



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA DO SOLO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO**

MÁRCIO HENRIQUE DA COSTA FREIRE

**ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E DESEMPENHO AGRONÔMICO DA
CULTURA DO MILHO SOB DIFERENTES COMBINAÇÕES DE ADUBAÇÃO
ORGÂNICA E SALINIDADE DA ÁGUA**

FORTALEZA

2021

MÁRCIO HENRIQUE DA COSTA FREIRE

ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E DESEMPENHO AGRONÔMICO DA
CULTURA DO MILHO SOB DIFERENTES COMBINAÇÕES DE ADUBAÇÃO
ORGÂNICA E SALINIDADE DA ÁGUA

Dissertação apresentada a Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo. Área de concentração: Manejo do Solo e da Água.

Orientador: Prof. Dr. Thales Vinicius de Araújo Viana

Coorientador: Prof. Dr. Geocleber Gomes de Sousa

FORTALEZA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

F934a Freire, Márcio Henrique da Costa.

Atributos químicos do solo e desempenho agrônômico da cultura do milho sob diferentes combinações de adubação orgânica e salinidade / Márcio Henrique da Costa Freire. – 2021. 75 f. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Fortaleza, 2021.

Orientação: Prof. Dr. Thales Vinicius de Araújo Viana.

Coorientação: Prof. Dr. Geocleber Gomes de Sousa.

1. Zea mays L.. 2. Fertilizantes orgânicos. 3. Estresse salino. 4. Nutrição. 5. Produtividade. I. Título.

CDD 631.4

MÁRCIO HENRIQUE DA COSTA FREIRE

ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E DESEMPENHO AGRONÔMICO DA
CULTURA DO MILHO SOB DIFERENTES COMBINAÇÕES DE ADUBAÇÃO
ORGÂNICA E SALINIDADE DA ÁGUA

Dissertação apresentada a Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo. Área de concentração: Manejo do Solo e da Água.

Orientador: Prof. Dr. Thales Vinicius de Araújo Viana

Coorientador: Prof. Dr. Geocleber Gomes de Sousa

Aprovado em: 20 / 04 / 2021.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Thales Vinicius de Araújo Viana (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Geocleber Gomes de Sousa (Coorientador)
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)

Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr^a. Krishna Ribeiro Gomes
Programa Nacional de Pós-Doutorado-PNPD (UFC)

A Deus.

Aos meus pais, Anacleto e Maria.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus pelas conquistas até aqui adquiridas.

Agradeço a meus pais, Anacleto e Maria, por tudo que fizeram e fazem por mim, além de meus familiares, especialmente à minha irmã Monaliza, e à minha prima/irmã Mônica, por todo apoio psicológico durante o processo.

À Fazenda Experimental Piroás e à UNILAB pelo apoio técnico e disponibilidade da área para a realização do experimento.

Ao meu orientador, Professor Dr. Thales Vinícius de Araújo Viana, pela confiança, compreensão, parceria e colaboração ao longo desses anos.

Ao meu coorientador e amigo, Professor Dr. Geocleber Gomes de Sousa, por toda a vivência, parceria e imprescindíveis apoio e orientação à pesquisa.

Ao Grupo de Pesquisa em Fertilizantes e Salinidade – BIOSAL, por toda a parceria e ajuda ao longo do experimento.

Aos queridos amigos de pós-graduação Júnior, Lucas Guedes, Jonnathan, Josué, Sharon, Francisco, Gabriel, Carlos, Ícaro e Nilson por todos os momentos vividos e suporte durante esse período.

Aos preciosos amigos de UNILAB, Henderson, Ingryd, Geovana, Max, Andreza Barbosa e Lucas Melo por toda força dada nos momentos difíceis ao longo desses anos.

A todos que fazem parte do Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal do Ceará, na pessoa do professor Dr. Jaedson Cláudio Anunciato Mota, por todo o convívio e suporte dados.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa – CNPq, pelo apoio financeiro à pesquisa.

RESUMO

A cultura do milho é uma das que compõem os três cereais mais produzidos mundialmente e se destaca como recurso alimentício e econômico para muitos agricultores, especialmente para a região Nordeste brasileira. No entanto, o uso de águas de qualidade inferior na irrigação (águas salinas) pode levar a alterações químicas no solo e, conseqüentemente, a reduções no rendimento, sendo necessário aplicar estratégias que possam minimizar os impactos negativos, como, por exemplo, o uso de fertilizantes orgânicos. Diante deste contexto objetivou-se avaliar os atributos químicos do solo e a produtividade da cultura do milho sob irrigação com água salina e adubação orgânica. O estudo foi conduzido em campo, no período de agosto a novembro de 2020, na Fazenda experimental da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), Redenção-CE. O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas, sendo as parcelas 2 níveis de salinidade da água de irrigação (0,8 e 3,0 dS m⁻¹) e as subparcelas 4 combinações de aplicação de fontes de adubos orgânicos: C1 – esterco bovino + biofertilizante de aves + biofertilizante caprino, C2 – esterco bovino + biofertilizante caprino, C3 – esterco bovino + biofertilizante de aves, e C4 – tratamento controle, com quatro repetições. Aos 90 dias após a semeadura (DAS) foram avaliados os atributos químicos do solo (condutividade elétrica e pH da solução do solo, teores de nitrogênio, fósforo, potássio e sódio, porcentagem de sódio trocável e matéria orgânica do solo), massa seca e produtividade (massa seca das folhas, massa seca do colmo e massa seca do pendão, massa seca da espiga com e sem palha, comprimento e diâmetro da espiga sem palha, massa de 100 grãos e produtividade). A irrigação com água de 3,0 dS m⁻¹ altera negativamente os atributos químicos do solo, especialmente com redução do pH e elevação de sódio, porcentagem de sódio trocável e condutividade elétrica do extrato de saturação do solo, além de reduzir a massa seca na planta e afetar negativamente a produtividade de grãos da cultura do milho. As combinações das fontes de adubos orgânicos utilizados não exercem influência sobre o acúmulo de assimilados e produtividade na cultura do milho sob irrigação com água de 3,0 dS m⁻¹, excetuando a C3, que atenua o efeito salino.

Palavras-chave: *Zea mays* L.; fertilizantes orgânicos; estresse salino; nutrição; produtividade.

ABSTRACT

The corn crop is one of the three most produced cereals worldwide and stands out as a food and economic resource for many farmers, especially for the Northeast region of Brazil. However, the use of inferior quality water for irrigation (saline water) can lead to chemical changes in the soil and, consequently, to reductions in yield, being necessary to apply strategies that can minimize the negative impacts, such as, for example, the use of organic fertilizers. Given this context, the objective was to evaluate the chemical attributes of the soil and the productivity of the corn crop under irrigation with saline water and organic fertilization. The study was conducted in the field, from August to November 2020, at the experimental farm of the University of International Integration of Afro-Brazilian Lusophony (UNILAB), Redenção-CE. The design used was that of randomized blocks, in a split-plot scheme, with the plots being 2 levels of salinity of the irrigation water (0.8 and 3.0 dS m⁻¹) and the subplots being 4 combinations of application of water sources. organic fertilizers: C1 - bovine manure + poultry biofertilizer + caprine biofertilizer, C2 - bovine manure + caprine biofertilizer, C3 - bovine manure + poultry biofertilizer, and C4 - control treatment, with four replicates. At 90 days after sowing (DAS) the chemical attributes of the soil were evaluated (electrical conductivity and pH of the soil solution, nitrogen, phosphorus, potassium and sodium levels, percentage of exchangeable sodium and organic matter in the soil), dry mass and yield (dry mass of leaves, dry mass of stalk and dry mass of tassel, mass of ear with and without straw, length and diameter of ear without straw, mass 100 grains and yield). Irrigation with water of 3.0 dS m⁻¹ negatively alters the chemical attributes of the soil, especially with a reduction in pH and elevation of sodium, percentage of exchangeable sodium and electrical conductivity of the soil saturation extract, in addition to reducing the dry mass on the plant and negatively affect the grain yield of the corn crop. The combinations of the sources of organic fertilizers used do not influence the accumulation of assimilates and productivity in the corn crop under irrigation with water of 3.0 dS m⁻¹, except for C3, which attenuates the saline effect.

Keywords: *Zea mays* L.; organic fertilizers; saline stress; nutrition; productivity.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	- Localização geográfica do local do experimento	26
Figura 2	- Croqui do experimento	27
Figura 3	- Semeadura do milho na área experimental	28
Figura 4	- Sistema de irrigação por gotejamento na cultura do milho	29
Figura 5	- Tensiômetro instalado no experimento.....	31
Figura 6	- Reservatórios das águas de irrigação do experimento	31
Figura 7	- Adubos orgânicos utilizados: Esterco bovino (A), Biofertilizante caprino (B) e Biofertilizante de aves (C)	33
Figura 8	- Manejo da aplicação dos fertilizantes: Peneiramento (A), Abertura de galerias (ou sulcos) (B), Aplicação dos biofertilizantes (C), e Aplicação do esterco (D)	35
Figura 9	- Limpeza da superfície do solo para a coleta do solo (A) e acondicionamento das amostras (B)	36
Figura 10	- Divisão das partes da planta de milho em folhas (A), colmo (B) e pendão (C), acondicionamento do material (D) e aferição das massas secas (E e F)	37
Figura 11	- Procedimento de secagem das espigas de milho (A) e determinação da massa da espiga com (B) e sem palha (C), diâmetro (D) e comprimento da espiga (E).....	38
Figura 12	- Determinação da massa média (A) e massa de 100 grãos (B)	39
Figura 13	- Teores de nitrogênio em solo sob irrigação com água salina e combinações de adubação orgânica	41
Figura 14	- Teores de fósforo em solo sob irrigação com água salina e combinações de adubação orgânica	42
Figura 15	- Teores de potássio em solo sob irrigação com água salina e combinações de adubação orgânica	44

Figura 16	- Teores de sódio em solo sob irrigação com água salina	45
Figura 17	- Potencial hidrogeniônico (pH) de solo sob irrigação com água salina e combinações de adubação orgânica	46
Figura 18	- Condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) de solo sob irrigação com água salina e combinações de adubação orgânica	48
Figura 19	- Porcentagem de sódio trocável (PST) de solo sob irrigação com água salina	49
Figura 20	- Matéria orgânica (M.O.) de solo sob irrigação com água salina e combinações de adubação orgânica	50
Figura 21	- Massa seca de folhas (MSF) de plantas de milho sob irrigação com água salina	52
Figura 22	- Massa seca do pendão (MSP) de plantas de milho sob irrigação com água salina	54
Figura 23	- Massa seca da espiga com palha (MECP) de plantas de milho sob irrigação com água salina e combinações de adubação orgânica.....	55
Figura 24	- Massa seca da espiga sem palha (MESP) de plantas de milho sob irrigação com água salina e combinações de adubação orgânica.....	56
Figura 25	- Diâmetro da espiga sem palha (DESP) de plantas de milho sob irrigação com água salina e combinações de adubação orgânica.....	58
Figura 26	- Comprimento da espiga sem palha (MESP) de plantas de milho sob irrigação com água salina e combinações de adubação orgânica	59
Figura 27	- Massa de 100 grãos (M100G) de plantas de milho sob irrigação com água salina e combinações de adubação orgânica.....	60

Figura 28 - Produtividade (PROD) de milho sob irrigação com água salina e combinações de adubação orgânica	61
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Atributos químicos do solo da área experimental antes do experimento	27
Tabela 2	- Caracterização química da água de abastecimento da área experimental	29
Tabela 3	- Caracterização química dos adubos orgânicos utilizados	33
Tabela 4	- Estimativa da complementação nutricional mineral através dos adubos orgânicos utilizados	33
Tabela 5	- Quantidades de adubos orgânicos aplicados nas diferentes fases fenológicas da cultura do milho	34
Tabela 6	- Resumo da análise de variância para as variáveis de atributos químicos do solo cultivado com milho sob irrigação salina e combinações de adubação orgânica	40
Tabela 7	- Resumo da análise de variância para as variáveis de massa seca e produtividade na cultura do milho sob irrigação salina e combinações de adubação orgânica.....	51

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	HIPÓTESES	17
3	OBJETIVOS	17
3.1	<i>Objetivo geral</i>	17
3.2	<i>Objetivos específicos</i>	17
4	REVISÃO DE LITERATURA	18
4.1	A cultura do milho	18
4.1.1	<i>Origem, aspectos botânicos e ecofisiológicos</i>	18
4.1.2	<i>Importância socioeconômica e produção</i>	19
4.2	Salinidade e a relação solo-planta	19
4.2.1	<i>Caracterização da salinidade e seus efeitos no solo e na planta</i>	20
4.2.2	<i>Tolerância das plantas à salinidade</i>	21
4.3	Adubação orgânica	22
4.3.1	<i>Uso de fertilizantes químicos e alternativos</i>	22
4.3.2	<i>Efeitos da adubação orgânica no solo e na planta</i>	24
4.3.3	<i>Salinidade e adubação orgânica</i>	25
5	MATERIAL E MÉTODOS	26
5.1	Localização e caracterização da área experimental	26
5.2	Delineamento experimental	26
5.3	Caracterização do solo da área experimental	27
5.4	Semeadura e desbaste	28
5.5	Caracterização da água e manejo da irrigação	28
5.6	Preparo da solução salina	31
5.7	Preparo dos adubos orgânicos utilizados	32
5.8	Manejo da adubação e tratos culturais	33
5.9	Variáveis analisadas	35
5.9.1	<i>Atributos químicos do solo</i>	35
5.9.2	<i>Massa seca e produtividade</i>	36
5.10	Análise estatística	39
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
6.1	Atributos químicos do solo	40

6.1.1	<i>Teor de nitrogênio</i>	40
6.1.2	<i>Teor de fósforo</i>	42
6.1.3	<i>Teor de potássio</i>	43
6.1.4	<i>Teor de sódio</i>	45
6.1.5	<i>Potencial hidrogeniônico</i>	46
6.1.6	<i>Condutividade elétrica do extrato de saturação do solo</i>	48
6.1.7	<i>Porcentagem de sódio trocável</i>	49
6.1.8	<i>Teor de matéria orgânica</i>	50
6.2	Massa seca e produtividade	51
6.2.1	<i>Massa seca das folhas</i>	51
6.2.2	<i>Massa seca do pendão</i>	52
6.2.3	<i>Massa seca da espiga com palha</i>	53
6.2.4	<i>Massa seca da espiga sem palha</i>	55
6.2.5	<i>Diâmetro da espiga sem palha</i>	56
6.2.6	<i>Comprimento da espiga sem palha</i>	58
6.2.7	<i>Massa de 100 grãos</i>	59
6.2.8	<i>Produtividade</i>	61
7	CONCLUSÕES	64
	REFERÊNCIAS	65

1 INTRODUÇÃO

A salinidade, problema enfrentado em todo o mundo, presente tanto na água quanto no solo, acaba afetando o desenvolvimento e a produção das culturas. Por isso, a utilização adequada de águas salinas na agricultura deve ser precedida de uma avaliação quanto à sua qualidade e aplicabilidade visando a redução do impacto provocado no desenvolvimento e na qualidade dos produtos agrícolas, bem como sobre o solo e águas subterrâneas (PEREIRA *et al.*, 2018; HOLANDA *et al.*, 2016).

Quando em altas concentrações, os sais podem favorecer alterações nos atributos químicos do solo, especialmente pela presença de íons Na^+ e Cl^- , que podem reduzir o potencial osmótico da solução do solo (SANTOS *et al.*, 2018) e desencadear alterações de ordens nutricional, fisiológica e metabólica nas culturas (SOUSA *et al.*, 2010; LIMA *et al.*, 2019), causando impactos negativos na formação de fotoassimilados e, conseqüentemente, na produtividade (LIMA *et al.*, 2020).

Estudos em que há o uso de águas salinas em grandes culturas anuais, como no milho (*Zea mays* L.), vêm sendo desenvolvidos a fim de compreender melhor as relações solo-planta envolvidas em cultivos salinos, mas principalmente em áreas onde as condições de cultivo revelam presença dos sais, como no Nordeste brasileiro (RODRIGUES *et al.*, 2020; LIMA *et al.*, 2017). Segundo Maas (1986) o milho é uma cultura classificada como moderadamente sensível aos sais, possuindo uma salinidade limiar de $1,7 \text{ dS m}^{-1}$, podendo variar entre materiais genéticos da mesma espécie (AYERS; WESTCOT, 1999),

O cultivo de milho é uma importante prática agrícola, uma vez que é uma cultura amplamente produzida em todo o mundo (KANDIL *et al.*, 2020). Embora haja a predominância no cultivo de híbridos, variedades locais ou crioulas também vêm se destacando por sua alta adaptabilidade a condições ambientais adversas, muito embora seus rendimentos tendam a ser menores que os de híbridos (SILVEIRA *et al.*, 2015), que chegam a alcançar uma produtividade média de 5.533 kg ha^{-1} (CONAB, 2021).

A adubação é uma prática que visa maximizar a produtividade agrícola em diversas classes de solo. Com o intuito de reduzir o uso de fertilizantes sintéticos ao solo, o uso de fontes orgânicas vem sendo testadas em algumas culturas. Viana *et al.* (2014) descrevem que o biofertilizante bovino foi eficiente no crescimento e na produtividade da cultura do milho. Similarmente, para a cultura do gergelim, Euba Neto

et al. (2016) verificaram melhorias na produtividade da cultura quando aplicado o esterco bovino em comparação com o tratamento controle.

Ressalta-se que estudos de crescimento e produção em condições salinas vêm ganhando destaque no cenário agrícola, como o uso de fertilizantes orgânicos de origem animal, como os estercos e os biofertilizantes (GOMES *et al.*, 2018; SOUZA *et al.*, 2019). Seu uso resulta no aproveitamento dos resíduos dos animais no cultivo das plantas, redução de custos com insumos sintéticos e melhoria das condições físicas e químicas do solo e a produtividade das culturas, podendo até substituírem, parcial ou totalmente, as adubações químicas (SOUSA *et al.*, 2017; SANTOS *et al.*, 2014).

Por isso, a proposição de estudos sobre o manejo da irrigação com água de qualidade inferior no cultivo de milho associada a estratégias de manejo da adubação orgânica se destaca como uma alternativa ao cultivo agrícola. Sousa *et al.* (2016^a) na cultura do milho e Sousa *et al.* (2018^a) na cultura do sorgo, relatam redução dos efeitos deletérios dos sais sobre o crescimento das culturas submetido a doses de biofertilizante de caranguejo e bovino, respectivamente. Em relação à produtividade Silva *et al.* (2013) para a cultura do feijão e Santos *et al.* (2019) para a cultura do pimentão obtiveram aumentos significativos em plantas em que se utilizaram os insumos orgânicos mesmo sob condições salinas.

2 HIPÓTESES

- a) A irrigação com água salina de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ reduz a biomassa e a produtividade da cultura do milho.
- b) A adubação orgânica através das fontes de esterco bovino, biofertilizante de aves e caprino, aplicadas de formas combinadas entre si atenuam o efeito deletério dos sais sobre a produtividade da cultura do milho.

3 OBJETIVOS

A seguir serão apresentados os objetivos, geral e específicos, da presente pesquisa.

3.1 Objetivo geral

Avaliar os atributos químicos do solo e a produtividade da cultura do milho sob irrigação com água salina e combinações de diferentes fontes de adubos orgânicos.

3.2 Objetivos específicos

- Caracterizar os atributos químicos do solo irrigado com água salina e uso de adubos orgânicos;
- Avaliar o acúmulo de fotoassimilados nas plantas em função da salinidade da água de irrigação e das combinações das fontes de adubos orgânicos;
- Verificar a influência da salinidade da água de irrigação e das combinações das fontes de adubos orgânicos sobre as variáveis de produtividade do milho.

4 REVISÃO DE LITERATURA

Nesta seção encontram-se os abordados os principais aspectos relacionados a pesquisa que foi desenvolvida, especialmente sobre a cultura, aspectos de adubação e de salinidade.

4.1 A cultura do milho

Aspectos produtivos, botânicos, ecofisiológicos e de ordem ecofisiológica foram descritos nos tópicos a seguir a fim de destrinchar mais facilmente as relações do milho com o ambiente.

