.