



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

VALDÉCIO DOS SANTOS RODRIGUES

**MANEJO DA IRRIGAÇÃO COM ÁGUA SALINA NA CULTURA DO MILHO NO
MACIÇO DE BATURITÉ-CE**

FORTALEZA

2019

VALDÉCIO DOS SANTOS RODRIGUES

MANEJO DA IRRIGAÇÃO COM ÁGUA SALINA NA CULTURA DO MILHO NO
MACIÇO DE BATURITÉ-CE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Irrigação e Drenagem

Orientador: Prof. Dr. Francisco Marcus Lima Bezerra.

Coorientador: Prof. Dr. Geocleber Gomes de Sousa.

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

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

- R617m Rodrigues, Valdécio dos Santos.
Manejo da Irrigação com Água Salina na Cultura do Milho no Maciço de Baturité-CE / Valdécio dos Santos Rodrigues. – 2019.
60 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2019.
Orientação: Prof. Dr. Francisco Marcus Lima Bezerra.
Coorientação: Prof. Dr. Geocleber Gomes de Sousa.
1. Zea mays L.. 2. Estresse salino. 3. Trocas gasosas. 4. Produtividade. 5. Química do solo. I. Título.
CDD 630
-

VALDÉCIO DOS SANTOS RODRIGUES

MANEJO DA IRRIGAÇÃO COM ÁGUA SALINA NA CULTURA DO MILHO NO
MACIÇO DE BATURITÉ-CE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Irrigação e Drenagem.

Aprovada em: 20/02/2019.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Francisco Marcus Lima Bezerra (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

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

Bolsista PNPd/CAPES- Dra. Krishna Ribeiro Gomes
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Fred Denilson Barbosa da Silva
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)

Aos meus pais, Candido e Maria da Luz, pelos ensinamentos fundamentais que contribuíram para o meu crescimento pessoal e profissional.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus.

Aos meus pais e demais familiares, pelo incentivo e apoio incondicional.

À Fazenda Experimental da Universidade Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB) pelo espaço oferecido para a realização do experimento.

Ao meu orientador, professor Dr. Marcus Lima Bezerra que confiou em mim e me deu a oportunidade e liberdade de trabalhar junto ao coorientador.

Ao meu coorientador professor Dr. Geocleber Gomes de Sousa pelo valioso e imprescindível acompanhamento e pela orientação deste trabalho.

Ao grupo de pesquisa Biosal, pela ajuda na instalação, na condução e análise do experimento.

À todos os colegas do curso de pós-graduação em engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, em especial da entrada 2017.1 pelos bons momentos vividos, pela grande amizade compartilhada e pelo apoio dado durante esta jornada acadêmica.

À todos que fazem parte da Estação Agrometeorológica da Universidade Federal do Ceará, na pessoa do professor Dr. Thales de Araújo Viana pelo espaço cedido aos alunos como ponto de apoio e a prontidão para ajudar.

À amiga quase irmã Maise Soares e a seus pais senhor Antônio Nascimento e dona Cármen Soares pela amizade, apoio incondicional em Fortaleza, me tratando como parte da família, tendo me proporcionando bons momentos e me ajudando a superar a saudade de casa.

À Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) pelo financiamento do projeto.

"O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001."

RESUMO

O milho é uma das culturas mais produzidas no mundo inteiro e destaca-se como fonte de renda e alimento para muitos produtores em diversas regiões do planeta. Devido à crescente demanda por água de boa qualidade para o consumo humano, especialmente em regiões áridas e semiáridas, existe uma pressão para que os produtores agrícolas utilizem águas de qualidades inferiores. Diante disto, objetivou-se avaliar a influência da irrigação com água salina sobre as trocas gasosas e a produtividade da cultura do milho, bem como os atributos químicos do solo. O estudo foi conduzido em campo, no período de agosto a dezembro de 2017, na Fazenda experimental da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), Redenção-CE. O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso, com cinco níveis de salinidade da água de irrigação (1,0; 2,0; 3,0; 4,0 e 5,0 dS m⁻¹) e quatro repetições. Aos 45 dias após a semeadura (DAS) foram avaliadas as variáveis fisiológicas (fotossíntese, transpiração, condutância estomática, concentração interna de CO₂, temperatura foliar e a eficiência do uso da água) e aos 110 DAS as variáveis de produção (massa da espiga com palha e sem palha, comprimento e diâmetro da espiga sem palha, massa do sabugo, massa de 1000 grãos e a produtividade) e os atributos químicos do solo (condutividade elétrica do solo, pH da solução do solo, teores de cálcio, magnésio, potássio, sódio e percentagem de sódio trocável). A salinidade da água de irrigação reduziu a fotossíntese, a condutância estomática, a transpiração e a concentração interna de CO₂ e aumentou a temperatura foliar, bem como a eficiência do uso da água. Quanto as variáveis de produção, verificaram-se que o aumento da concentração dos sais da água de irrigação reduziu a massa da espiga com palha e sem palha, massa do sabugo, massa de 1000 grãos e a produtividade. O comprimento e o diâmetro da espiga não foram influenciados pelo aumento da salinidade da água. Sobre os atributos químicos do solo analisados constatou-se que a irrigação com água de salinidade crescente reduziu os teores de cálcio e potássio da solução do solo, porém aumentou a salinidade, o teor de sódio e percentagem do sódio trocável do solo. O teor de magnésio e o pH da solução do solo não foram influenciados pelo aumento da salinidade da água.