4.1.1 Origem, aspectos botânicos e ecofisiológicos

O milho (*Zea mays* L.) é uma monocotiledônea e importante cultura representante da família Poaceae, tendo a América do Norte e México como centros de origem e diversificação genética, respectivamente (SILVEIRA *et al.*, 2015). É uma planta que possui fases e estádios fenológicos bem definidos e divididos, sendo elas a fase vegetativa (FV), que vai desde o estágio de emergência (VE) ao de pendoamento (VT), e a fase reprodutiva (FR), que vai do estágio de florescimento (R1) ao de maturidade fisiológica dos grãos (R6) (RITCHIE; HANWAY; BENSON, 2003).

Possui um porte herbáceo, com raízes fasciculadas e sua parte aérea é composta por folhas com limbos compridos, largos e planificados e um caule do tipo colmo com nós e entrenós (FORNASIERI FILHO, 1992), além de apresentar, no final da fase vegetativa, o pendão (órgão reprodutivo masculino) e a formação das espigas com as flores (órgão reprodutivo feminino) (TOLEDO, 1980), que culminam na geração do principal produto comercial da cultura: os grãos.

É uma cultura de ciclos bem variados, sendo mais comuns ciclos de 3 a 5 meses, a depender do material genético utilizado (SILVA *et al.*, 2021). No entanto, além do material genético, alguns outros fatores podem acabar afetando o ciclo da cultura, como as condições climáticas locais (BARBANO *et al.*, 2001), já que, como sendo uma espécie tropical, de mecanismo C4, acaba exigindo quantidades satisfatórias de temperatura e de umidade para que possa produzir satisfatoriamente, além de condições adequadas de radiação solar (FANCELLI, 2015).

Segundo o mesmo autor, temperaturas acima de 26°C podem acelerar o florescimento e o enchimento dos grãos, enquanto que abaixo disso, podem atrasá-lo; luminosidades acima da média, como ocorre em dias longos, podem prolongar o estágio vegetativo e atrasar o florescimento, muito embora seja uma resposta que varia de genótipo para genótipo; e aportes hídricos muito baixos no solo (abaixo de 400 mm durante o ciclo da cultura), por sua vez, podem atrasar o florescimento e o enchimento dos grãos.

4.1.2 Importância socioeconômica e produção

O milho é uma cultura agrícola de grande importância, uma vez que se destaca como um dos três cereais mais consumidos no mundo, sendo o arroz e o trigo os outros dois destaques (KANDIL *et al.*, 2020). Essa colocação lhe é atribuída uma vez que é uma cultura empregada com diversas finalidades, sejam elas pecuárias, industriais ou energéticas (SOLOGUREN, 2015), ganhando ênfase para o consumo humano e animal, sendo o consumo animal o fator de maior relevância no Brasil (VENEGAS, 2009).

O cultivo dessa espécie no Brasil se enfatiza também na grande abrangência que ela alcança, sendo cultivada em pequenas, médias e grandes propriedades e nos mais diversos tipos de solos (MARTINS *et al.*, 2016), além de serem utilizadas sementes de híbridos, em sua maioria, e também sementes crioulas, também chamadas de variedades locais, que, muito embora tendam a ser menos produtivas do que as sementes comerciais em geral, acabam se adaptando às condições ambientais locais, como as condições de estresse abiótico, por exemplo (ARAÚJO; NASS, 2002; SILVEIRA *et al.*, 2015).

No Brasil, a área total destinada a produção de milho na safra de 2019/2020 foi de, aproximadamente, 18,5 milhões de hectares e a produção total foi de aproximadamente 102,5 milhões de toneladas do grão, alcançando uma produtividade média de 5.533 kg ha⁻¹, com previsões de que na safra 2020/2021 ocorra um acréscimo de 0,2% na produtividade em relação à anterior, chegando a 5.543 kg ha⁻¹ (CONAB, 2021).

Em relação ao Nordeste brasileiro para a safra de 2019/2020, segundo a CONAB (2021), embora a região possuísse cerca de 2,6 milhões de ha de área produzindo milho, apresentou a produtividade média mais baixa dentre as regiões

(3.325 kg ha⁻¹), com o estado do Ceará ocupando a 6ª posição no ranking de produtividade no Nordeste (1.232 kg ha⁻¹), sendo os estados de Sergipe, Maranhão e Piauí os grandes destaques da região, com 5.528, 4.855 e 4.695 kg ha⁻¹, respectivamente, mesmo com previsão de decréscimo para a safra 2020/2021.

4.2 Salinidade e a relação solo-planta

A salinidade é um problema que acomete grande parte das culturas em diversas regiões, podendo causar problemas tanto no solo como na planta, uma vez que as plantas podem apresentar tolerâncias distintas a depender de diversos fatores, que foram abordados nos tópicos seguintes.

4.2.1 Caracterização da salinidade e seus efeitos no solo e na planta

A prática da produção de alimentos em todo o mundo tem enfrentado uma série de desafios produtivos, principalmente no tocante aos recursos a serem utilizados, recebendo grande destaque a qualidade da água utilizada para a irrigação das culturas. Neste sentido, cabe ressaltar que, muitas das vezes, águas de qualidade inferior são utilizadas como a única alternativa, sendo necessário o adequado manejo deste recurso, especialmente em regiões semiáridas, como no Nordeste Brasileiro, cuja escassez de recursos é evidente (COSTA; MEDEIROS, 2017).

Nessas regiões, normalmente, as precipitações são desuniformes tanto no tempo quanto no espaço, influenciando o regime hídrico e as fontes de água a serem utilizadas, sendo a irrigação, em muitas situações, a única maneira de garantir a produção agrícola com segurança (HOLANDA *et al.*, 2016), prevalecendo aquelas águas que, normalmente, possuem um elevado teor de sais, as quais deverão ser utilizadas, muito embora seu mal uso possa ter como consequência a salinização das áreas em que são utilizadas (RIBEIRO; RIBEIRO FILHO; JACOMINE, 2016).

O estresse salino é um dos fatores que mais reduz o crescimento (GOES *et al.*, 2019) e a produtividade das culturas (SOUSA *et al.*, 2016b), evidenciando um menor potencial osmótico da solução do solo, reduzindo a disponibilidade de água, causando estresse hídrico e provocando efeitos nas plantas que resultam em injúrias de ordens metabólicas no aparato fotossintético (LIMA *et al.*, 2019), na germinação e na emergência (CEITA *et al.*, 2020; NUNES *et al.*, 2019^a), no desenvolvimento e no

acúmulo de matéria seca das partes vegetais (TORRES *et al.*, 2014; NUNES *et al.*, 2019b; SOUSA *et al.*, 2019) e nas trocas gasosas (SOUSA *et al.*, 2018b; PEREIRA FILHO *et al.*, 2019).

As interações iônicas que afetam a disponibilidade, a absorção e o transporte de nutrientes, são altamente complexas, mesmo na ausência de salinidade e de outros estresses. No entanto, os sais causam desequilíbrio nutricional nas culturas agrícolas pelo excesso do íon Na^+ que pode reduzir a disponibilidade de íons como Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ (SOUSA *et al.*, 2010). Os sais presentes na água de irrigação também causam alterações químicas e físicas no solo, podendo afetar as plantas que são cultivadas, especialmente pela redução do potencial osmótico do solo (MENEZES *et al.*, 2015; DUTRA *et al.*, 2017).

As alterações químicas afetam a fertilidade do solo, promovendo elevados teores de ânions, como cloretos, sulfatos, carbonatos, bicarbonatos e boratos na solução solo, os quais podem causar distúrbios nutricionais nas plantas (LEITE *et al.*, 2007), cujo aporte de sais tende a aumentar a condutividade elétrica do extrato de saturação do solo e o pH (MEDEIROS *et al.*, 2017; RODRIGUES *et al.*, 2018^a 😊).

4.2.2 Tolerância das plantas à salinidade

A sensibilidade à salinidade varia com o estágio de desenvolvimento da cultura, com a qualidade da água, da espécie e do genótipo a ser utilizado (AYERS; WESTCOT, 1999; MUNNS; TESTER, 2008; NEVES *et al.*, 2009) e, além disso, diferenças interespecíficas entre as fases de desenvolvimento da cultura (MAAS; HOFFMAM, 1977) como na emergência (FREIRE *et al.*, 2018) e no crescimento inicial (GOES *et al.*, 2019).

Na cultura do sorgo, por exemplo, a germinação não foi afetada com o incremento dos sais na água de irrigação, mas os estágios subsequentes de desenvolvimento da planta sofreram reduções, especialmente na parte aérea da planta e na raiz, conforme estudos realizados por Coelho *et al.* (2014).

Para Dias *et al.* (2016), a tolerância das culturas ao estresse salino resulta de diversos fatores que devem ser considerados, podendo serem avaliados por meio da comparação da produção de biomassa da cultura em condições salinas e não salinas ou até mesmo seu rendimento (produtividade) ao se desenvolver em ambientes expostos à salinidade, especialmente em culturas glicófitas, como o milho.

Essas respostas evidenciam um estado ótimo em que a cultura responde ao estresse salino, definido como salinidade limiar. De acordo com Maas (1986), o milho é classificado como uma cultura moderadamente sensível à presença dos sais no solo, possuindo uma salinidade limiar em torno de $1,7 \text{ dS m}^{-1}$, o que significa que até esta faixa de condutividade elétrica, a cultura não é afetada negativamente, mesmo sendo exposta ao estresse abiótico, neste caso, o salino.

Entretanto, têm-se verificado que para a região nordeste brasileira, a cultura do milho tem respondido negativamente ao uso de irrigações com águas de condutividade elétrica mais elevadas que $1,7 \text{ dS m}^{-1}$, como constatado por Rodrigues *et al.* (2020), que obtiveram redução nas massas da espiga com palha e sem palha, massa do sabugo, massa de 1000 grãos e a produtividade a partir de CEa superior a $2,0 \text{ dS m}^{-1}$. No entanto, cultivos de milho aliados a estratégias que favoreçam uma atenuação do efeito deletério dos sais, como a aplicação de coberturas mortas vegetais (SOUSA *et al.*, 2018c) e/ou uso de adubos orgânicos oriundos de resíduos de animais (SOUSA *et al.*, 2016^a), podem contribuir com a tolerância ao estresse causado.

4.3 Adubação orgânica

A adubação orgânica vem ganhando destaque no cenário agrícola, especialmente no que se trata na alternativa a adubação química, por isso, apresentou-se nos tópicos nesta seção os principais pontos positivos e negativos dessa prática agrícola e sua relação com a abordagem de salinidade.

4.3.1 Uso de fertilizantes químicos e alternativos

Corriqueiramente, a correção da fertilidade dos solos é feita com base na análise do solo da área e na recomendação nutricional para a cultura de interesse, sendo orientada pelos teores de macronutrientes primários (NPK) que é, geralmente, realizada por meio do uso de fertilizantes minerais que sejam solúveis, frequentemente, formulações NPK que atendam as demandas das culturas (MARTINS; MARTINS; BORGES, 2017).

A cultura do milho é altamente exigente em nutrientes para que possa expressar todo o seu potencial genético, destacando-se o nitrogênio (N), de forma que

o suprimento inadequado desse nutriente pode levar a limitações no rendimento dos grãos, uma vez que é o nutriente que atua diretamente nos processos bioquímicos por fazer parte de proteínas, enzimas, ácidos nucleicos e clorofila (TAIZ *et al.*, 2017; SOUZA; FERNANDES, 2018), portanto, suprir o nutriente em quantidades adequadas torna-se indispensável.

Logo após o N, o fósforo (P) é o macronutriente que mais limita o desenvolvimento vegetal devido a sua baixa dinâmica no solo e atua fundamentalmente na síntese de ácidos nucleicos e ATP (BUCHER *et al.*, 2018). Já o potássio (K) é o nutriente responsável por atuar diretamente nas atividades bioquímicas e metabólicas, bem como pela formação dos frutos (MEURER; TIECHER; MATTIELLO, 2018).

No Brasil, a importação de fertilizantes sintéticos tem sido crescente ao longo dos últimos anos, chegando a valores superiores a 29 milhões de toneladas ano⁻¹, sendo ureia, fosfato monoamônico e cloreto de potássio os fertilizantes mais importados (6,8, 4,8 e 11,4 milhões de toneladas, respectivamente), atribuindo a isto o fato das suas baixas produções nacional e a sua alta demanda na produção de grãos (GLOBALFERT, 2021), segmento que representa cerca de 70% do consumo de fertilizantes no Brasil, com o milho ocupando o segundo lugar, consumindo 16% desse valor (GLOBALFERT, 2020).

No entanto, o uso prolongado e o manejo inadequado de fertilizantes minerais podem causar alterações químicas, físicas e biológicas indesejadas, além de onerar o custo de produção (SOUZA; REZENDE, 2014; THORBURN *et al.*, 2011).

Nesse sentido, têm se tornado crescentes os estudos acerca da aplicação de fontes alternativas ao uso de fertilizantes minerais nas mais diversas culturas, incluindo o milho, ganhando destaque o uso de fertilizantes orgânicos de origem animal, sejam eles sólidos, como os esterco (PINTO; GOMES, SPÓSITO, 2016; NASCIMENTO *et al.*, 2017^a; GOMES *et al.*, 2018), ou líquidos, como os biofertilizantes (SILVA *et al.*, 2015; SILVA *et al.*, 2017; SOUZA *et al.*, 2019).

O termo 'biofertilizante' faz referência a um material de baixo custo, produzido a partir da mistura de esterco animal e água, em partes iguais, e que sofre posterior fermentação, seja ela aeróbia ou anaeróbia, durante o período mínimo de 30 dias (PENTEADO, 2007; SILVA *et al.*, 2016). Ademais, segundo a instrução normativa n°61, de 8 de julho de 2020 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), que estabelece as regras sobre definições, exigências, especificações,

garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos fertilizantes orgânicos e dos biofertilizantes, destinados à agricultura, os biofertilizantes podem ser definidos como:

“(...) produtos que contém princípio ativo ou agente orgânico, isento de substâncias agrotóxicas, capazes de atuar, direta ou indiretamente, sobre o todo ou parte das plantas cultivadas, elevando a sua produtividade, sem ter em conta o seu valor hormonal ou estimulante.” (MAPA, 2020, p.2).

4.3.2 Efeitos da adubação orgânica no solo e na planta

O impacto que os fertilizantes orgânicos de origem animal têm gerado reflete diretamente na melhoria da fertilidade, da estrutura do solo e da retenção de água (MENEZES; SALCEDO, 2007), além de aumentar o conteúdo de matéria orgânica, que é dependente de fatores como umidade, temperatura e relação C:N do material para a correta mineralização do material orgânico e consequente disponibilização dos nutrientes às plantas (OLIVEIRA *et al.*, 2014^a; GOMES *et al.*, 2018).

Todos esses fatores podem influenciar a concentração dos nutrientes no solo e também o desenvolvimento e a produção das culturas, uma vez que os biofertilizantes possuem nutrientes essenciais em sua composição, trazendo ainda o benefício da redução no uso de produtos químicos e consequente economia de insumos (SOUSA *et al.*, 2017), podendo assim serem aplicados como substitutos ou complementar a adubação química (SOUSA *et al.*, 2013).

Quanto aos atributos químicos do solo, Mariano *et al.* (2020) constataram que os valores de P e K no solo sofreram incrementos quando se realizou adubação com esterco caprino. Rocha, Bassoi e Silva (2015) constataram aumento no teor de matéria orgânica em solo adicionado de esterco caprino. De forma similar, Higashikawa e Menezes Júnior (2017), avaliando os atributos químicos pós-colheita de um solo cultivado com cebola sob diferentes combinações de adubação, evidenciaram incrementos positivos para os elementos de fertilidade do solo (pH, P, K, Ca, Mg, N e MO) nas maiores doses de esterco de aves.

Em relação à produtividade das culturas Roos *et al.* (2020), verificando a influência do esterco de aves na produção orgânica de tomate cereja, obtiveram maiores produções com o aumento da dose de esterco até 60 t ha⁻¹. Já Lima *et al.*

(2018), avaliando a produção da cultura do morango, constataram que o biofertilizante bovino apresenta eficiência nutricional para o desempenho do morangueiro quanto ao número de frutos, diâmetro do fruto e a produtividade. Para a cultura do milho, Kandil *et al.* (2020) obtiveram os maiores valores de produtividade quando aplicados esterco bovino na proporção de 5 e 10 t ha⁻¹, quando comparados ao fertilizante mineral.

4.3.3 Salinidade e adubação orgânica

Sabe-se que a utilização de águas salinas no cultivo da maioria das espécies agrícolas tende a provocar efeitos deletérios sobre o crescimento e o metabolismo, o que pode acarretar em efeitos de ordem osmótica, iônica e nutricional (FREIRE *et al.*, 2016), como constatado por Costa *et al.* (2018) que, avaliando o acúmulo de massa seca e os teores de nutrientes de plantas de milho sob efeito de águas salinas, encontraram efeitos negativos na absorção de elementos minerais e acúmulo de fotoassimilados quando utilizadas águas salinas.

Todavia, é importante que estratégias de manejo sejam adotadas visando reduzir os problemas causados pela salinidade (SOUSA *et al.*, 2016^a), especialmente nos processos fisiológicos cruciais, tais como a fotossíntese e a transpiração, que refletem em todos os processos metabólicos da planta (TAIZ *et al.*, 2017), como pela utilização de fertilizantes orgânicos. Conforme verificado por Sousa *et al.* (2020) e Sousa *et al.* (2014) que, avaliando a aplicação de biofertilizante bovino na cultura do quiabo e do milho, respectivamente, sob irrigação com águas salinas, obtiveram melhores rendimentos nas trocas gasosas e no acúmulo de biomassa quando comparados aos tratamentos que não receberam o insumo. Similarmente, Souza *et al.* (2019) obtiveram atenuação no efeito deletério do estresse salino sobre o crescimento e o acúmulo de massa seca em plantas de fava que foram submetidas a adubação com biofertilizante caprino e sob irrigação com água salina.

Além dos biofertilizantes, a adição de outros insumos orgânicos, como os esterco curtidos, também objetiva adicionar substâncias húmicas ao solo por meio da matéria orgânica presente nesses materiais que, por meio da liberação das substâncias húmicas, tendem a gerar uma melhor absorção dos nutrientes pela planta e, assim, atenuar o efeito prejudicial do estresse salino (SOUSA *et al.*, 2014; NASCIMENTO *et al.*, 2017b), sendo esta uma alternativa econômica e sustentável.

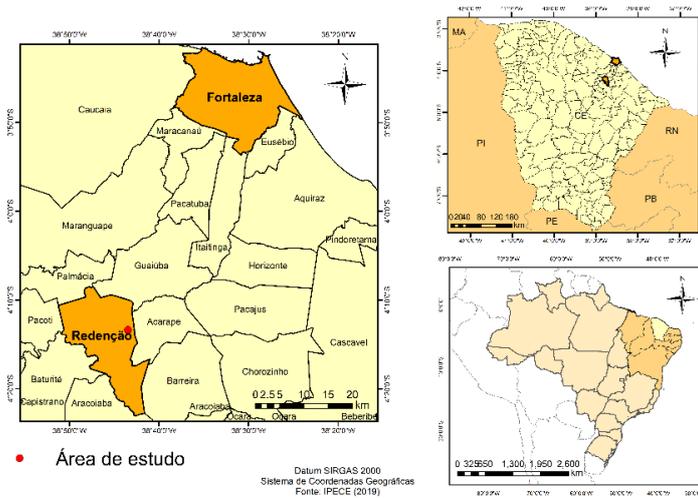
5 MATERIAL E MÉTODOS

A seguir são apresentados todos as metodologias que foram trabalhadas nesta pesquisa.

5.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido em campo entre os meses de agosto e de novembro de 2020, a pleno sol, na Fazenda Experimental Piroás, pertencente à Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira – UNILAB, localizada no município de Redenção (Figura 1), Ceará, na microrregião do Maciço de Baturité.

Figura 1 - Localização geográfica do local do experimento.



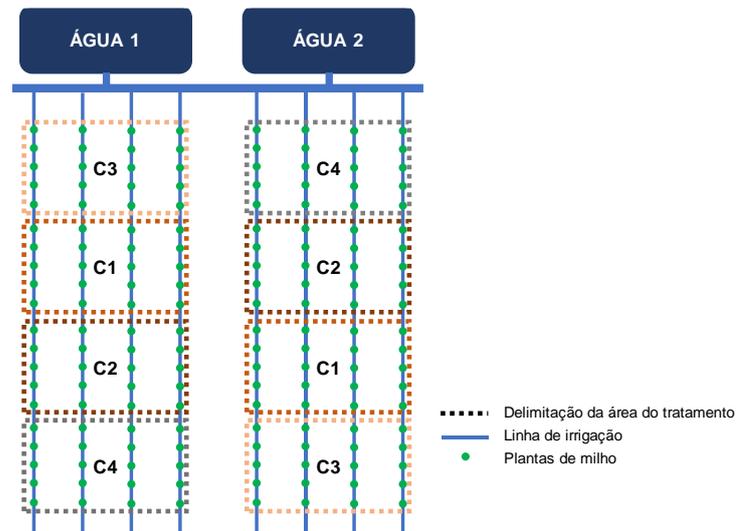
Fonte: elaborado pelo autor.

A cidade encontra-se localizada a uma latitude de $04^{\circ} 14' 53''$ S, longitude de $38^{\circ} 45' 10''$ W e altitude média de 340 metros. O clima da região é do tipo BSh' com temperaturas muito quentes e chuvas predominantes nas estações do verão e do outono (ALVARES *et al.*, 2013), tendo apresentado durante a realização do experimento, precipitação total de 30,2 mm e temperatura e umidade relativa do ar médias de $27,7^{\circ}\text{C}$ e 66,0%, respectivamente (FEP, 2020).

5.2 Delineamento experimental

O delineamento adotado foi em blocos casualizados (DBC), em esquema de parcela subdividida, com 4 repetições para cada tratamento, em que as parcelas consistiram de 2 condutividades elétricas da água de irrigação – CEa: A1 – água de abastecimento de $0,8 \text{ dS m}^{-1}$ – e A2 – solução salina de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$; e as subparcelas foram referentes a 4 combinações de aplicação de fontes de adubos orgânicos: C1 – esterco bovino + biofertilizante de aves + biofertilizante caprino, C2 – esterco bovino + biofertilizante caprino, C3 – esterco bovino + biofertilizante de aves, e C4 – tratamento controle, conforme representado no croqui (Figura 2).

Figura 2 – Croqui do experimento.



Fonte: elaborado pelo autor.

5.3 Caracterização do solo da área experimental

Antes da instalação do experimento foram realizadas coletas de solo na camada superficial (0 - 20 cm) em zigue-zague na área utilizando-se um trado holandês, totalizando 20 amostras simples, utilizadas para compor uma amostra composta e levadas ao Laboratório de Solo e Água do Departamento de Ciências do Solo/UFC, para a determinação dos atributos químicos (Tabela 1) conforme metodologia descrita no Manual de Métodos de análise de solo da Embrapa (SILVA, 1999).

Tabela 1 – Atributos químicos do solo da área experimental antes do experimento.

MO	N	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	H ⁺ +Al ³⁺	SB	PST	pH	CEes
g kg ⁻¹		mg kg ⁻¹			cmol _c kg ⁻¹				(%)	(em água)	dS m ⁻¹
15,62	0,98	15,00	1,60	6,00	1,90	0,23	2,31	8,30	2,00	6,60	0,31

Fonte: dados da pesquisa.

O solo da área é classificado como Argissolo vermelho-amarelo de textura franco-arenosa (SANTOS *et al.*, 2018) e com densidade global de 1,32 kg dm⁻³.

5.4 Semeadura e desbaste

A cultura utilizada foi a do milho (*Zea mays* L.), cultivar BRS Caatingueiro, a mesma utilizada pelos produtores da região, de forma que as sementes foram postas manualmente em covas, com 4 sementes por cova (Figura 3), no espaçamento de 1,0 m x 0,3 m entre as linhas de plantio e entre plantas.

Figura 3 – Semeadura do milho na área experimental.



Fonte: Arquivo pessoal.

Aos oito dias após a semeadura (DAS), com o estande de plantas já estabelecido, foi realizado o desbaste deixando-se uma planta por cova, sendo 4 linhas por parcela, totalizando 20 plantas por parcela, correspondendo a um estande de 50.000 plantas ha⁻¹.

5.5 Caracterização da água e manejo da irrigação

A água utilizada no experimento foi a de abastecimento, proveniente de açude pertencente a Fazenda Experimental, tendo sido coletada uma amostra e levada ao Laboratório de Solo e Água do Departamento de Ciências do Solo/UFC, para a determinação dos atributos químicos segundo metodologia de Silva (1999) e classificação da sua qualidade conforme a metodologia descrita por Richards (1954) (Tabela 2).

Tabela 2 – Caracterização química da água de abastecimento da área experimental.

Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	pH	CE	RAS	Classificação
(mmolc L ⁻¹)			(mmol L ⁻¹)		-	(dS m ⁻¹)	-	-	-
0,6	1,4	0,2	0,4	2,5	0,1	6,9	0,8	0,3	C ₃ S ₁

Fonte: dados da pesquisa.

A água utilizada foi classificada conforme Richards (1954) que, quanto ao risco de salinidade, é uma água de alta salinidade (C3), devendo ser utilizados métodos de irrigação que mantenham o solo constantemente úmido, como os localizados, além de ser aplicada em culturas de alta tolerância. Quanto ao risco de sodicidade apresenta baixo risco (S1), não devendo causar problemas de infiltração e permeabilidade.

Adotou-se um sistema de irrigação por gotejamento, com emissores com vazão de 8,0 L h⁻¹, distanciados em 0,30 m, com 1 gotejador por planta (Figura 4).

Figura 4 – Sistema de irrigação por gotejamento na cultura do milho.



Fonte: Arquivo pessoal.

O manejo da irrigação foi estimado diariamente através da evapotranspiração de referência (E_{To}), utilizando-se dados de um tanque evaporimétrico do tipo Classe A, localizado próximo da área experimental.

A evapotranspiração de referência foi estimada a partir da equação 1:

$$E_{To} = ECA \times K_p \quad (1)$$

Em que, E_{To} - Evapotranspiração de referência (mm dia^{-1}); ECA- Evaporação medida no Tanque Classe A (mm) e K_p - Coeficiente do Tanque (adimensional).

A evapotranspiração potencial da cultura (E_{TPc}) foi estimada, através da equação 2, multiplicando-se a evapotranspiração de referência (E_{To}) por um coeficiente da cultura (K_c) segundo Bernardo *et al.* (2019):

$$E_{TPc} = E_{To} \times K_c \quad (2)$$

Em que, E_{TPc} - Evapotranspiração potencial da cultura (mm dia^{-1}); E_{To} - Evapotranspiração estimada pelo Tanque Classe A (mm dia^{-1}); K_c - Coeficiente de cultivo.

Adotou-se os seguintes coeficientes de cultura (Kc): 0,86 (até 40 dias após a semeadura, DAS); 1,23 (de 41 a 53 DAS); 0,97 (de 54 a 73 DAS); 0,52 (de 74 DAS ao final do ciclo) (SOUZA *et al.*, 2015).

O tempo de irrigação foi estimado a partir da Equação 3:

$$T_i = (ETP_c \times E_p) / (E_a \times q \times 60) \quad (3)$$

Em que, T_i - Tempo de irrigação (min); ETP_c - Evapotranspiração da cultura (mm); E_p - espaçamento entre gotejadores; E_a - Eficiência de aplicação (0,9) q - vazão ($L h^{-1}$).

Na lâmina aplicada foi acrescentada uma fração de lixiviação de 0,15 (AYERS; WESTCOT, 1999) e até o estabelecimento do estande de plantas o experimento foi irrigado diariamente com água não salina de $0,8 dS m^{-1}$. Em seguida iniciou-se a aplicação da água salina de $3,0 dS m^{-1}$ com turno de rega de dois dias. Para o acompanhamento do potencial mátrico do solo foram utilizados tensiômetros de punção distribuídos na área, instalados numa profundidade de 20 cm (Figura 5).

Figura 5 – Tensiômetro instalado no experimento.



Fonte: Arquivo pessoal.

5.6 Preparo da solução salina

A água de abastecimento de $0,8 dS m^{-1}$ foi armazenada em caixas d'água com capacidade para 500 litros (L) (Figura 6) e utilizada no preparo da solução salina

de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, que foi elaborada com os sais de cloreto de sódio (NaCl), cloreto de cálcio ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) e cloreto de magnésio ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) na proporção de 7:2:1 (MEDEIROS, 1992), obedecendo a relação entre CEa e sua concentração molar ($\text{mmol}_c \text{ L}^{-1} = \text{CE} \times 10$) (RICHARDS, 1954).

Figura 6 – Reservatórios das águas de irrigação do experimento.



Fonte: Arquivo pessoal.

5.7 Preparo dos adubos orgânicos utilizados

Foram utilizados esterco bovino curtido (oriundo de um rebanho de gado leiteiro) e dois biofertilizantes preparados a partir de esterco fresco de aves (oriundo de galinhas poedeiras) e de esterco de rebanho caprino.

O esterco bovino (7A) foi armazenado em local seco e coberto, sendo levado à área experimental apenas no momento da aplicação. Já os biofertilizantes (de aves e caprino) (Figuras 7B e 7C) foram preparados utilizando-se esterco de caprinos e esterco de galinhas adicionando-se água na proporção de 1:1 (relação volume/volume) para cada biofertilizante, tendo sido os mesmos acondicionadas em reservatórios plásticos e deixados fermentando de forma aeróbia por 30 dias.

Figura 7 – Adubos orgânicos utilizados: Esterco bovino (A), Biofertilizante caprino (B) e Biofertilizante de aves (C).



Fonte: Arquivo pessoal.

5.8 Manejo da adubação e tratos culturais

A adubação das plantas de milho foi realizada com base nas análises químicas do solo e das fontes de adubação orgânica (biofertilizantes caprino e de aves, e esterco bovino) (Tabelas 1 e 3, respectivamente), seguindo a recomendação máxima da adubação química de Fernandes (1993) para o milho irrigado, correspondente a 90 kg ha^{-1} de N, 40 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 30 kg ha^{-1} de K_2O .

Para a realização das análises químicas das fontes orgânicas de adubo, amostras foram coletadas, armazenadas e levadas à laboratório (SILVA, 1999), cujos resultados estão expressos na Tabela 3.

Tabela 3 – Caracterização química dos adubos orgânicos utilizados.

Fonte	N	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
	g L ⁻¹				
Esterco Bovino	0,96	0,47	0,59	1,10	0,25
Biofertilizante Caprino	0,26	0,26	4,20	4,00	0,90
Biofertilizante de Aves	3,90	0,33	2,50	1,50	0,60

Fonte: dados da pesquisa.

Para se verificar a necessidade de complementação de nutrientes para a cultura do milho (Tabela, 4), observou-se a os valores de NPK presentes no solo e

nos adubos orgânicos utilizados (Tabela 1 e 3), além da recomendação para a cultura que, dispondo de um stand de 50.000 plantas ha⁻¹, a dosagem máxima dos nutrientes por planta⁻¹ ciclo⁻¹ foi de, respectivamente: 1,8 g de N, 0,8 g de P₂O₅ e 0,6 g de K₂O.

Tabela 4 – Estimativa da complementação nutricional mineral através dos adubos orgânicos utilizados.

FORNECIMENTO ESTIMADO DE NUTRIENTES			
Nutrientes	N	P	K
Recomendação (g planta ⁻¹)	1,80	0,80	0,60
Solo (g kg ⁻¹)	0,98	0,015	0,62
Nutrição mineral suplementar (g planta ⁻¹)	0,82	0,78	0,00

Fonte: dados da pesquisa.

De acordo com a necessidade de complementação nutricional apresentada na Tabela 4 e com a quantidade de NPK presentes na Tabela 3, as quantidades aplicadas de adubo por fase fenológica estão contidas na Tabela 5.

Tabela 5 – Quantidades de adubos orgânicos aplicados nas diferentes fases fenológicas da cultura do milho.

COMBINAÇÕES	ADUBOS	QUANTIDADE	FASE FENOLÓGICA
C1	Esterco bovino	3,0 kg planta ⁻¹	Crescimento
	Biofertilizante de aves	1,5 g L ⁻¹ planta ⁻¹	Florescimento
	Biofertilizante caprino	3,0 g L ⁻¹ planta ⁻¹	Enchimento de grãos
C2	Esterco bovino	3,0 kg planta ⁻¹	Crescimento
	Biofertilizante caprino	3,0 g L ⁻¹ planta ⁻¹	Florescimento
			Enchimento de grãos
C3	Esterco bovino	3,0 kg planta ⁻¹	Crescimento
	Biofertilizante de aves	1,5 g L ⁻¹ planta ⁻¹	Florescimento
			Enchimento de grãos
C4	Sem adubação	-	-

Fonte: dados da pesquisa.

Para a aplicação dos biofertilizantes foi realizado o peneiramento para a retirada de material grotesco (Figura 8A). Posterior ao peneiramento e no momento

da aplicação foram abertas galerias próximas às plantas com um enxadeco (Figura 7B) e aplicadas as quantidades necessárias em cada tratamento (Figuras 7C e 7D). Após a aplicação dos fertilizantes, as galerias eram fechadas para evitar perdas por escoamento dos biofertilizantes ou a volatilização acelerada de algum dos nutrientes.

Figura 8 – Manejo da aplicação dos fertilizantes: Peneiramento (A), Abertura de galerias (ou sulcos) (B), Aplicação dos biofertilizantes (C), e Aplicação do esterco (D).



Fonte: Arquivo pessoal.

Durante a condução do experimento realizaram-se capinas manuais para controle das plantas invasoras nos corredores e no colo de cada planta. Como prevenção contra pragas agrícolas aplicou-se defensivo biológico à base de fumo elaborado na proporção de 100 g de fumo por litro de água quente, deixando-se em repouso por 24 h. Após esse período, coletou-se o extrato e diluiu-se 1 L do extrato em 20 L de água, sendo posteriormente aplicado com um pulverizador costal.

5.9 Variáveis analisadas

5.9.1 Atributos químicos do solo

Aos 90 DAS, a parte superficial do solo das parcelas foi limpa para que fossem coletadas amostras simples de solo de cada unidade experimental na profundidade de 0 – 20 cm (Figura 9A). O material foi acondicionado em sacos plásticos, etiquetados de acordo com o tratamento (Figura 8B) e levados ao

Laboratório de Solo e Água do Departamento de Ciências do Solo/UFC para a determinação dos atributos químicos, os quais foram: teores de nitrogênio (N) e matéria orgânica (MO) (g kg^{-1}), fósforo (P) (mg kg^{-1}), potássio (K) e sódio (Na) (cmolc kg^{-1}), porcentagem de sódio trocável (PST) (%), condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CEes) (dS m^{-1}) e potencial hidrogeniônico da solução do solo (pH), seguindo as metodologias descritas no Manual de Métodos de análise de solo da Embrapa (SILVA, 1999).

Figura 9 – Limpeza da superfície do solo para a coleta do solo (A) e acondicionamento das amostras (B).



Fonte: Arquivo pessoal.

5.9.2 Massa seca e produtividade

Ao final do experimento, aos 90 DAS, plantas da parcela útil de cada tratamento foram coletadas rente ao solo e separada em folhas, colmo e pendão (Figuras 10A, 10B e 10C), sendo esse material acondicionado em sacos de papel devidamente identificados (Figura 10D) e levados para serem secos em estufa de circulação de ar forçado a 65°C até atingirem peso constante, sendo posteriormente determinadas: massa seca do limbo foliar (MSF) (Figura 10E), massa seca do colmo (MSC) e massa seca do pendão (MSP) (Figura 10F), em gramas por planta (g planta^{-1}), utilizando-se uma balança analítica com precisão de $0,0001\text{g}$.

Figura 10 – Divisão das partes da planta de milho em folhas (A), colmo (B) e pendão (C), acondicionamento do material (D) e aferição das massas secas (E e F)



Fonte: Arquivo pessoal.

Também aos 90 DAS coletaram-se espigas maduras (quatro espigas da parcela útil de cada tratamento por ocasião da produção média de espigas nos tratamentos) as quais foram postas para secagem por 15 dias em ambiente protegido até atingirem massa constante (Figura 11A), onde determinaram-se as seguintes variáveis: massa seca da espiga com palha (MECP) (Figura 11B) e sem palha (MESP) (Figura 11C) em gramas por espiga (g espiga^{-1}), utilizando-se uma balança digital com precisão de 0,001g; o diâmetro (DESP) (Figura 11D) e o comprimento da espiga sem palha (CESP) (Figura 10E), com auxílio de um paquímetro digital em milímetros (mm), com a conversão do comprimento para cm.

Figura 11 – Procedimento de secagem das espigas de milho (A) e determinação da massa da espiga com (B) e sem palha (C), diâmetro (D) e comprimento da espiga (E)



Fonte: Arquivo pessoal.

Os grãos das quatro espigas após a retirada foram então pesados para a verificação da massa média de grãos (MMG) (Figura 12A) e, posteriormente,

contados, separados e pesados para a determinação da massa de 100 grãos (M100G) (Figura 12B), em gramas por planta (g planta^{-1}), utilizando-se uma balança analítica com precisão de 0,1g.

Figura 12 – Determinação da massa média (A) e massa de 100 grãos (B).



Fonte: Arquivo pessoal.

A produtividade (PROD) foi estimada relacionando a massa média de grãos com o estande de plantas, conforme a equação 4:

$$\text{PROD} = (\text{MMG}/1000) \times \text{Estande} \quad (4)$$

Em que, PROD – Produtividade, em kg ha^{-1} ; MMM – massa média de grãos, em g planta^{-1} ; 1000 – fator de conversão de g para kg; Estande – 50.000 plantas ha^{-1} .

5.10 Análise estatística

Os dados observados foram submetidos à testes de normalidade e, quando constatada normalidade na distribuição dos dados, seguiu-se a aplicação da análise de variância (Anova) e, quando significativos pelo teste F, os dados foram submetidos a testes de médias pelo teste de Tukey ao nível de 5% (*) de significância, utilizando-se o software ASSISTAT 7.7 Beta (SILVA; AZEVEDO, 2016).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir são apresentados e discutidos os principais resultados que foram obtidos na pesquisa, tanto em relação aos atributos químicos do solo quanto de produção da cultura do milho.

6.1 Atributos químicos do solo

Na Tabela 6 encontra-se o resumo da análise de variância dos atributos químicos do solo avaliados, podendo-se verificar que houve efeito significativo para a interação entre os fatores água salina (A) e combinações de adubação orgânica (CAO) para os teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CEes) e teor de matéria orgânica (MO). Observa-se também significância isolada no fator A para o teor de sódio (Na) e porcentagem de sódio trocável (PST).

Tabela 6 – Resumo da análise de variância para as variáveis de atributos químicos do solo cultivado com milho sob irrigação salina e combinações de adubação orgânica.