Palavras-chave: *Zea mays* L. Estresse salino. Trocas gasosas. Produtividade. Química do solo.

ABSTRACT

Corn is one of the most produced crops worldwide and stands out as a source of income and food for many producers in various regions of the planet. Due to the increasing demand for good quality water for human consumption, especially in arid and semi-arid regions, there is pressure for agricultural producers to use water of inferior quality. The objective of this study was to evaluate the influence of irrigation with saline water on the gas exchange and yield of the maize crop, as well as the chemical attributes of the soil. The study was conducted in the field from August to December 2017 at the Experimental Farm of the University of International Integration of Afro-Brazilian Lusophony (UNILAB), Redenção-CE. A randomized complete block design with five irrigation water salinity levels (1.0, 2.0, 3.0, 4.0 and 5.0 dS m⁻¹) and four replications was used. The physiological variables (photosynthesis, transpiration, stomatal conductance, CO₂ internal concentration, leaf temperature and water use efficiency) were evaluated at 45 days after sowing (DAS) and the production variables (spike mass with straw and straw without straw, length and diameter of the spur without straw, mass of the cob, mass of 1000 grains and productivity) and soil chemical attributes (soil electrical conductivity, soil solution pH, calcium, magnesium, potassium, sodium and percentage of exchangeable sodium). The salinity of irrigation water reduced photosynthesis, stomatal conductance, transpiration and internal CO₂ concentration and increased leaf temperature and water efficiency. Regarding the production variables, it was verified that the increase of the concentration of the salts of the irrigation water reduced the mass of the spike with straw and without straw, mass of the cob, mass of 1000 grains and productivity. The length and the diameter of the spike were not influenced by the increase of the salinity of the water. On the chemical attributes of the soil analyzed, it was verified that irrigation with increasing salinity water reduced the calcium and potassium contents of the soil solution, but increased the salinity, the sodium content and the percentage of exchangeable sodium in the soil. Magnesium content and pH of the soil solution were not influenced by the increase in water salinity.

Keywords: *Zea mays* L. Saline stress. Gas Exchange. Productivity. Soil chemistry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Detalhe da planta após o desbaste. Fazenda Piroás, Redenção, Ceará, 2017.....	24
Figura 2	– Avaliação do coeficiente de distribuição (CUD). Fazenda Piroás, Redenção, Ceará, 2017.....	25
Figura 3	– Tanque classe “A” instalado próxima a área experimental.....	26
Figura 4	– Reservatórios de água utilizado na área experimental. Fazenda Piroás, Redenção, Ceará, 2017.....	28
Figura 5	– Coleta do solo para análise no final do experimento. Fazenda Piroás, Redenção, Ceará, 2017.....	29
Figura 6	– Medição do diâmetro (A) e comprimento (B) da espiga sem palha. Fazenda Piroás, Redenção, Ceará, 2017.....	30
Figura 7	– Massa da espiga sem palha (A) e produtividade dos grãos (B). Fazenda Piroás, Redenção, Ceará, 2017.....	30
Figura 8	– Fotossíntese em plantas de milho irrigadas com águas salinas. Fazenda Piroás, Redenção, Ceará, 2017.....	33
Figura 9	– Transpiração em plantas de milho irrigadas com águas salinas. Fazenda Piroás, Redenção, Ceará, 2017.....	34
Figura 10	– Condutância estomática em plantas de milho irrigadas com águas salinas. Fazenda Piroás, Redenção, Ceará, 2017.....	35
Figura 11	– Temperatura foliar de plantas de milho irrigadas com águas salinas aos 45 dias após o plantio. Fazenda Piroás, Redenção, Ceará, 2017.....	36
Figura 12	– Concentração interna de CO ₂ em plantas de milho irrigadas com águas salinas aos 45 dias após o plantio. Fazenda Piroás, Redenção, Ceará, 2017.....	37
Figura 13	– Eficiência do uso da água em plantas de milho irrigadas com águas salinas aos 45 dias após o plantio. Fazenda Piroás, Redenção, Ceará, 2017.....	38
Figura 14	– Condutividade elétrica do solo (CEes) irrigado sob águas de diferentes salinidades ao 110 após o plantio. Fazenda Piroás, Redenção, Ceará, 2017.....	39