FV	GL	QUADRADO MÉDIO							
		N	P	K	Na	pH	CEes	PST	MO
Blocos	3	0,02 ^{ns}	62,11 ^{ns}	0,004 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,03 ^{ns}	4,86 ^{ns}	4,15 ^{ns}
A	1	0,00 ^{ns}	578,00 ^{ns}	0,001 ^{**}	21,14 ^{**}	0,46 [*]	14,27 ^{**}	1266,72 ^{**}	0,07 ^{ns}
Resíduo (A)	3	0,02	65,33	0,001	0,07	0,02	0,05	6,36	7,39
CAO	3	0,17 ^{**}	493,77 ^{**}	0,007 ^{**}	0,11 ^{ns}	0,008 ^{ns}	0,37 ^{**}	14,57 ^{ns}	40,69 ^{**}
Resíduo (CAO)	18	0,01	91,72	0,001	0,06	0,01	0,03	5,12	3,55
A X CAO	3	0,11 ^{**}	347,33 [*]	0,007 ^{**}	0,07 ^{ns}	0,05 [*]	0,16 [*]	8,50 ^{ns}	15,74 [*]
CV(%) - A	-	11,43	43,30	21,72	4,12	2,26	14,68	24,12	14,04
CV(%) - CAO	-	10,13	51,31	19,92	3,24	1,95	12,02	21,66	9,74

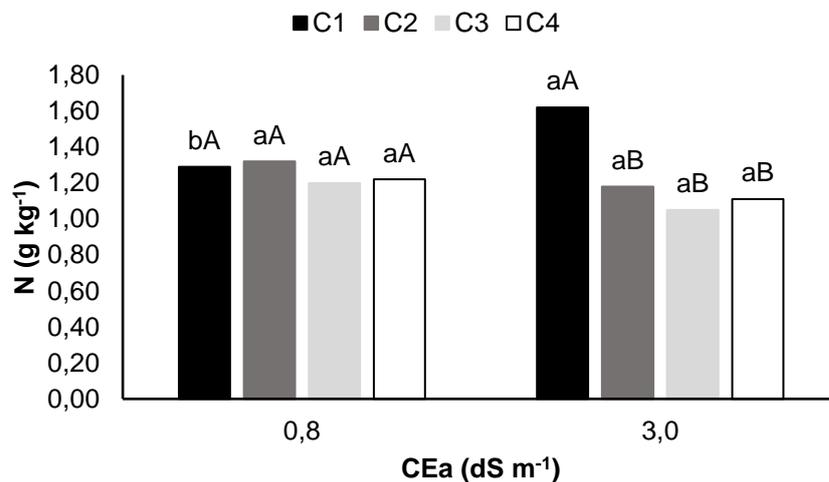
Fonte: dados da pesquisa. FV – Fontes de variação; GL – Grau de liberdade; A – Água salina; CAO – Combinações de adubação orgânica; CV – Coeficiente de variação; ** Significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$); * Significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$); ns – não significativo ($p \geq .05$).

6.1.1 Teor de nitrogênio

Na Figura 13 encontram-se os valores de N do solo sob irrigação com águas salinas e combinações de adubação orgânica, que em relação ao valor do teor

de nitrogênio no solo antes do experimento, em todos os tratamentos foram obtidos incrementos, sendo superiores ao valor inicial de $0,98 \text{ g kg}^{-1}$. Para a água de $0,8 \text{ dS m}^{-1}$ os tratamentos das combinações não diferiram estatisticamente entre si, enquanto que para a água de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ notou-se um aumento de cerca de 45,95% no teor de nitrogênio do solo no tratamento C1 em relação ao tratamento controle (C4 – $1,11 \text{ g kg}^{-1}$), diferindo estatisticamente dos demais tratamentos. Já entre as águas de irrigação, nota-se um incremento de 25,58% no teor de nitrogênio em solo que recebeu o tratamento C1 para a água de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, quando comparada a água de $0,8 \text{ dS m}^{-1}$, que obteve um teor de $1,29 \text{ g kg}^{-1}$.

Figura 13 – Teores de nitrogênio em solo sob irrigação com água salina e combinações de adubação orgânica.



Fonte: dados da pesquisa. Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas entre CEa e maiúsculas entre combinações na mesma CEa, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. C1 – esterco bovino + biofertilizante de aves + biofertilizante caprino, C2 – esterco bovino + biofertilizante caprino, C3 – esterco bovino + biofertilizante de aves, e C4 – tratamento controle

A principal fonte de N para as plantas é a matéria orgânica, que atua como fonte desse nutriente e sua oferta depende da taxa de mineralização, processo desenvolvido por micro-organismos no solo (OLIVEIRA *et al.*, 2013), por isso nota-se uma tendência similar desta variável ao conteúdo de matéria orgânica obtido nesse estudo (Figura 19), haja visto o acréscimo do conteúdo orgânico do solo proveniente dos adubos utilizados, especialmente pela C1 sob salinidade. Além disso, em condições salinas, sob uma PST superior a 7,0, pode ocorrer redução no processo de

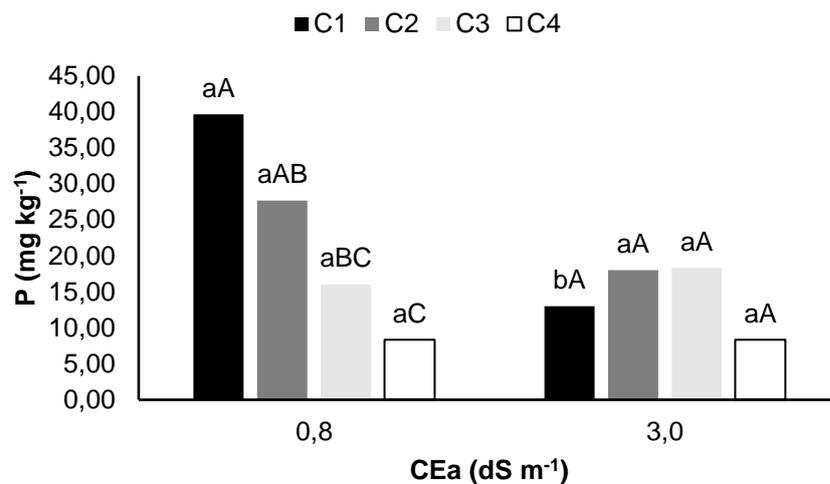
nitrificação, que acaba reduzindo o conteúdo de N no solo (SANTOS *et al.*, 2016), o que não foi observado para C1 sob água de 3,0 dS m⁻¹ possivelmente devido à presença de micro-organismos tolerantes ao efeito salino para este tratamento (SETIA; MARSCHNER, 2013).

Contrariando o que foi observado neste estudo, Mavi *et al.* (2012) em estudos relacionados a dinâmica da matéria orgânica em solos salinos, verificaram que com o aumento da salinidade a atividade microbiana foi afetada negativamente, reduzindo a mineralização da matéria orgânica.

6.1.2 Teor de fósforo

Na Figura 14 encontram-se os valores de P assimilável do solo sob irrigação com águas salinas e combinações de adubação orgânica, no qual constata-se que para a água de 0,8 dS m⁻¹ os tratamentos das combinações diferiram estatisticamente entre si havendo um incremento nos teores desse elemento na ordem de 376,11, 232,05 e 92,08% para C1, C2 e C3, respectivamente, em relação ao tratamento controle (C4 – 8,33 mg kg⁻¹), sendo C3 e C4 iguais estatisticamente, enquanto que para a água de 3,0 dS m⁻¹ não houve diferença estatística entre os tratamentos com combinações de adubação orgânica. Já entre as águas de irrigação, nota-se uma redução de 67,22% no teor de fósforo em solo que recebeu o tratamento C1 para a água de 3,0 dS m⁻¹, quando comparada a água de 0,8 dS m⁻¹, que obteve um teor de 39,66 mg kg⁻¹.

Figura 14 – Teores de fósforo em solo sob irrigação com água salina e combinações de adubação orgânica.



Fonte: dados da pesquisa. Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas entre CEa e maiúsculas entre combinações na mesma CEa, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. C1 – esterco bovino + biofertilizante de aves + biofertilizante caprino, C2 – esterco bovino + biofertilizante caprino, C3 – esterco bovino + biofertilizante de aves, e C4 – tratamento controle

Para ambas as águas houve um incremento nos teores de P no solo quando comparados ao valor inicial antes da aplicação dos tratamentos, de 15,00 mg kg⁻¹, com exceção dos tratamentos controle (C4), em que houve uma redução em ambas as águas. Isso pode ser atribuído ao fato de que há o aporte nutricional que os fertilizantes orgânicos podem ofertar, incrementando o conteúdo de P no solo (Tabela 3), especialmente em níveis salinos mais baixos, e a evidência de que também há a extração do nutriente da solução do solo pela planta durante o seu ciclo, o que pode reduzir seu conteúdo no solo.

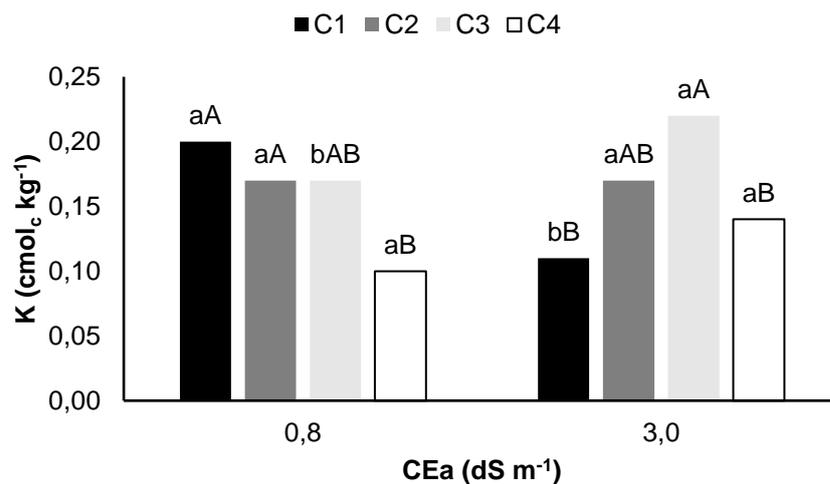
Holanda Filho *et al.* (2011) constataram que em solo irrigado com água salina de 3,0 dS m⁻¹, o teor de fósforo foi reduzido de 19,50 para 18,80 mg kg⁻¹ devido ao efeito salino. Contrariando o presente estudo Mengmeng *et al.* (2021), verificaram aumento no conteúdo de fósforo disponível em solo afetado por sais quando utilizado fertilizante orgânico.

6.1.3 Teor de potássio

Na Figura 15 encontram-se os valores de K do solo sob irrigação com águas salinas e combinações de adubação orgânica, no qual constata-se que, para a

água de $0,8 \text{ dS m}^{-1}$, os tratamentos das combinações diferiram estatisticamente entre si havendo um incremento nos teores desse elemento na ordem de 100,00, 70,00 e 70,00% para C1, C2 e C3, respectivamente, em relação ao tratamento controle (C4 – $0,10 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$), sendo C3 e C4 iguais estatisticamente, enquanto que para a água de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ houve diferença estatística entre os tratamentos, havendo um incremento no teor de K de 21,42 e 57,14% para C2 e C3, respectivamente, em comparação com C4 ($0,14 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$), que não diferiu estatisticamente da C1. Já entre as águas de irrigação nota-se, para a água de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, uma redução de 45,00% no teor de potássio em solo que recebeu o tratamento C1 quando comparada a água de $0,8 \text{ dS m}^{-1}$ que obteve um teor de $0,20 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$.

Figura 15 – Teores de potássio em solo sob irrigação com água salina e combinações de adubação orgânica.



Fonte: dados da pesquisa. Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas entre CEa e maiúsculas entre combinações na mesma CEa, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. C1 – esterco bovino + biofertilizante de aves + biofertilizante caprino, C2 – esterco bovino + biofertilizante caprino, C3 – esterco bovino + biofertilizante de aves, e C4 – tratamento controle.

Vale destacar que os valores obtidos após o experimento para ambas as águas foram inferiores ao teor inicial de K, que era de $1,6 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, evidenciando que as plantas conseguiram absorver o nutriente da solução do solo conforme a sua necessidade, o que levaria a reduzi-lo do complexo de troca (DANTAS *et al.*, 2014) ou ter sofrido lixiviação (GARCIA *et al.*, 2015) (Figura 16).

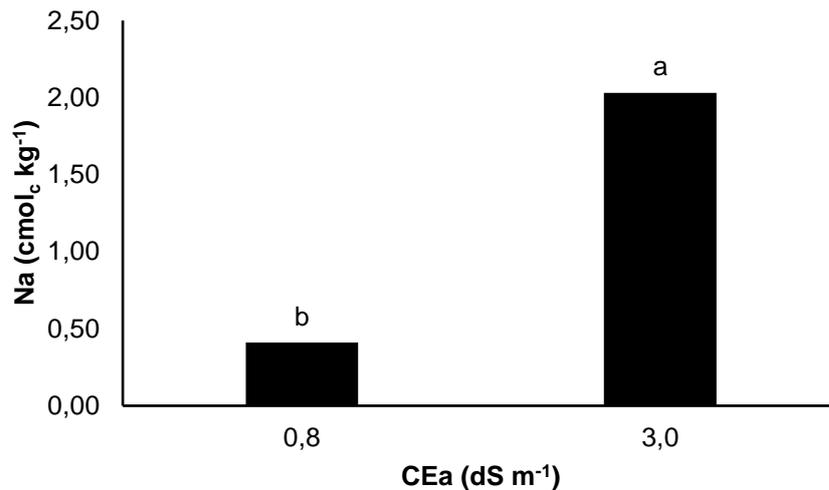
Sob as condições não salinas, os maiores conteúdos de K no solo podem ser relacionados com o aporte desse nutriente proveniente dos adubos orgânicos utilizados, que possuíam quantidades consideráveis desse nutriente. Resultados semelhantes quanto ao benefício da adubação orgânica puderam ser constatados por Mariano *et al.* (2020), em que houve um incremento de 42% no teor de K no solo em relação ao solo do tratamento controle.

Entretanto, quando sob condições salinas, esse aumento é possivelmente ocasionado pelo deslocamento deste cátion do complexo de troca pelo efeito de concentração dos íons Ca^{2+} e Na^+ oriundos da água de irrigação, além da baixa absorção do K pelos efeitos antagônicos provocados por Ca^{2+} e Na^+ (LINHARES *et al.*, 2013). Rodrigues *et al.* (2018a), estudando os atributos químicos de um solo cultivado com milho irrigado com águas salinas evidenciaram que o aumento da CEa até $5,0 \text{ dS m}^{-1}$ reduziu o teor de potássio no solo.

6.1.4 Teor de sódio

O teor de sódio no solo sofreu um aumento nos valores para ambas as águas, sendo mais expressivo quando utilizada a água de irrigação de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ (Figura 16). O teor inicial de sódio no solo era de $0,23 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, de forma que na CEa de $0,8 \text{ dS m}^{-1}$, o teor de sódio obtido foi de $0,41 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, enquanto que numa água de CEa de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ esse teor subiu para $2,03 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, um aumento de cerca de 395% em relação à água de $0,8 \text{ dS m}^{-1}$.

Figura 16 – Teores de sódio em solo sob irrigação com água salina.



Fonte: dados da pesquisa. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A irrigação progressiva com água salina (3,0 dS m⁻¹) causou o acúmulo de sódio (Na⁺) na solução do solo devido a elevada concentração desse elemento na água, conseqüentemente acarretando um aumento significativo nas amostras analisadas. Ressalta-se que a presença de sódio na água de irrigação causa dispersão da argila conseqüentemente obstrução dos poros assim causando reduções em relação à permeabilidade, porosidade, aeração e condutividade hidráulica do solo (PEDROTTI *et al.*, 2015).

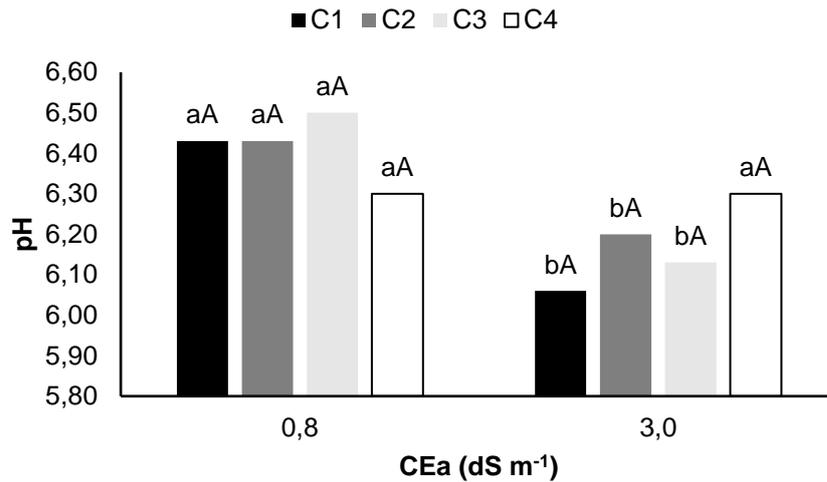
Ashraf *et al.* (2017), irrigando a cultura do girassol (*Helianthus annus* L.) com águas salinas, obtiveram maior concentração de sódio no solo a partir da irrigação com água salina de 5,56 dS m⁻¹. Já Rodrigues *et al.* (2018a) verificaram aumento de 127% no teor de sódio a partir da irrigação com água salina (5,0 dS m⁻¹) em solo sob cultivo de milho.

6.1.5 Potencial hidrogeniônico

O pH do solo (Figura 17) foi reduzido em todos os tratamentos avaliados em relação ao seu valor inicial, que foi de 6,6, mas não foi alterado entre si em função das combinações de adubação orgânica em nenhuma das CEa estudadas, sofrendo reduções entre as águas de irrigação, exceto para o tratamento controle que não se mostrou superior aos demais tratamentos, de forma que na água de 3,0 dS m⁻¹ para

os tratamentos C1, C2 e C3, essas reduções foram na ordem de 5,75, 3,58 e 5,69%, respectivamente, em relação aos mesmos tratamentos na água de 0,8 dS m⁻¹ (6,43, 6,43 e 6,5, respectivamente, para C1, C2 e C3).

Figura 17 – Potencial hidrogeniônico (pH) de solo sob irrigação com água salina e combinações de adubação orgânica.



Fonte: dados da pesquisa. Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas entre CEa e maiúsculas entre combinações na mesma CEa, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. C1 – esterco bovino + biofertilizante de aves + biofertilizante caprino, C2 – esterco bovino + biofertilizante caprino, C3 – esterco bovino + biofertilizante de aves, e C4 – tratamento controle.

Quando compostos orgânicos sofrem oxidação pela atividade microbiana do solo há a produção de dióxido de carbono (CO₂) que, ao entrar em contato com a água, pode reagir e formar ácido carbônico (H₂CO₃) que se dissocia e libera prótons (H⁺) para a solução, reduzindo o pH do solo (SOUZA; MIRANDA; OLIVEIRA, 2007), que pode ser agravado devido a composição iônica da água de irrigação que contém cloreto de cálcio, podendo substituir ânions (como carbonatos e bicarbonatos) e aumentar os íons H⁺ em solução (FREITAS *et al.*, 2007).

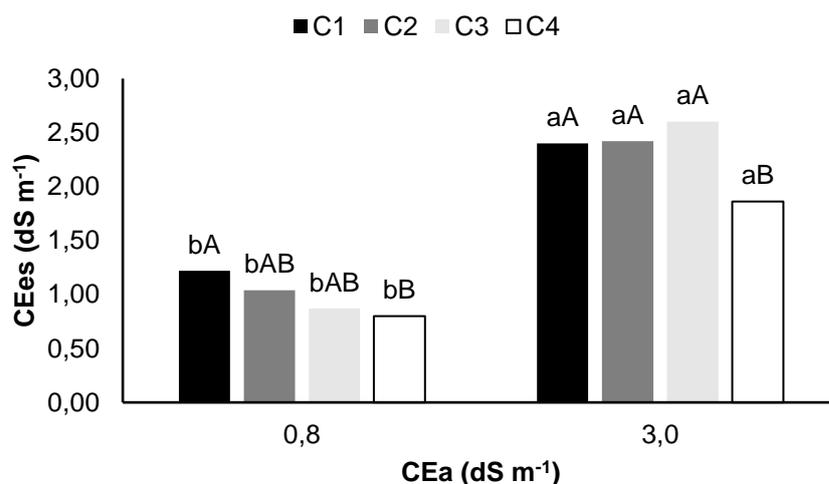
Resultados similares foram obtidos por Sousa *et al.* (2008) que, avaliando o substrato com biofertilizante na formação de mudas do maracujazeiro amarelo irrigado com águas salinas, verificaram que o pH dos substratos foi reduzido com o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação quando na presença de biofertilizante. Divergindo dos dados do presente trabalho, Dias *et al.* (2015) verificaram que o uso de biofertilizantes no solo irrigado com água salina aumentou o

pH da solução do solo, atribuindo este fato às possíveis reduções e aos incrementos de matéria orgânica e de acidez potencial.

6.1.6 Condutividade elétrica do extrato de saturação do solo

A condutividade elétrica do extrato de saturação do solo sofreu aumentos significativos tanto em função da salinidade das águas de irrigação como em função das combinações de adubação orgânica utilizados, sendo superiores ao valor inicial no solo de $0,31 \text{ dS m}^{-1}$ (Figura 18). Houve um acréscimo em 52,50, 30,00 e 8,75% da CEes para os tratamentos C1, C2 e C3, respectivamente, em relação ao controle (C4 – $0,8 \text{ dS m}^{-1}$) na CEa de $0,8 \text{ dS m}^{-1}$, enquanto que para esses mesmos tratamentos, numa CEa de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, os incrementos foram de 29,03, 30,11 e 39,78% em relação ao controle (C4 – $1,86 \text{ dS m}^{-1}$). O aumento da salinidade da água de irrigação também provocou aumentos na CEes em todas as combinações na ordem de 96,72, 132,69, 198,85 e 132,5% para C1, C2, C3 e C4, respectivamente, que numa CEa de $0,8 \text{ dS m}^{-1}$ obtiveram valores de 1,22, 1,04, 0,87 e $0,80 \text{ dS m}^{-1}$ de CEes.

Figura 18 – Condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) de solo sob irrigação com água salina e combinações de adubação orgânica.



Fonte: dados da pesquisa. Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas entre CEa e maiúsculas entre combinações na mesma CEa, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. C1 – esterco bovino + biofertilizante de aves + biofertilizante caprino, C2 – esterco bovino + biofertilizante caprino, C3 – esterco bovino + biofertilizante de aves, e C4 – tratamento controle.

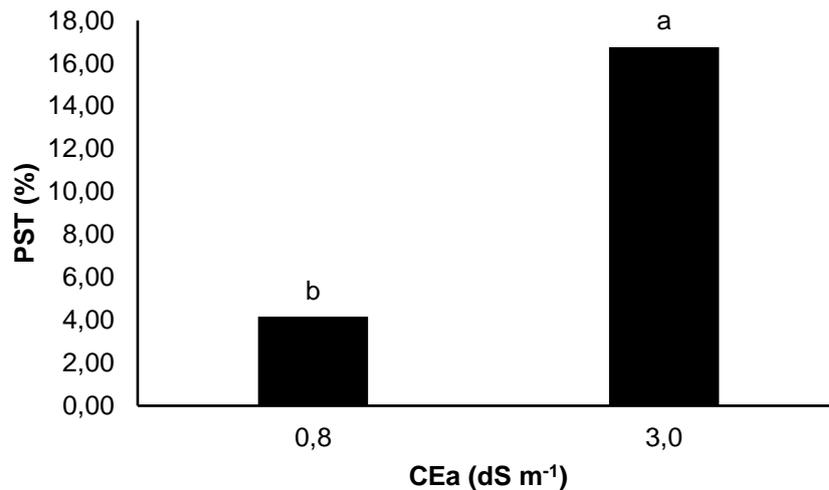
Esse aumento a partir das condutividades elétricas das águas utilizadas se justifica pela deposição de sais no solo com a irrigação progressiva, incrementado através da associação com as combinações de adubação orgânica, elevando ainda mais essa deposição, resultando em um aumento significativo em relação ao tratamento controle (SOUZA *et al.*, 2019; CAVALCANTE *et al.*, 2011).

Resultados semelhantes ao do presente estudo foram obtidos por Silva *et al.* (2011), ao constatarem interação entre CEa e biofertilizante bovino para o extrato de saturação do solo, onde o mesmo foi elevado com o aumento da salinidade da água com uso do biofertilizante. Por outro lado, Souza *et al.* (2019) obtiveram resposta para a CEes de forma isolada, onde a mesma foi aumentada com irrigação a partir de $1,5 \text{ dS m}^{-1}$, e os biofertilizantes bovino e caprino proporcionaram aumento em relação ao tratamento controle.

6.1.7 Porcentagem de sódio trocável

De forma similar ao teor de sódio no solo, a porcentagem de sódio trocável também sofreu um aumento quando utilizada a água de irrigação de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, sendo superiores em ambas as águas em relação a PST inicial (Figura 19). A PST do solo antes do experimento era de 2,0%, tendo na CEa de $0,8 \text{ dS m}^{-1}$, um aumento para 4,16%, enquanto que numa água de CEa de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ essa porcentagem foi acrescida de forma mais expressiva, para 16,75%, um aumento de cerca de 302,6% em relação a água de baixa salinidade.

Figura 19 – Porcentagem de sódio trocável (PST) de solo sob irrigação com água salina.



Fonte: dados da pesquisa. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A elevada concentração de Na⁺ no solo é elevada a partir da irrigação com as águas, em especial com o uso da água salina de 3,0 dS m⁻¹, com o consequente aumento da concentração de Na⁺ no solo, justificando o presente resultado, uma vez que a concentração desse elemento aumenta com a irrigação salina (PEDROTTI *et al.*, 2015), deixando o sódio no complexo de troca.

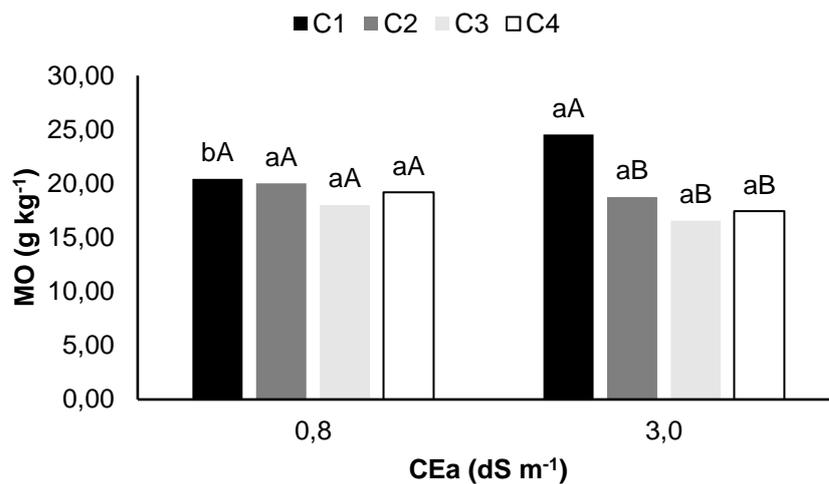
Linhares *et al.* (2012) obtiveram aumento na PST a partir da irrigação com água salina onde no maior nível salino estudado (6,0 dS m⁻¹) a porcentagem chegou a 43%. Resultados semelhantes ao do presente estudo foram obtidos por Costa *et al.* (2013), trabalhando com a cultura da mamoneira, onde obtiveram aumento contínuo da PST do solo a partir da irrigação com CEa: 3,66 dS m⁻¹.

6.1.8 Teor de matéria orgânica

O conteúdo de matéria orgânica do solo em todos os tratamentos foi superior em relação ao seu conteúdo inicial no solo, de 15,62 g kg⁻¹ (Figura 20), mas não foi influenciado pelas combinações de adubação orgânica quando utilizada a água de 0,8 dS m⁻¹, enquanto que na água de 3,0 dS m⁻¹ apenas a C1 diferenciou-se estatisticamente das demais combinações, demonstrando um aumento de 40,76% em relação ao tratamento controle (C4 – 17,44 g kg⁻¹), sendo que entre as águas constatou-se um incremento no conteúdo de matéria orgânica apenas na C1 quando

utilizada a água de 3,0 dS m⁻¹ na ordem de 20,10% em relação ao teor obtido na CEa de 0,8 dS m⁻¹ (20,44 g kg⁻¹), sendo todos esses valores considerados médios (SOBRAL *et al.*, 2015).

Figura 20 – Matéria orgânica (M.O.) de solo sob irrigação com água salina e combinações de adubação orgânica.



Fonte: dados da pesquisa. Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas entre CEa e maiúsculas entre combinações na mesma CEa, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. C1 – esterco bovino + biofertilizante de aves + biofertilizante caprino, C2 – esterco bovino + biofertilizante caprino, C3 – esterco bovino + biofertilizante de aves, e C4 – tratamento controle.

Alguns micro-organismos do solo podem se adaptar às condições salinas a que são expostos produzindo metabólitos que os regulam osmoticamente nesse meio, fazendo-os manter sua atividade no solo e decompor os materiais orgânicos, mantendo e/ou elevando sua concentração em solução (SETIA; MARSCHNER, 2013).

Silva Júnior *et al.* (2009), avaliando o efeito da salinidade sobre a atividade microbiana de um Argissolo amarelo com pó de coco e vermicomposto, verificaram que o aporte de matéria orgânica aumenta o carbono orgânico mineralizado mesmo sob condições de salinidade. Ao contrário do que foi obtido nesse estudo, Holanda Filho *et al.* (2011), verificando o efeito da água salina nos atributos químicos do solo cultivado com mandioca, obtiveram uma redução na % de matéria orgânica.

6.2 Massa seca e produtividade

Conforme consta-se na Tabela 7 para o resumo da análise de variância das variáveis de massa seca e produtividade na cultura do milho, nota-se que houve interação significativa entre os fatores água salina (A) e combinação de adubação orgânica (CAO) para as variáveis massas secas da espiga com e sem palha (MECP e MESP), diâmetro e comprimento da espiga sem palha (DESP e CESP), massa de cem grãos (M100G) e a produtividade (PROD). Houve significância para o fator isolado água salina para as variáveis de massa seca das folhas (MSF) e massa seca do pendão (MSP), não obtendo-se significância para a massa seca do colmo (MSC).

Tabela 7 – Resumo da análise de variância para as variáveis de massa seca e produtividade na cultura do milho sob irrigação salina e combinações de adubação orgânica.

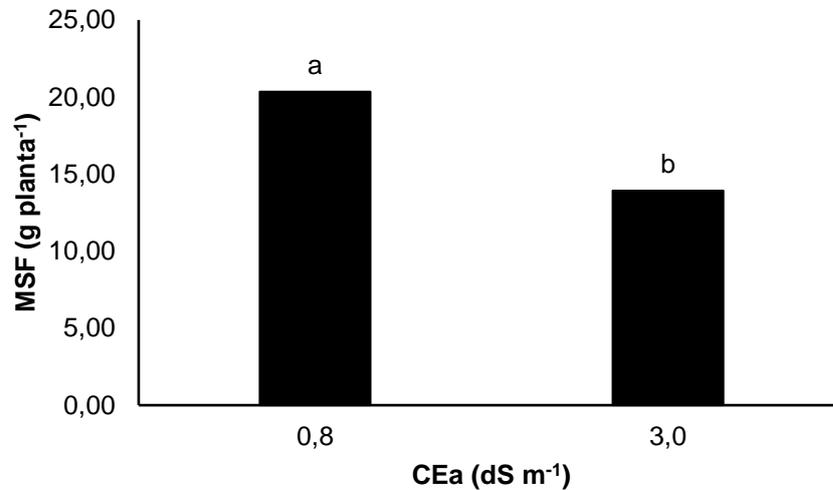
FV	GL	QUADRADO MÉDIO								
		MSF	MSC	MSP	MECP	MESP	DESP	CESP	M100G	PROD
Blocos	3	0,15**	185,47 ^{ns}	0,14 ^{ns}	299,80 ^{ns}	141,08*	5,88 ^{ns}	0,18 ^{ns}	3,93 ^{ns}	38743,23*
A	1	330,13*	453,17 ^{ns}	1,90*	2553,14*	3275,43**	147,34**	26,47*	63,84 ^{ns}	6189529,17**
Res (A)	3	31,36	730,44	0,13	141,79	8,72	1,9	0,82	10,63	2676,77
CAO	3	1,38 ^{ns}	512,51 ^{ns}	0,11 ^{ns}	99,18 ^{ns}	95,96 ^{ns}	2,58 ^{ns}	1,58 ^{ns}	25,37**	92299,34 ^{ns}
Resíduo (CAO)	18	9,12	309,59	0,26	164,08	73,58	1,18	0,63	4,52	58715,46
A X CAO	3	27,46 ^{ns}	908,33 ^{ns}	0,36 ^{ns}	1524,46**	1171,90**	44,85**	10,66**	17,68*	1827326,55**
CV(%) - A	-	32,66	69,76	18,37	21,71	6,74	4,12	9,55	19,90	3,35
CV(%) - CAO	-	17,61	45,41	26,00	23,36	19,56	3,24	8,40	12,98	15,69

Fonte: dados da pesquisa. FV – Fontes de variação; GL – Grau de liberdade; A – Água salina; CAO – Combinações de adubação orgânica; CV – Coeficiente de variação; ** Significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$); * Significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$); ns – não significativo ($p \geq .05$).

6.2.1 Massa seca das folhas

A massa seca das folhas das plantas de milho foi afetada negativamente quando irrigada com água salina (Figura 21). Na CEa de 0,8 dS m⁻¹, a massa seca obtida foi de 20,35 g, enquanto que numa água de CEa de 3,0 dS m⁻¹ essa massa seca foi de 13,93 g, uma redução de cerca de 31,5%.

Figura 21 – Massa seca de folhas (MSF) de plantas de milho sob irrigação com água salina.



Fonte: dados da pesquisa. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

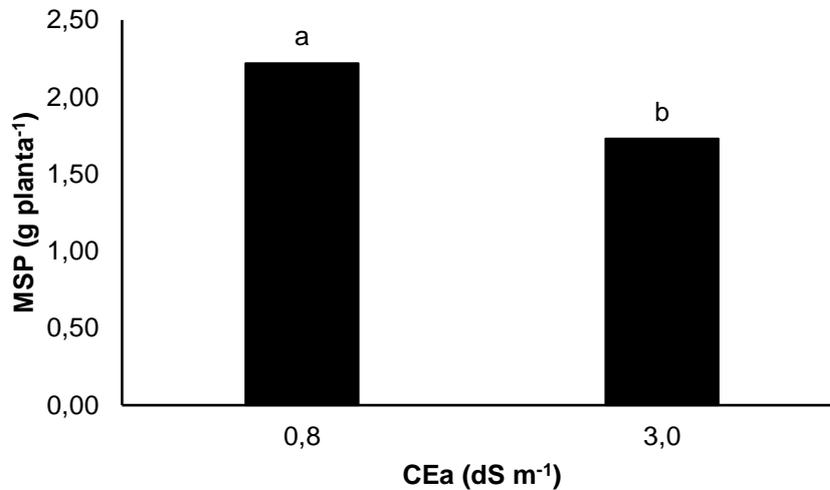
A presente redução está ligada diretamente a presença de íons potencialmente tóxicos (especialmente Na⁺ e Cl⁻) na água de irrigação, que dentre diversos efeitos negativos nas plantas causam distúrbios na absorção de água e de nutrientes, bem como fisiológicos, causando maior gasto metabólico nesses processos vitais em consequência da aclimação ao ambiente salino, fazendo assim com que sua biomassa seja reduzida (TAIZ et. al., 2017; SOUSA, et. al., 2018d).

Sena *et al.* (2018), trabalhando com a cultura da goiaba, observaram que a matéria seca da parte aérea da goiabeira foi reduzida com o incremento da salinidade da água de irrigação. Essa mesma tendência, ou seja, redução da biomassa da parte aérea foi encontrada por Sousa *et al.* (2018c), na cultura do milho, a partir da irrigação com água de alta condutividade.

6.2.2 Massa seca do pendão

A massa seca do pendão das plantas de milho sofreu reduções quando irrigada com água salina (Figura 22). Quando sob uma CEa de 0,8 dS m⁻¹, a massa seca do pendão foi de 2,22 g, sendo reduzida em 22,07% ao ser submetida à uma CEa de 3,0 dS m⁻¹, atingindo valores de 1,73 g.

Figura 22 – Massa seca do pendão (MSP) de plantas de milho sob irrigação com água salina.



Fonte: dados da pesquisa. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O aumento da condutividade elétrica na água de irrigação tem como consequência negativa a redução do crescimento inicial, bem como de parâmetros de produtividade, como diminuição do estande e dos perfilhamentos, clorose e morte de folhas, além de aumentar a esterilidade das espiguetas e o número de perfilhos não produtivos, o que, conseqüentemente, ocasiona um decréscimo sobre a biomassa das partes da planta incluindo o pendão (OLIVEIRA *et al.*, 2016; SOUZA *et al.*, 2014).

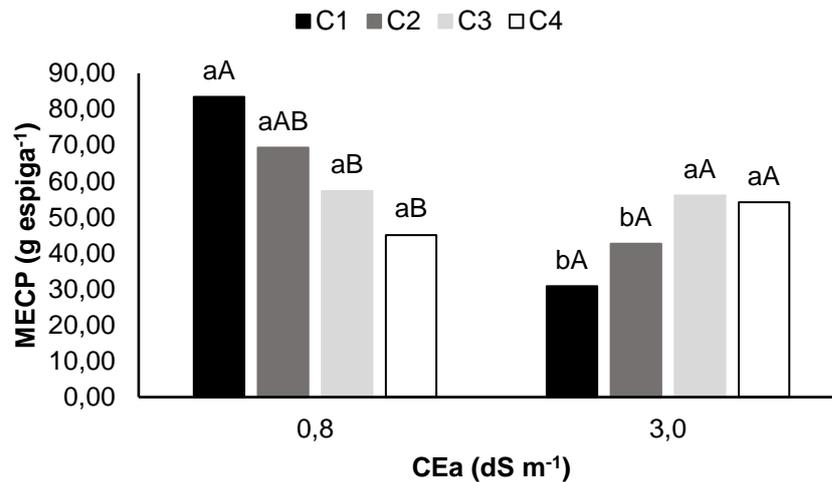
Tendência similar foi observada por Harter (2014) trabalhando com a cultura do arroz, onde o número total e o peso das panículas foram reduzidos de forma linear com o aumento da concentração de NaCl.

6.2.3 Massa seca da espiga com palha

A massa seca das espigas com palha sofreu influência tanto das combinações de adubação orgânica quanto das águas de irrigação (Figura 23). Para a água de 3,0 dS m⁻¹ houve redução na massa das espigas com palha de acordo com o incremento da CEa nos tratamentos C1 e C2 (63,03 e 38,52%, respectivamente), de forma que estes não diferiram estatisticamente dos demais tratamentos (C3 – 56,00 g – e C4 – 54,16 g). Já para a água de 0,8 dS m⁻¹ percebe-se um incremento de 85,19 e 53,93% nas massas das espigas com palha nos tratamentos C1 e C2,

respectivamente, em relação ao tratamento C4 (controle – 45,04 g), que diferiu estatisticamente apenas da C1.

Figura 23 – Massa seca da espiga com palha (MECP) de plantas de milho sob irrigação com água salina e combinações de adubação orgânica.



Fonte: dados da pesquisa. Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas entre CEa e maiúsculas entre combinações na mesma CEa, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. C1 – esterco bovino + biofertilizante de aves + biofertilizante caprino, C2 – esterco bovino + biofertilizante caprino, C3 – esterco bovino + biofertilizante de aves, e C4 – tratamento controle.

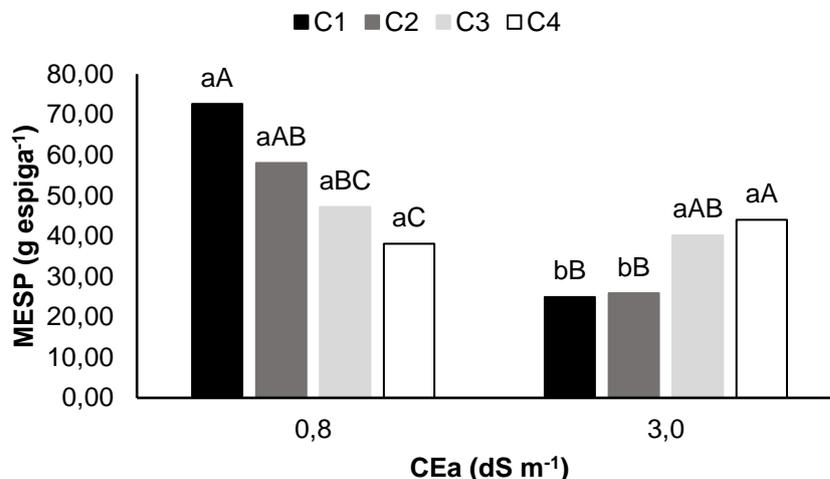
O acúmulo de massa nas palhadas de milho ocorre, geralmente, em função das quantidades de N que são ofertadas às culturas (LINS *et al.*, 2017) e como a composição nutricional dos biofertilizantes utilizados é bastante variada, destaca-se que a maior oferta pelas combinações C1 e C2 favorecem esses resultados. Além do mais, o elevado conteúdo de sódio no solo pode ter afetado a aquisição de nutrientes, especialmente o K, que é responsável pelo transporte de assimilados de forma adequada para as partes vegetais (MEURER; TIECHER; MATTIELLO, 2018), podendo-se observar tendências similares no teor de potássio no solo (Figura 14).