Figura 15 – Teores do cálcio no solo (Ca^{2+}) irrigado sob águas de diferentes salinidades ao 110 após o plantio. Fazenda Piroás, Redenção, Ceará, 2017.	41
Figura 16 – Teores de potássio no solo (K^+) irrigado sob águas de diferentes salinidades ao 110 após o plantio. Fazenda Piroás, Redenção, Ceará, 2017.	42
Figura 17 – Teores de sódio no solo (Na^+) irrigado sob águas de diferentes salinidades ao 110 após o plantio. Fazenda Piroás, Redenção, Ceará, 2017.....	43
Figura 18 – Percentagem se sódio trocável no solo (PST) irrigado sob águas de diferentes salinidades ao 110 após o plantio. Fazenda Piroás, Redenção, Ceará, 2017.....	44
Figura 19 – Massa da espiga com palha de plantas de milho irrigadas com águas salinas aos 110 dias após o plantio. Fazenda Piroás, Redenção, Ceará, 2017.....	45
Figura 20 – Massa da espiga sem palha de plantas de milho irrigadas com águas salinas aos 110 dias após o plantio. Fazenda Piroás, Redenção, Ceará, 2017.....	47
Figura 21 – Massa do sabugo de plantas de milho irrigadas com águas salinas aos 110 dias após o plantio. Fazenda Piroás, Redenção, Ceará, 2017.....	48
Figura 22 – Massa de 1000 grãos de plantas de milho irrigadas com águas salinas aos 110 dias após o plantio. Fazenda Piroás, Redenção, Ceará, 2017.....	49
Figura 23 – Produtividade de grãos de plantas de milho irrigadas com águas salinas aos 110 dias após o plantio. Fazenda Piroás, Redenção, Ceará, 2017.....	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Caracterização química do solo. Fazenda Piroás, Redenção, Ceará, 2017...	23
Tabela 2 – Análise química da água do reservatório. Fazenda Piroás, Redenção, Ceará, 2017.....	25
Tabela 3 – Resumo da análise de variância para as variáveis condutância estomática (gs), fotossíntese (A), transpiração (E), concentração interna do CO ₂ (Ci), temperatura foliar (Tf) e a eficiência do uso da água (EUA) em plantas de milho irrigadas com água de diferentes salinidades.....	32
Tabela 4 – Resumo da análise de variância, pelo valor do quadrado médio, para os dados de condutividade elétrica (CEes), potencial hidrogenionico (pH), cálcio (Ca), Magnésio (Mg), potássio (K), sódio (Na) e a percentagem de sódio trocável (PST) do solo cultivado com plantas de milho irrigadas com água de diferentes salinidades.....	39
Tabela 5 – Resumo da análise de variância, pelo valor do quadrado médio da massa da espiga com palha (MECP), massa da espiga sem palha (MESP), massa do sabugo (MS), diâmetro da espiga despilhada (DE), comprimento da espiga despilhada (CE), massa de 1000 grãos (M1000) e a produtividade (Prod.) em plantas de milho irrigadas com água de diferentes salinidades....	45

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Hipóteses.....	15
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	16
2.1	O Cultivo do Milho.....	16
2.2	Uso de água salina na Agricultura.....	17
2.3	Efeito do estresse salino na planta.....	18
2.4	Efeito da salinidade no solo.....	19
2.5	Estratégias para o manejo da salinidade.....	20
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	23
3.1	Localização e caracterização da área experimental.....	23
3.2	Caracterização do solo da área experimental.....	23
3.3	Instalação e condução do experimento.....	24
3.4	Delineamento experimental e composição dos tratamentos.....	24
3.5	Manejo da irrigação.....	2
3.6	Concentrações de sais na água de irrigação.....	27
3.7	Controle das plantas invasoras e tratamentos fitossanitários.....	28
3.8	Variáveis analisadas.....	28
3.8.1	<i>Variáveis fisiológicas.....</i>	28
3.8.2	<i>Atributos químicos do solo.....</i>	29
3.8.3	<i>Produtividade da cultura.....</i>	29
3.9	Análises estatísticas.....	31
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
4.1	Trocas gasosas em plantas de milho.....	32
4.2	Atributos químicos do solo.....	38
4.3	Produtividade da cultura.....	44
5	CONCLUSÃO.....	52
	REFERÊNCIAS	53

1 INTRODUÇÃO

O crescimento da população mundial está chegando ao ponto, em que a água de boa qualidade está se tornando insuficiente para as necessidades básicas da humanidade, incluindo a irrigação de terras agrícolas, assim como os usos industriais e urbanos (ASHRAF *et al.*, 2017). Além disso, a diferença entre a oferta e a demanda da água está cada vez maior devido à distribuição desigual dos recursos hídricos e ao rápido desenvolvimento socioeconômico, particularmente em regiões áridas e semiáridas do mundo (ASHRAF *et al.*, 2015).