Corroborando esses dados, Fernandes *et al.* (2019) obtiveram maiores acúmulos de massa seca nas espigas com palha em maiores quantidades de nitrogênio ofertadas, alcançando 121,03 g esp⁻¹ para 340 kg ha⁻¹ de N utilizados. Já sob condições salinas, foram verificadas reduções na massa seca das espigas com palha em estudos desenvolvidos por Rodrigues *et al.* (2020), que detectaram reduções a partir da salinidade de 2,34 dS m⁻¹.

6.2.4 Massa seca da espiga sem palha

Nota-se um incremento na massa seca das espigas sem palha para os tratamentos que receberam adubação orgânica em relação ao tratamento controle para a água de 0,8 dS m⁻¹ e reduções para a água de 3,0 dS m⁻¹ (Figura 24). Os incrementos na massa para a CEa de 0,8 dS m⁻¹ para C1, C2 e C3 alcançaram 90,90, 52,47 e 24,02%, respectivamente, em relação ao tratamento controle (C4 – 38,04 g), enquanto que na CEa de 3,0 dS m⁻¹ as reduções foram de 43,38, 41,29 e 8,72% para as mesmas combinações de adubação orgânica em relação ao controle (C4 – 44,00 g). Entre as CEa, obteve-se redução de 65,69 e 55,46% em espigas submetidas á água de alta salinidade em relação a água de baixa salinidade nos tratamentos C1 e C2 (72,62 e 58,00 g).

Figura 24 – Massa da espiga sem palha (MESP) de plantas de milho sob irrigação com água salina e combinações de adubação orgânica.



Fonte: dados da pesquisa. Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas entre CEa e maiúsculas entre combinações na mesma CEa, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. C1 – esterco bovino + biofertilizante de aves + biofertilizante caprino, C2 – esterco bovino + biofertilizante caprino, C3 – esterco bovino + biofertilizante de aves, e C4 – tratamento controle.

Esse comportamento foi similar ao obtido na massa seca das espigas com palha, o que demonstra novamente o efeito nutricional benéfico das combinações de adubação na água de baixa salinidade, além dos efeitos prejudiciais dos sais na

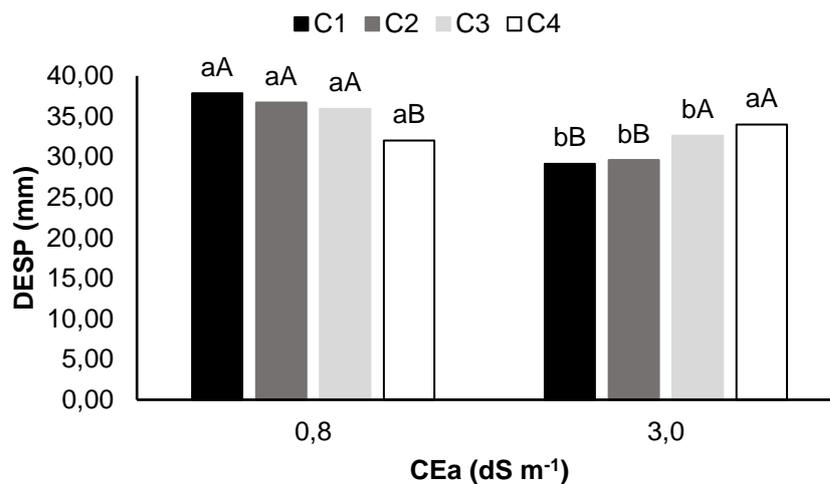
aquisição de nutrientes no tratamento salino para as combinações de adubação que eram mais ricas em N e K (C1 e C2, respectivamente), demonstrando que a combinação entre adubos e salinidade afeta negativamente a produção e a alocação de assimilados (MEURER; TIECHER; MATTIELLO, 2018), por isso não sendo prejudicado o tratamento C4, que não recebeu adubações, mas demonstrando que a alocação de assimilados na palhada era irrisória, com o maior acúmulo direcionado ao dreno principal: as espigas (LOPES; LIMA, 2015).

Similarmente, Fernandes *et al.* (2019) obtiveram maiores acúmulos de massa seca nas espigas de milho sem palha quando em maiores quantidades de nitrogênio ofertadas (87,04 g esp⁻¹ para 340 kg ha⁻¹ de N). Já sob condições salinas, foram verificadas reduções na massa das espigas sem palha a partir da salinidade de 2,52 dS m⁻¹, alcançando 60,83 g, conforme resultados obtidos por Rodrigues *et al.*, 2020.

6.2.5 Diâmetro da espiga sem palha

Na Figura 25 encontra-se o diâmetro da espiga da cultura do milho em função das condutividades elétricas da água de irrigação e combinações de adubação orgânica. Entre as águas, os maiores valores foram obtidos na água de 0,8 dS m⁻¹ em todas as combinações de adubação orgânica, excetuando C4, que obteve o maior diâmetro apenas na água de 3,0 dS m⁻¹. Nota-se que na água de 0,8 dS m⁻¹ o menor diâmetro da espiga foi obtido no tratamento controle (C4 - 32,03 mm), diferindo-se estatisticamente das demais combinações, que tiveram o diâmetro aumentado em 18,14, 14,67 e 12,20% (para C1, C2 e C3, respectivamente) em relação ao tratamento controle nessa mesma CEa, enquanto que na água de 3,0 dS m⁻¹, os maiores valores foram obtidos nos tratamentos C3 (32,63 mm) e C4 (33,99 mm), diferindo dos demais tratamentos nessa mesma CEa (C1 e C2), que sofreram redução de 14,21 e 12,91%, respectivamente, em relação ao tratamento controle (C4).

Figura 25 – Diâmetro da espiga sem palha (DESP) de plantas de milho sob irrigação com água salina e combinações de adubação orgânica.



Fonte: dados da pesquisa. Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas entre CEa e maiúsculas entre combinações na mesma CEa, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. C1 – esterco bovino + biofertilizante de aves + biofertilizante caprino, C2 – esterco bovino + biofertilizante caprino, C3 – esterco bovino + biofertilizante de aves, e C4 – tratamento controle.

Com exceção dos tratamentos C1 e C2 na água de 3,0 dS m⁻¹ (29,16 e 29,6 mm ou 2,91 e 2,96 cm, respectivamente), todos os demais tratamentos se enquadram com valores dentro do diâmetro comercial para a cultura do milho, que é superior a 3,0 cm (Rodrigues *et al.*, 2018b).

Para Ohland *et al.* (2005), as características métricas das espigas, como o diâmetro, refletem diretamente no potencial produtivo da cultura do milho, uma vez que esta característica está relacionada com o processo de enchimento dos grãos, e o aporte nutricional orgânico, especialmente de fontes de N, que é crucial, como relatado por Favarato *et al.* (2016), que avaliando o cultivo de milho sob sistema de coberturas mortas, obtiveram diâmetros comerciais nos cultivos com aplicação de material orgânico em cobertura semelhantes ao cultivo com NPK na forma mineral. Já Nakao *et al.* (2016) não verificaram efeito significativo de composto orgânico sobre o diâmetro de espigas de milho.

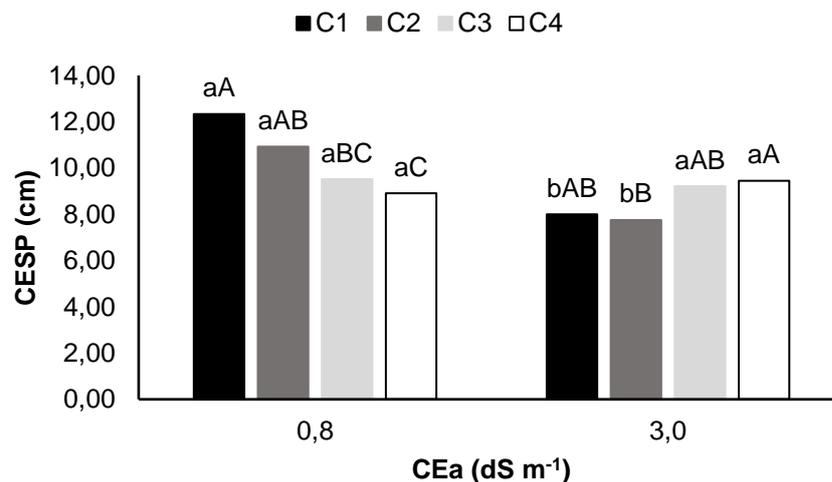
Em relação as reduções observadas, possivelmente o teor salino dos adubos orgânicos tenham potencializado o efeito salino da água de irrigação (SOUZA *et al.*, 2019), causando uma menor absorção de água devido ao estresse osmótico, o que pode ter comprometido os corretos processos de absorção de nutrientes, divisão e expansão celular, reduzindo o diâmetro das espigas (TAIZ *et al.*, 2017).

Contrariando esses resultados, Rodrigues *et al.* (2020) não verificaram influência dos sais no diâmetro das espigas de milho sob salinidade até 5,0 dS m⁻¹.

6.2.6 Comprimento da espiga sem palha

O comprimento das espigas de milho sofreu influência das combinações de adubação e das condutividades elétricas das águas de irrigação (Figura 26). Observa-se diferença estatística entre as combinações de adubação para a água de 0,8 dS m⁻¹, havendo um incremento de 38,38 e 22,56% no comprimento das espigas nos tratamentos C1 e C2 em relação ao tratamento controle C4 (8,91 cm), enquanto que para a água de 3,0 dS m⁻¹ o maior comprimento foi pertencente ao controle C4 (9,44 cm) com uma redução de 17,90% na C2, diferindo-se estatisticamente do controle, havendo diferença estatística também entre as águas para os tratamentos das combinações C1 e C2, sendo, nestas últimas uma redução de 35,11 e 29,03%, respectivamente quando utilizada a água de 3,0 dS m⁻¹.

Figura 26 – Comprimento da espiga sem palha (MESP) de plantas de milho sob irrigação com água salina e combinações de adubação orgânica.



Fonte: dados da pesquisa. Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas entre CEa e maiúsculas entre combinações na mesma CEa, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. C1 – esterco bovino + biofertilizante de aves + biofertilizante caprino, C2 – esterco bovino + biofertilizante caprino, C3 – esterco bovino + biofertilizante de aves, e C4 – tratamento controle.

O comprimento das espigas obtido neste experimento não atende o requisito do padrão comercial mínimo para a cultura do milho, que é de valores superiores a 15 cm (RODRIGUES *et al.*, 2018b), ficando assim abaixo do que é requisitado comercialmente.

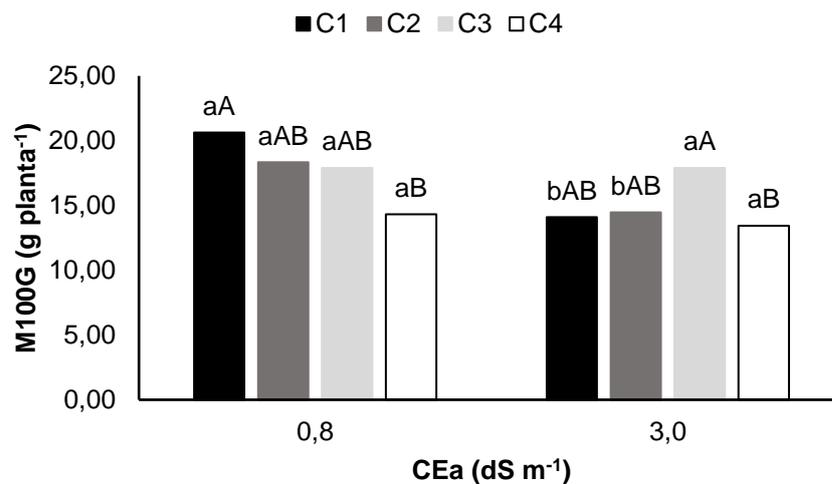
Similarmente ao que ocorre no diâmetro das espigas, o comprimento é uma característica métrica relacionada à projeção do potencial de produção (OHLAND *et al.*, 2005). Kandil *et al.* (2020) verificaram acréscimos no comprimento de espigas de milho quando utilizado composto orgânico na forma de ácido húmico, com uma média de 17,8 cm, valor superior ao obtido no presente estudo. Sales *et al.* (2019) também obtiveram ganhos no comprimento de frutos em quiabo quando utilizada a dose de 1,58 L semana⁻¹ planta⁻¹.

O efeito positivo das adubações na água de 0,8 dS⁻¹ não é verificado na água de 3,0 dS m⁻¹ para C1 e C2, podendo-se atribuir essas relações de redução também ao caráter salino dos fertilizantes orgânicos, que intensifica o estresse salino (SOUZA *et al.*, 2019). Ao contrário do que foi obtido nesse estudo, os sais não influenciaram o comprimento das espigas de milho em estudos desenvolvidos por Rodrigues *et al.* (2020) em CEa crescentes até 5,0 dS m⁻¹.

6.2.7 Massa de 100 grãos

Para a massa de 100 grãos (Figura 27) observa-se um incremento nos valores dos tratamentos que receberam adubos orgânicos quando comparados ao tratamento controle. Na água de 0,8 dS m⁻¹ houve um aumento de 43,96, 27,91 e 24,91% para C1, C2 e C3, respectivamente, em relação ao controle (C4 – 14,33 g), de forma que o maior ganho de massa ocorreu na C1. Para a água de 3,0 dS m⁻¹ os ganhos nas massas foram de 4,98, 7,66 e 33,28% para C1, C2 e C3, respectivamente, em relação ao controle (C4 – 13,43 g), de forma que o maior ganho de massa ocorreu na C3. Já entre as águas, ocorreram reduções de 31,65 e 21,11% em plantas submetidas à água de 3,0 dS m⁻¹ quando comparadas com as massas na água de 0,8 dS m⁻¹ (20,63 e 18,33 g) para os tratamentos C1 e C2.

Figura 27 – Massa de 100 grãos (M100G) de plantas de milho sob irrigação com água salina e combinações de adubação orgânica.



Fonte: dados da pesquisa. Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas entre CEa e maiúsculas entre combinações na mesma CEa, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. C1 – esterco bovino + biofertilizante de aves + biofertilizante caprino, C2 – esterco bovino + biofertilizante caprino, C3 – esterco bovino + biofertilizante de aves, e C4 – tratamento controle.

O ganho de massa semelhante nos cultivos salino e não salino na C3 é resultado do uso do biofertilizante de aves que é rico em N e K (Tabela 3). O N se destaca como sendo um nutriente responsável por atuar diretamente na síntese de compostos osmorreguladores na planta em cultivos salinos (OLIVEIRA *et al.*, 2014b), e o K como responsável pela translocação dos assimilados da fonte para o dreno (grãos), além de regular a abertura estomática (PRADO, 2008).

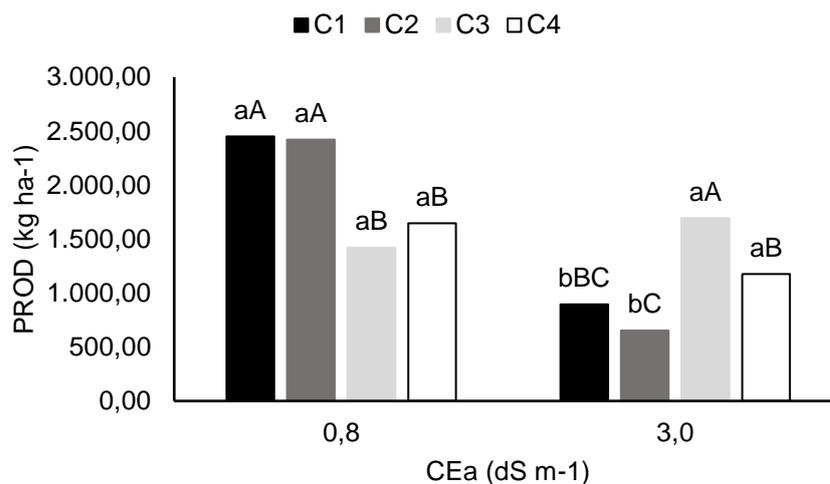
Entretanto, o excesso de íons contidos nos fertilizantes orgânicos pode acabar acentuando o estresse salino pelo caráter salino desses insumos (SOUZA *et al.*, 2019) e afetar a correta disponibilidade dos nutrientes no solo e a posterior absorção pelas plantas, especialmente devido a efeitos antagônicos entre Na⁺ e Cl⁻ e as formas iônicas K⁺ e NO₃⁻, o que influencia no acúmulo de assimilados (VALDERRAMA *et al.*, 2011).

Kandil *et al.* (2020) obtiveram uma massa de 100 grãos de 44,8 g quando utilizaram composto orgânico, valor bem acima do obtido nesse estudo. Também se destaca o efeito negativo dos sais sobre a massa de grãos em plantas de milho irrigadas com águas salinas em estudos desenvolvidos por Rodrigues *et al.* (2020), em que houve redução da massa dos grãos a partir de uma CEa de 1,98 dS m⁻¹.

6.2.8 Produtividade

A produtividade da cultura do milho (Figura 28) foi alterada dentre as combinações de adubação orgânica na CEa de 0,8 dS m⁻¹, com os maiores valores obtidos nos tratamentos C1 e C2, com 2.450,6 e 2.421,1 kg ha⁻¹, respectivamente, que não diferiram estatisticamente entre si, representando incrementos de 48,8 e 47,0% em relação ao tratamento controle (1.646,1 kg ha⁻¹). Já na CEa de 3,0 dS m⁻¹, constatou-se variação de valores conforme a combinação utilizada, com a maior produtividade obtida no tratamento C3 (1.693,3 kg ha⁻¹), um acréscimo de 43,9% em relação ao tratamento controle (1.176,3 kg ha⁻¹). Entre as águas de irrigação obteve-se uma redução na ordem de 63,4 e 73,0% nos tratamentos C1 e C2, respectivamente quando utilizada a água salina em relação a água de 0,8 dS m⁻¹.

Figura 28 – Produtividade (PROD) de milho sob irrigação com água salina e combinações de adubação orgânica.



Fonte: dados da pesquisa. Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas entre CEa e maiúsculas entre combinações na mesma CEa, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. C1 – esterco bovino + biofertilizante de aves + biofertilizante caprino, C2 – esterco bovino + biofertilizante caprino, C3 – esterco bovino + biofertilizante de aves, e C4 – tratamento controle.

Os baixos valores de produtividade podem estar relacionados com o efeito de sombreamento que as plantas tiveram ao longo do experimento em determinado horário do dia, o que pode ter reduzido a produção de fotoassimilados por se tratar de uma planta de mecanismo C4 e, conseqüentemente, ter afetado a produtividade de grãos (FANCELLI, 2015).

Um dos efeitos da salinidade sobre as culturas é o desequilíbrio nutricional ocasionado pelo excesso de sais na solução do solo, que pode antagonizar a absorção de nutrientes importantes para as culturas, como o nitrogênio e o potássio, e reduzir sua produtividade (NAZÁRIO *et al.*, 2013), podendo esse efeito salino ser potencializado pela composição dos fertilizantes (SOUZA *et al.*, 2019), como verificado para as combinações C1 e C2, muito embora possam haver atenuações do estresse com alguns tipos de biofertilizantes.

Benefícios da adubação orgânica na cultura do milho foram constatados por Viana *et al.* (2014) utilizando biofertilizante bovino, em que o efeito da maior concentração do insumo proporcionou uma produtividade de grãos de 3.506 kg ha⁻¹. Kandil *et al.* (2020) também verificaram efeito positivo da adubação orgânica na produtividade da cultura do milho obtendo um valor médio de 6.600 kg ha⁻¹ utilizando esterco bovino e ácido húmico, maior que o deste estudo.

Entretanto, Rodrigues *et al.* (2020) obtiveram decréscimos na produtividade de grãos de milho quando utilizadas águas salinas até 5,0 dS m⁻¹, com redução de 35,72% na água de 3,0 dS m⁻¹ em relação ao tratamento controle na CEa de 1,0 dS m⁻¹, que alcançou uma produtividade de 1.266,6 kg ha⁻¹.

Destaca-se que a maior produtividade obtida com água salina no presente estudo (3,0 dS m⁻¹ na combinação C3 - 1.693,3 kg ha⁻¹), foi superior à produtividade média do estado do Ceará, que obteve na safra 2020/2021 uma produtividade de 1.232,0 kg ha⁻¹.

7 CONCLUSÕES

A irrigação com água de 3,0 dS m⁻¹ altera negativamente os atributos químicos do solo, especialmente com redução do pH e elevação de Na, PST e CEes.

A irrigação com água salina de 3,0 dS m⁻¹ reduz as massas secas das folhas e do pendão da cultura do milho.

A combinação 1 mitiga o estresse salino favorecendo o acúmulo de nitrogênio e de matéria orgânica e a combinação 3 mitiga e favorece o acúmulo de potássio no solo.

A combinação 1 aumenta o conteúdo de fósforo e de potássio quando utilizada a água de 0,8 dS m⁻¹.

A combinação 1 incrementa as massas secas da espiga com e sem palha, o comprimento da espiga, a massa de 100 grãos e a produtividade da cultura do milho sob irrigação com água de 0,8 dS m⁻¹.

As combinações C1 e C2 não exercem influência sobre a produtividade da cultura do milho sob irrigação com água de 3,0 dS m⁻¹.

A combinação 3 atenua o efeito deletério dos sais sobre a produtividade da cultura do milho.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; MORAES GONÇALVES, J. L.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, Jan 2013. Disponível em: http://www.lerf.eco.br/img/publicacoes/Alvares_etal_2014.pdf. Acesso em: 20 mar. 2021.
- ARAÚJO, P. M.; NASS, L. L. Caracterização e avaliação de populações de milho crioulo. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 3, p. 589-593, Set 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sa/a/hYfcXzRXQHn6TMNXtD7wqRp/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 21 mar. 2021.
- ASHRAF, M.; SHAHZAD, S. M.; AKHTAR, N.; IMTIAZ, M.; ALI, A. Salinization/sodification of soil and physiological dynamics of sunflower irrigated with saline-sodic water amending by potassium and farm yard manure. **Journal of Water Reuse and Desalination**, [S.l.], v. 7, n. 4, p. 476-487, Dez 2017. Disponível em: <https://iwaponline.com/jwr/article/7/4/476/28192/Salinization-sodification-of-soil-and>. Acesso em: 21 mar. 2021.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. 2.ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153 p.
- BARBANO, M. T.; DUARTE, A. P.; BRUNINI, O.; RECO, P. C.; PATERNIANI, M. E.; A. G. Z.; KANTHACK, R. A. D. Temperatura-base e acúmulo térmico no subperíodo semeadura-florescimento masculino em cultivares de milho no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 9, n. 2, p. 261-268, 2001. Disponível em: <http://sbagro.org/files/biblioteca/1280.pdf>. Acesso em: 21 mar. 2021.
- BERNARDO, S.; MANTOVANI, E. C.; SILVA, D. D.; SOARES, A. A. **Manual de Irrigação**. 9. ed. Viçosa: UFV, 2019, 545 p.
- BUCHER, C. A.; BUCHER, C. P. C.; ARAÚJO, A. P.; SPERANDIO, M. V. L. Fósforo. In: FERNANDES, M. S.; SOUZA, S. R.; SANTOS, L. A. (eds). **Nutrição Mineral de Plantas** – 2ª ed. Viçosa: SBCS, 2018, Cap. 11, p. 401-428.
- CAVALCANTE, L. F.; REBEQUI, A. M.; SENA, G. S. A.; NUNES, J. C. Irrigação com águas salinas e uso de biofertilizante bovino na formação de mudas de pinhão-manso. **Irriga**, Botucatu, v. 16, n. 3, p. 288-300, Jul-Set 2011. Disponível em: <https://irriga.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/287/175>. Acesso em: 20 mar. 2021.
- CEITA, E. A. R.; SOUSA, G. G.; SOUSA, J. T. M.; GOES, G. F.; SILVA, F. D. B.; VIANA, T. V. A. Emergência e crescimento inicial em plântulas de cultivares de fava irrigada com águas salinas. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 14, n. 1, p. 3854 - 3864, Jan-Fev 2020.
- COELHO, D. S.; SIMÕES, W. L.; MENDES, A. M. S.; DANTAS, B. F.; RODRIGUES, J. A. S.; SOUZA, M. Al. Germinação e crescimento inicial de variedades de sorgo

forrageiro submetidas ao estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 1, p. 25-30, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/4tZM8WnsktHYm8bnyLxFh9c/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 15 fev. 2021.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: Safra 2020/2021**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 25 mar. 2021.

COSTA, A. R. F. C.; MEDEIROS, J. F. Água salina como alternativa para irrigação de sorgo para geração de energia no Nordeste brasileiro. **Water Resources and Irrigation Management**, Cruz das Almas, v. 6, n. 3, p. 169-177, Set – Dez 2017.

COSTA, M. E.; MIRANDA, N. O.; PIMENTA, A. S.; NASCIMENTO, E. K. Á.; RODRIGUES, A. P. M. S.; MENDONÇA JÚNIOR, A. F. Massa seca e teores de nutrientes de plantas de milho sob efeito de águas salinas e biochar. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. Pombal, v. 13, p. 672-682, Out – Dez 2018.

COSTA, M. E.; MORAIS, F. A.; SOUZA, W. C. M.; GURGEL, M. T.; OLIVEIRA, F. H. T. Estratégias de irrigação com água salina na mamoneira. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 1, p. 34-43, Jan – Mar 2013.

DANTAS, M. S. M.; ROLIM, M. M.; DUARTE, A. S.; SILVA, E. F. F.; PEDROSA, E. M. R.; DANTAS, D. C. Chemical Attributes of Soil Fertilized with Cassava Mill Wastewater and Cultivated with Sunflower. **Hindawi Publishing Corporation the Scientific World Journal**, [S.l.], v. 2014, p. 01-10, 2014.

DIAS, N. S.; BLANCO, F. F.; SOUZA, E. R.; FERREIRA, J. F. S.; SOUSA NETO, O. N.; QUEIROZ, I. S. R. Efeitos dos sais na planta e tolerância das culturas à salinidade. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.; GOMES FILHO, E. (Ed.). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. 2. ed. Fortaleza: INCTSal, 2016. Cap. 11, p. 151-161.

DIAS, T.J.; FREIRE, J. L. O.; CAVALCANTE, L. F.; NASCIMENTO, E. S.; DANTAS, L. A.; DANTAS, M. M. M. Atributos químicos do solo irrigado com águas salinas e uso de mitigadores do estresse salino no maracujazeiro amarelo. **Revista Principia**, [S. l.], n. 17, p. 19-29, 2015.

DUTRA, T. R.; MASSAD, M. D.; MOREIRA, P. R.; RIBEIRO, E. S. M. Efeito da salinidade na germinação e crescimento inicial de plântulas de três espécies arbóreas florestais. **Pesquisa florestal brasileira**, Colombo, v. 37, n. 91, p. 323-330, Jul – Set 2017.

EUBA NETO, M.; PEREIRA, W. E.; SOUTO, J. S.; ARRIEL, N. H. C. Crescimento e produtividade de gergelim em Neossolo Flúvico em função de adubação orgânica e mineral. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 63, n. 4, p. 568-575, Jul – Ago 2016.

FANCELLI, A. L. Cultivo racional e sustentável requer maior conhecimento sobre planta do milho. **Visão agrícola**, [S. l.], n. 13, p. 20-23, Jul – Dez 2015.

FAVARATO, L. F.; SOUZA, J. L.; GALVÃO, J. C. C.; SOUZA, C. M.; GUARCONI, R. C.; BALBINO, J. M. S. Crescimento e produtividade do milho-verde sobre diferentes coberturas de solo no sistema plantio direto orgânico. **Bragantia**, Campinas, v. 75, n. 4, p. 497-506, 2016.

FEP - FAZENDA EXPERIMENTAL PIROÁS. **Dados climáticos de 2020**. Disponível em: <http://unilab.edu.br/dados-climaticos-do-datalogger/>. Acesso em: 20 mar. 2021.

FERNANDES, C. N. D.; FERNANDES, C. N. V.; VIANA, T. V. A.; SOBREIRA, A. E. A.; ALVES, J. L. S.; AZEVEDO, B. M. Fertirrigação nitrogenada e potássica na cultura do milho verde. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v.13, n. 6, p. 3724 - 3730, Nov – Dez 2019.

FERNANDES, V. L. B. **Recomendações de adubação e calagem para o estado do Ceará**. Fortaleza: UFC, 1993, 248p.

FORNASIERI FILHO, D. **A cultura do milho**. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 273p

FREIRE, J. L. O.; CAVALCANTE, L. F.; DANTAS, M. M. M.; SILVA, A. G.; HENRIQUES, J. S.; ZUZA, J. F. C. Estresse salino e uso de biofertilizantes como mitigadores dos sais nos componentes morfofisiológicos e de produção de glicófitas. **Revista Principia**, João Pessoa, n.29, p. 30-38, Jun 2016.

FREIRE, M. H. C.; SOUSA, G. G.; SOUZA, M. V. P.; CEITA, E. D. R.; FIUSA, J. N.; GOES, G. F.; GUILHERME, J. M. S.; SALES, J. R. S.; SOUSA, G. G. Ambiência agrícola e estresse salino em mudas. **Revista brasileira de agricultura irrigada**, Fortaleza, v. 13, n. 5, p. 3646-3655, Set – Out 2018.

FREITAS, E. V. S.; FERNANDES, J. G.; CAMPOS, M. C. C.; FREIRE, M. B. G. S. Alterações nos atributos físicos e químicos de dois solos submetidos à irrigação com água salina. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, [S. l.], v. 7, n. 1, p. 21-28, 1º semestre 2007.

GARCIA, J. C.; BONETI, J. E. B.; AZANIA, C. A. M.; BELUCCI, L. R.; VITORINO, R. Fontes de adubação potássica na lixiviação de potássio em neossolo quartzarênico. **Revista Eletrônica Thesis**, São Paulo, v. 24, p. 76-89, 2º semestre 2015. Disponível em: http://www.cantareira.br/thesis2/ed_24/materia5.pdf. Acesso em: 16 mar. 2021.

GLOBALFERT. **Grãos representam 70% do consumo de fertilizantes no Brasil**. Mercado. 2020. Disponível em: <https://www.globalfert.com.br/noticias/mercado/os-graos-representam-70-do-consumo-de-fertilizantes-no-brasil-segundo-o-outlook-globalfert/>. Acesso em: 26 mar. 2021.

GLOBALFERT. **Importação de fertilizantes bate recorde em 2020**. Análises. 2021. Disponível em <https://www.globalfert.com.br/analises/importacao-de-fertilizantes-bate-recorde-em-2020/>. Acesso em: 26 mar. 2021.

GOES, G. F.; GUILHERME, J. M. S.; SALES, J. R. S.; SOUSA, G. G. Ambiência agrícola e estresse salino em mudas de quiabo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 13, n. 5, p. 3646 - 3655, Set – Out 2019. Disponível em: http://www.inovagri.org.br/revista/index.php/rbai/article/view/1125/pdf_571. Acesso em: 01 mar. 2021.

GOMES, L. S. P.; BRAZ, T. G. S.; MOURTHÉ, M. H. F.; PARAÍSO, H. A.; PIRES NETO, O. S.; SILVA, F. E. G.; PEREIRA, L. R. F.; ALMEIDA, B. Q. Níveis de substituição de ureia por esterco bovino na adubação de capim-marandu. **Revista de Ciências Agrárias**, [S. l.], v. 41, n. 4, p. 914-923, 2018.

HARTER, F. S. **Tolerância de cultivares de arroz irrigado ao estresse salino**. 133f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2014.

HIGASHIKAWA, F. S.; MENEZES JÚNIOR, F. O. G. Adubação mineral, orgânica e organomineral: efeitos na nutrição, Produtividade, pós-colheita da cebola e na fertilidade do solo. **Revista Scientia Agraria**, Curitiba, v. 18, n. 2, p. 01-10, Abr – Jun 2017.

HOLANDA FILHO, R. S. F.; SANTOS, D. B.; AZEVEDO, C. A. V.; COELHO, E. F.; LIMA, V. L. A. Água salina nos atributos químicos do solo e no estado nutricional da mandioca. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 1, p. 60–66, 2011.

HOLANDA, J. S.; AMORIM, J. R. A.; FERREIRA NETO, M.; HOLANDA, A. C.; SÁ, F. V. S. Qualidade da água para irrigação. IN: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.; GOMES FILHO, E. (Ed.). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. 2. ed. Fortaleza: INCTSal, 2016. Cap. 4, p. 35-47.

KANDIL, E. E.; ABDELSALAM, N. R.; MANSOUR, M. A.; ALI, H. M.; SIDDIQUI, M. H. Potentials of organic manure and potassium forms on maize (*Zea mays* L.) growth and production. **Scientific Reports**, [S. l.], v.10, p. 8752, 2020.

LEITE, E. M.; CAVALCANTE, L. F.; DINIZ, A. A.; SANTOS, R. V.; SILVA ALVES, G.; CAVALCANTE, I. H. L. Correção da sodicidade de dois solos irrigados em resposta à aplicação de gesso agrícola. **Irriga**, Botucatu, v. 12, n. 2, p. 168-176, Abr – Jun 2007.

LIMA, F. A.; VIANA, T. V. A.; SOUSA, G. G.; CORREIA, L. F. M.; AZEVEDO, B. M. Yield of strawberry crops under different irrigation levels and biofertilizer doses. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 49, n. 3, p. 381-388, Jul – Set 2018.

LIMA G. S.; SILVA, J. B.; PINHEIRO, F. W. A.; SOARES, L. A. A.; GHEYI, H. R. Potassium does not attenuate salt stress in yellow passion fruit under irrigation management strategies. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 33, n. 4, p. 1082 – 1091, Out – Dez 2020.

LIMA, G. S.; DIAS, A. S.; SOARES, L. A. A.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; SILVA, A. A. R. Eficiência fotoquímica, partição de fotoassimilados e produção do algodoeiro

sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista de Ciências Agrárias**, [S. l.], v. 42, n. 1, p. 214-225, 2019.

LIMA, G. S.; MOREIRA, B. L.; SILVA, A. G.; DINIZ NETO, M. L.; OLIVEIRA, D. S.; CAVALCANTE, A. P. Crescimento e produtividade de algodão de fibra colorida cultivado sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 21, n. 6, p. 415-420, 2017.

LINHARES, P. S. F.; ALVES, R. C.; MEDEIROS, A. M. A.; LIMA, L. A.; BEZERRA, F. M. S.; CAVALCANTE, A. L. G.; OLIVEIRA, F. A. Alterações químicas no Argissolo cultivado com berinjela irrigada com águas salinas. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos, v. 8, n. 3, p. 07-19, Jul – Set 2013.

LINS, F. J. A.; FERREIRA, P. V.; ASSUNÇÃO, M. C.; SANTOS, D. F.; CARVALHO, A. P. V.; SANTOS, N. E. A. Crescimento de genótipos experimentais de milho em função de doses crescentes de nitrogênio. **Ciência Agrícola**, Rio Largo, v. 15, n. 2, p. 19-27, 2017.

LOPES, N. F.; LIMA, M. G. S. **Fisiologia da Produção**. Viçosa: UFV, 2015, 492p.

MAAS, E., V. Salt tolerance of plants. **Applied Agriculture Research**, [S. l.], v. 1, p. 12-26, 1986.

MAAS, E. V.; HOFFMAN, G. J. Crop salt tolerance – Current assessment. **Journal of Irrigation and Drainage Division**, [S. l.], v. 103, n. 2, p. 115-134, 1977.

MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Instrução Normativa SDA Nº 61 de 8 de julho de 2020**. Estabelece as regras sobre definições, exigências, especificações, garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos fertilizantes orgânicos e dos biofertilizantes, destinados à agricultura. Brasília, Julho de 2020. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/instrucao-normativa-n-61-de-8-de-julho-de-2020-266802148#:~:text=Estabelece%20as%20regras%20sobre%20defini%C3%A7%C3%B5es,dos%20biofertilizantes%2C%20destinados%20%C3%A0%20agricultura>. Acesso em: 26 mar. 2021.

MARIANO, E. F.; ARAÚJO, R. C.; SANTOS, R. L.; DINIZ, B. L. M. T.; MAGALHÃES, W. B.; MELO, T. S. Atributos químicos de solo e crescimento de fava cultivada sob diferentes adubações orgânicas. **Scientific Journal of Environmental Sciences and Biotechnology**, [S. l.], v. 6, n. 3, p. 71-80, Dez 2020.

MARTINS, A. G.; SEIDEL, E. P.; RAMPIM, L.; ROSSET, J. S.; PRIOR, M.; COPPO, J. C. Aplicação de bioestimulante em sementes de milho cultivado em solos de diferentes texturas. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 15, n. 4, p. 440-445, Out – Dez 2016

MARTINS, C. M.; MARTINS, S. C. S.; BORGES, W. L. Correção da acidez, adubação e fixação biológica. In: VALE, J. C.; BERTINI, C.; BORÉM, A. **Feijão-caupi: do plantio a colheita**. Viçosa: UFV, 2017, Cap. 5, p. 89-125.

MAVI, M. S.; MARSCHNER, P.; CHITTLEBOROUGH, D. J.; COX, J. W.; SANDERMAN, J. Salinity and sodicity affect soil respiration and dissolved organic matter dynamics differentially in soils varying in texture. **Soil Biology and Biochemistry**, [S. l.], v. 45, p. 8-13, Fev 2012.

MEDEIROS, J. F. **Qualidade da água de irrigação utilizada nas propriedades assistidas pelo "GAT" nos Estados do RN, PB, CE e avaliação da salinidade dos solos**. 173f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1992.

MEDEIROS, J. F.; TERCEIRO NETO, C. P. C.; DIAS, N. S.; GHEYI, H. R.; SILVA, M. V. T.; LOIOLA, A. T. Salinidade e pH de um argissolo irrigado com água salina sob estratégias de manejo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 11, n. 3, p. 1407 - 1419, Mai – Jun 2017.

MENEZES, A. S.; RIBEIRO, A. A.; TAVARES, M. K. N.; SANTOS, C. K. G.; ARAGÃO, M. F.; MOREIRA, F. J. C. Salinidade na germinação e crescimento inicial de girassol (*Helianthus annuus* L.) submetido a estresse salino. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 7, n. 2, p. 23-32, 2015.

MENEZES, R. S. C.; SALCEDO, I. H. Mineralização de N após incorporação de adubos orgânicos em um Neossolo Regolítico cultivado com milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 4, p. 361-367, 2007.

MENGMENG, C.; SHIRONG, Z.; LIPENG, W.; CHAO, F.; XIAODONG, D. Organic Fertilization Improves the Availability and Adsorptive Capacity of Phosphorus in Saline-Alkaline Soils. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, [S. l.], v. 21, p. 487–496, Nov 2021.

MEURER, E. J.; TIECHER, T.; MATTIELLO, L. Potássio. In: FERNANDES, M. S.; SOUZA, S. R.; SANTOS, L. A. (eds). **Nutrição Mineral de Plantas** – 2ª ed. Viçosa: SBCS, 2018, Cap. 12, p. 429-464.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review Plant Biology**, [S. l.], v. 59, p. 651-681, Jun 2008.

NAKAO, A. H.; RODRIGUES, R. A. F.; SOUZA, M. F. P.; CATALANI, G. C.; CENTENO, D. C. Aplicação de composto orgânico e adubo químico no feijoeiro e seu efeito residual sobre a cultura do milho. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v. 25, n. 4, p. 387-400, 2016.

NASCIMENTO, E. S.; CAVALCANTE, L. F.; GONDIM, S. C.; SOUZA, J. T. A.; BEZERRA, F. T. C.; BEZERRA, M. A. F. Formação de mudas de maracujazeiro amarelo irrigadas com águas salinas e biofertilizantes de esterco bovino. **Revista Agropecuária Técnica**, Areia, v. 38, n. 1, p. 1-8, 2017b.

NASCIMENTO, J. A. M.; SOUTO, J. S.; CAVALCANTE, L. F.; MEDEIROS, S. A. S.; PEREIRA, W. E. Produção de melancia em solo adubado com esterco bovino e

potássio. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 12, n.2, p. 122-127, 2017a.

NAZÁRIO, A. A.; BESTETE, L. O.; GARCIA, G. O.; REIS, E. F.; CECÍLIO, R. A. Desenvolvimento e produção do milho irrigado com água de diferentes condutividades elétricas. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 10, n. 2, p. 117-130, Mar – Abr 2013.

NEVES, A. L. R.; LACERDA, C. F.; GUIMARÃES, F. V. A.; HERNANDEZ, F. F. F.; SILVA, F. B.; PRISCO, J. T.; GHEYI, H. R. Acumulação de biomassa e extração de nutrientes por plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 3, p. 758-765, Mai – Jun 2009.

NUNES, L. R. L.; PINHEIRO, P. R.; CABRAL, F. A. S.; SILVA, J. B.; DUTRA, A. S. Ascorbic acid of cowpea seeds under saline stress. **Journal of Seed Science**, [S. l.], v. 41, n. 4, p. 441-451, 2019a. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jss/a/m6mPwVC3r87nM5vCxR68YmX/?lang=en&format=pdf>. Acesso em: 05 mar. 2021.

NUNES, L. R. L.; PINHEIRO, P. R.; PINHEIRO, C. L.; LIMA, K. A. P.; DUTRA, A. S. Germination and vigour in seeds of the cowpea in response to salt and heat stress. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 32, n. 1, p. 143 – 151, 2019b.

OHLAND, R. A. A., SOUZA, L. C. F., HERNANI, L. C., MARCHETTI, M. E. E GONÇALVES, M. C. Culturas de cobertura do solo e adubação nitrogenada no milho em plantio direto. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 29, p. 538-544, Mai – Jun 2005.

OLIVEIRA, A. P.; GONDIM, P. C.; SILVA, O. P. R.; OLIVEIRA, A. N. P.; GONDIM, S. C.; SILVA, J. A. Produção e teor de amido da batata-doce em cultivo sob adubação com matéria orgânica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 8, p. 830-834, 2013.

OLIVEIRA, A. P.; SILVA, O. P. R.; BANDEIRA, N. V. S.; SILVA, D. F.; SILVA, J. A.; PINHEIRO, S. M. G. Rendimento de maxixe em solo arenoso em função de doses de esterco bovino e biofertilizante. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 11, p. 1130-1135, 2014a.

OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; ALVES, R. C.; LINHARES, P. S. F.; MEDEIROS, A. M. A.; OLIVEIRA, M. K. T. Interação entre salinidade da água de irrigação e adubação nitrogenada na cultura da berinjela. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, p. 480-486, 2014b.

OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; CUNHA, R. C.; SOUZA, M. W. L.; LIMA, L. A. Uso de bioestimulante como agente amenizador do estresse salino na cultura do milho pipoca. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 47, n. 2, p. 307-315, Abr – Jun 2016.

PEDROTTI, A.; CHAGAS, R. M.; RAMOS, V. C.; PRATA, A. P.; LUCAS, A. A. T.; SANTOS, P. B. Causas e consequências do processo de salinização dos solos.

Revista Eletrônica Em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, Santa Maria, v. 19, n. 2, p. 1308–1324, Mai – Ago 2015.

PEREIRA, E. D.; FERNANDES DE QUEIROGA, R. C.; SILVA, Z. L.; ASSIS, L. E.; SOUSA, F. F. Produção e qualidade do meloeiro sob osmocondicionamento da semente e níveis de salinidade da água. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 13, n. 1, p. 08-15, Jan – Mar 2018.

PEREIRA FILHO, J. V.; VIANA, T. V. A.; SOUSA, G. G.; CHAGAS, K. L.; AZEVEDO, B. M.; PEREIRA, C. M. C. S. Physiological responses of lima bean subjected to salt and water stresses. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 23, n. 12, p. 959-965, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/KWXgMq7q6DGXp87pzzsYDhk/?lang=en&format=pdf>. Acesso em: 05 abr. 2021.

PINTO, L. E. V.; GOMES, E. D.; SPÓSITO, T. H. N. Uso de esterco bovino e de aves na adubação orgânica da alface como prática agroecológica. **Colloquium Agrariae**, [S. l.], v. 12, n. Especial, p. 75-81, Jul – Dez 2016.

PRADO, R. M. **Nutrição de Plantas**. São Paulo: UNESP, 2008, 407p.

RIBEIRO, M. R.; RIBEIRO FILHO, M. R.; JACOMINE, P. K. T. Origem e classificação dos solos afetados por sais. *In*: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.; GOMES FILHO, E. (Ed.). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. 2. ed. Fortaleza: INCTSal, 2016. Cap. 2, p. 09-15.

RICHARDS, L. A. (ed.). **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington D.C.: U.S. Department of Agriculture, 1954. 160p.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. **Como a planta de milho se desenvolve**. Piracicaba: Potafos. Informações agrônômicas, 2003. 20p.

ROCHA, M. G.; BASSOI, L. H.; SILVA, D. V. Atributos do solo, produção da videira ‘Syrah’ irrigada e composição do mosto em função da adubação orgânica e nitrogenada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 37, n. 1, p. 220-229, Mar 2015.

RODRIGUES, V. S.; SOUSA, G. G.; SARAIVA, S. E. L.; CARDOSO, E. R. C.; PEREIRA FILHO, J. V.; VIANA, T. V. A. Atributos químicos do solo em área cultivada com milho sob irrigação com água salina. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 12, n. 7, p. 3129 - 3138, Nov – Dez 2018a.

RODRIGUES, F.; MELO, P. G. S.; RESENDE, C. L. P.; MROJINSKI, F.; MENDES, R. C.; SILVA, M. A. Aptidão de híbridos de milho para o consumo *in natura*. **Revista de Ciências Agrárias**, [S. l.], v. 41, n. 2, p. 484-492, 2018b.

RODRIGUES, V. S.; BEZERRA, F. M. L.; SOUSA, G. G.; FIUSA, J. N.; LEITE, K. N.; VIANA, T. V. A. Yield of maize crop irrigated with saline waters. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 24, n. 2, p. 101-105, 2020. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/rSzFSFfswqqMKcyTJbwgDYy/?lang=en&format=pdf>. Acesso em: 10 abr. 2021.

ROOS, E.; SOARES, A. A. S. C.; MOREIRA, A. G.; SANTOS, E. R.; COSTA, P. F.; SILVA, W. P. Influência do esterco de aves na produção orgânica de tomate tipo cereja. **Cadernos de Agroecologia**, Sergipe, v. 15, n. 2, p. 1-5, 2020. Disponível em: <http://cadernos.aba-agroecologia.org.br/index.php/cadernos/article/view/5502/4608>. Acesso em: 10 abr. 2021.

SALES, J. R. S.; SOUSA, G. G.; MORAES, J. G. L.; LEITE, K. N.; VIANA, T. V. A. Production and quality of okra fruits submitted to doses and types of biofertilizers. - **Journal of Agricultural Science**, [S. l.], v. 11, n. 4, p. 507-514, 2019.

SANTOS, A. P. G.; VIANA, T. V. A.; SOUSA, G. G.; GOMES-DO-Ó, L. M.; AZEVEDO, B. M.; SANTOS, A. M. Produtividade e qualidade de frutos do meloeiro em função de tipos e doses de biofertilizantes. **Horticultura Brasileira**, [S. l.], v. 32, n. 4, p. 409-416, Out – Dez 2014.

SANTOS, F. S. S.; VIANA, T. V. A.; COSTA, S. C.; SOUSA, G. G.; AZEVEDO, B. M. Growth and yield of semi-hydroponic bell pepper under desalination waste-water and organic and mineral fertilization. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 32, n. 4, p. 1005 – 1014, Out – Dez 2019.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 2018.

SANTOS, R. V.; CAVALCANTE, L. F.; VITAL, A. F. M.; LACERDA, C. F.; SOUZA, E. R.; LIMA, G. S. Interação salinidade-fertilidade do solo. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.; GOMES FILHO, E. (Ed.). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. 2. ed. Fortaleza: INCTSal, 2016. Cap. 18, p. 277-293.

SENA, G. S. A.; NOBRE, R. G.; SOUZA, L. P.; ARAÚJO, S. C. A.; SILVA, I. A. Crescimento de porta-enxerto de goiabeira cv. Paluma irrigada com águas salinas e adubação nitrogenada. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 26, n. 02, p.190-199, 2018.

SETIA, R.; MARSCHNER, P. Carbon mineralization in saline soils is affected by residue composition and water potential. **Biology and Fertility of Soils**, [S. l.], v. 49, p. 71-77, 2013.

SILVA, D. F.; GARCIA, P. H. M.; SANTOS, G. C. L.; FARIAS, I. M. S. C.; PÁDUA, G. V. G.; PEREIRA, P. H. B.; SILVA, F. E.; BATISTA, R. F.; GONZAGA NETO, S.; CABRAL, A. M. D. Características morfológicas, melhoramento genético e densidade de plantio das culturas do sorgo e do milho: uma revisão. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 3, e12310313172, 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org>. Acesso em: 02 fev. 2021.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **Africal Journal of Agriculture Research**, [S. l.], v. 11, n. 39, p. 3733 - 3740, 2016.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 370 p.

SILVA, F. L.; VIANA, T. V. A.; SOUSA, G. G.; COSTA, S. C.; AZEVEDO, B. M. Yield of common fig fertigated with bovine biofertilizer in the semiarid region of Ceará. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 29, n. 2, p. 425 – 434, Abr – Jun 2016.

SILVA, F. L. B.; LACERDA, C. F.; SOUSA, G. G.; NEVES, A. L. R.; SILVA, G. L.; SOUSA, C. H. C. Interação entre salinidade e biofertilizante bovino na cultura do feijão-de-corda. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 4, p.383-389, 2011.

SILVA, F. L. B.; LACERDA, C. F.; NEVES, A. L. R.; SOUSA, G. G.; SOUSA, C. H. C.; FERREIRA, F. J. Irrigação com águas salinas e uso de biofertilizante bovino nas trocas gasosas e produtividade de feijão-de-corda. **Irriga**, Botucatu, v. 18, n. 2, p. 304-317, Abr – Jun 2013.

SILVA, J. F.; HONORATO, A. C.; QUEIROZ, M. A. A.; COSTA, M. M.; YANO-MELO, A. M. Morphogenic, structural, and productive characteristics of *Cenchrus ciliaris* L. grown using different levels of caprine and ovine biofertilizer. **Semina: Ciências Agrárias**, [S. l.], v. 38, n. 1, p. 355-368. 2017.

SILVA, J. G.; NASCIMENTO, J. M. L.; SANTOS, M. R. B.; GAMA, A. A.; QUEIROZ, M. A. A.; YANO-MELO, A. M. Biofertilizante caprino no desenvolvimento de *Urochloa ruziziensis*. **Archivos em Zootecnia**, [S. l.], v. 64, n. 248, p. 323-329. 2015.

SILVA JÚNIOR, J. M. T.; TAVARES, R. C.; MENDES FILHO, P. F.; GOMES, V. F. F.; Efeitos de níveis de salinidade sobre a atividade microbiana de um Argissolo Amarelo incubado com diferentes adubos orgânicos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 4, n. 4, p. 378-382, Out – Dez 2009.

SILVEIRA, D. C.; BONETTI, L. P.; TRAGNAGO, J. L.; NETO, N.; MONTEIRO, V. Caracterização agromorfológica de variedades de milho crioulo (*Zea mays* L.) na região noroeste do Rio Grande do Sul. **Revista Ciência e Tecnologia**, v. 1, n. 1, p. 01-11, 2015.

SOBRAL, L. F.; BARRETO, M. C. V.; SILVA, A. J.; ANJOS, J. L. **Guia prático para interpretação de resultados de análises de solos**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015.

SOLOGUREN, L. Demanda mundial cresce e Brasil tem espaço para expandir produção. **Revista Visão Agrícola**, [S. l.], v. 13, p. 8-11, Jul – Dez 2015.

SOUSA, G. B.; CAVALCANTE, L. F.; CAVALCANTE, I. H. L.; BECKMANN-CAVALCANTE, M. Z.; NASCIMENTO, J. A. Salinidade do substrato contendo

biofertilizante para formação de mudas de maracujazeiro irrigado com água salina. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 2, p. 172-180, Abr – Jun 2008.

SOUSA, G. G.; LACERDA, C. F.; CAVALCANTE, L. F.; GUIMARÃES, F. V. A.; BEZERRA, M. E. J.; SILVA, G. L. Nutrição mineral e extração de nutrientes de planta de milho irrigada com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 11, p. 1143-1151, 2010.

SOUSA, G. G.; SANTOS, E. M.; VIANA, T. V. A.; OLIVEIRA, C. M. B.; ALVINO, F. C. G.; AZEVEDO, B. M. Fertirrigação com biofertilizante bovino na cultura do feijoeiro. **Agropecuária Científica no Semiárido**, [S. l.], v.9, p. 76-82, Out – Dez 2013.

SOUSA, G. G.; VIANA, T. V. A.; LACERDA, C. F.; AZEVEDO, B. M.; SILVA, G. L.; COSTA, F. R. B. Estresse salino em plantas de feijão-caupi em solo com fertilizantes orgânicos. **Revista Agro@ambiente On-line**, Monte Cristo, v. 8, n. 3, p. 359-367, 2014.

SOUSA, G. G.; VIANA, T. V. A. V.; SILVA, G. L.; DIAS, C. N.; AZEVEDO, B. M. Interação entre salinidade e biofertilizante de caranguejo na cultura do milho. **Magistra**, [S. l.], v. 28, n.1, p. 44-53, 2016a.

SOUSA, G. G.; RODRIGUES, V. S.; VIANA, T. V. A.; SILVA, G. L.; REBOUÇAS NETO, M. O.; AZEVEDO, B. M. Irrigação com água salobra na cultura do rabanete em solo com fertilizantes orgânicos. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 10, n. 6, p. 1065 - 1074, 2016b.

SOUSA, G. G.; VIANA, T. V. A.; REBOUÇAS NETO, M. O.; SILVA, G. L.; AZEVEDO, B. M.; COSTA, F. R. B. Características agronômicas do girassol irrigado com águas salinas em substratos com fertilizantes orgânicos. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 9, n. 1, p. 65-75, 2017.

SOUSA, R. A.; LACERDA, C. F.; AGUIAR, E. M.; PRAXEDES, S. C. Efeito da aplicação de biofertilizante líquido no desenvolvimento do sorgo irrigado com água salobra. **Científica**, Jaboticabal, v. 46, n. 4, p. 380-397, 2018a.

SOUSA, G. G.; SOUSA, C. H. C.; SOUZA, M. V. P.; FREIRE, M. H. C.; SILVA, G. L. Trocas gasosas na cultura da fava irrigada com águas salinas. **Irriga**, Botucatu, v. 1, n. 2, p. 19-23, Edição Especial Winotec, 2018b.

SOUSA, G. G.; RODRIGUES, V. S.; SALES, J. R. S.; CAVALCANTE, F.; SILVA, G. L.; LEITE, K. N. Estresse salino e cobertura vegetal morta na cultura do milho. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 12, n. 7, p. 3078 – 3089, Nov – Dez 2018c.

SOUSA, G. G.; RODRIGUES, V. S.; SOARES, S. C.; DAMASCENO, I. N.; FIUSA, J. N.; SARAIVA, S. E. L. Irrigation with saline water in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) in a soil with bovine biofertilizer. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 22, n. 9, p. 604-609, 2018d.

SOUSA, G. G.; SOUZA, M. V. P.; GUILHERME, J. M. S.; SILVA JÚNIOR, F. B.; FREITAS, A. G. S.; VIANA, T. V. A. Crescimento de morangueiro submetido a níveis de salinidade e adubação orgânica. **Revista Verde**, Pombal, v. 14, n. 4, p. 485-490, Out – Dez 2019.

SOUSA, G. G.; MENDONÇA, A. M.; SALES, J. R. S.; SILVA JÚNIOR, F. B.; MORAES, J. G. L.; SOUSA, J. T. M. Morphophysiological characteristics of okra plants submitted to saline stress in soil with organic fertilizer. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 11, e3241, 2020.

SOUZA, D. M. G.; MIRANDA, L. N.; OLIVEIRA, S. A. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (eds). **Fertilidade do Solo**. Viçosa: SBCS, 2007, Cap. 5, p. 205-274.

SOUZA, J. L.; RESENDE, P. **Manual de Horticultura orgânica**. 2.ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2014. 814 p.

SOUZA, L. S. B.; MOURA, M. S. B.; SEDIYAMA, G. C.; SILVA, T. G. F. Requerimento hídrico e coeficiente de cultura do milho e feijão-caupi em sistemas exclusivo e consorciado. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 4, p. 151–160, Out – Dez 2015.

SOUZA, M. V. P.; SOUSA, G. G.; SALES, J. R. S.; FREIRE, M. H. C.; SILVA, G. L.; VIANA, T. V. A. Saline water and biofertilizer from bovine and goat manure in the Lima bean crop. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.14, n. 3, e5672, 2019.

SOUZA, M. W. L.; CUNHA, R. C.; COSTA, P. A. A.; MOURA, I. N. B. M.; BEZERRA, F. M. S.; LIMA, L. A.; PEREIRA, L. A. F.; OLIVEIRA, F. A. Desenvolvimento inicial de milho doce e milho pipoca sob estresse salino. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos, v. 10, n. 3, p. 65-72, Jul – Set 2014.

SOUZA, R. S.; FERNANDES, M. S. Nitrogênio. In: FERNANDES, M. S.; SOUZA, S. R.; SANTOS, L. A. (eds). **Nutrição Mineral de Plantas** – 2ª ed. Viçosa: SBCS, 2018, Cap. 9, p. 309-366.

TAIZ, L., ZEIGER, E., MOLLER, I. M., MURPHY, A (Org). **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: ARTEMED, 2017.

THORBURN, P. J.; BIGGS, J. S.; WEBSTER, A. J.; BIGGS, I. M. An improved way to determine nitrogen fertilizer requirements of sugarcane crops to meet global environmental challenges. **Plant and Soil**, [S. l.], v. 339, n. 1-2, p. 51-67, 2011.

TOLEDO, F. D. **Tecnologia das sementes**: Melhoramento e produção do milho. Campinas: Fundação Cargill, p. 571-619, 1980.

TORRES, E. C. M.; FREIRE, J. L. O.; OLIVEIRA, J. L.; BANDEIRA, L. B. MELO, D. A. SILVA, A. L. Biometria de mudas de cajueiro anão irrigadas com águas salinas e

uso de atenuadores do estresse salino. **Nativa**, Sinop, v. 2, n. 02, p. 71-78, Abr – Jun 2014.

VALDERRAMA, M.; BUZETTI, S.; BENETT, C. G. S.; ANDREOTTI, M.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Fontes e doses de NPK em milho irrigado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 2, p. 254-263, Abr – Jun 2011.

VENEGAS, F. Efeito de doses de farinha de carne e osso como fonte de fósforo na produção de milho verde (*Zea mays* L.). **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, Campo Grande, v. 13, n. 1, p. 63-76, 2009.

VIANA, T. V. A; LIMA, J. G. A.; SOUSA, G. G.; PINHEIRO NETO, L. G.; AZEVEDO, B. M. Growth, gas exchange and yield of corn when fertigated with bovine biofertilizer. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 3, p. 106 – 114, Jul – Set 2014.