Diante da oferta cada vez mais reduzida de recursos hídricos de boa qualidade, procura-se viabilizar o uso de águas de qualidade inferior na agricultura, isto é, água com maiores concentrações salinas, o que contribui para maior disponibilidade de água de boa qualidade com vistas ao uso doméstico, além de maximizar a eficiência do uso deste recurso (HOLANDA FILHO *et al.*, 2011).

A irrigação é a técnica que mais tem contribuído para o aumento na produção de alimentos, porém mesmo com água de boa qualidade sabe-se que há depósitos de sais no solo.

A salinidade é um estresse abiótico limitante do crescimento e produtividade das plantas em todo o mundo. O excesso de sais em muitas regiões de áreas áridas e semiáridas, constitui sério obstáculo ao sistema de produção, tanto pelas alterações dos atributos físicos e químicos do solo como pela ação dos íons específicos como o sódio (Na^+) e o cloro (Cl^-) (SANTOS *et al.*, 2018). Na planta o estresse salino reduz o potencial osmótico afetando a nutrição mineral de plantas (SOUSA *et al.*, 2010; DIAS *et al.*, 2018), e limitando a fotossíntese pela menor abertura dos estômatos e assimilação de CO_2 (GOMES *et al.*, 2011), nas membranas dos tilacóides dos cloroplastos (TAIZ; ZEIGER, 2013, p. 172), resultando em baixas produtividades.

O milho é uma das culturas mais produzidas no mundo inteiro, pois para além de sua utilização como fonte de alimentos, utiliza-se para a produção de energia. Destaca-se como importante fonte de alimento e renda para muitos produtores do semiárido. É uma planta C_4 com altas taxas fotossintéticas (TAIZ; ZEIGER, 2013, p. 218), porém, vale destacar que o processo fotossintético depende da interceptação da energia luminosa através das folhas e sua conversão em energia química, atuando na formação de carboidratos, que são alocados para os órgãos vegetativos e reprodutivos (GOMES *et al.*, 2011).

Para Ayers e Westcot (1991, p. 39), o milho, é uma espécie moderadamente sensível à salinidade, apresentando salinidade limiar da água de $1,1 \text{ dS m}^{-1}$ e do solo de $1,7 \text{ dS}$

m^{-1} , sendo mais sensível ao estresse salino no período vegetativo e apresentando maior tolerância na época de floração.

Diversos trabalhos com salinidade na cultura do milho foram realizados em várias regiões, em especial, as de clima árido e semiárido (FENG *et al.*, 2017; NAZÁRIO *et al.*, 2013; YU *et al.*, 2014) e neles foram constatados redução no crescimento, trocas gasosas e na produtividade da planta. Avaliando o crescimento inicial do milho, Sousa *et al.* (2016) observaram que a salinidade da água de irrigação que variou de 0,8 a 6 dS m^{-1} reduziu as variáveis fisiológicas (fotossíntese, condutância estomática e transpiração). Em outro trabalho, Yuan *et al.* (2018) mostraram que a altura do milho, o índice de área foliar e a produção diminuíram gradualmente com o aumento da salinidade da água.

Quanto aos atributos químicos do solo, Cucci e Lacolla (2013) relataram que o maior nível de sais na água de irrigação resultou em salinização progressiva e sodificação do solo, com valores decrescentes do topo para as camadas profundas do solo.

Dias *et al.* (2015) observaram efeito significativo no teor de cálcio do solo com o incremento da salinidade da água. Nos tratamentos com água de baixa salinidade (0,5 dS m^{-1}), sem biofertilizante, os autores observaram que os teores de cálcio (Ca^{2+}) foram de 5,72 $cmolc\ dm^{-3}$, superiores em 0,61 $cmolc\ dm^{-3}$ (11,9%) aos verificados no solo com água salina (4,5 dS m^{-1}).

Diante do pressuposto e a escassez de trabalhos científicos nessa vertente na região do estudo, objetivou-se determinar a influência da irrigação com água salina sobre as trocas gasosas e a produtividade da cultura do milho, bem como os atributos químicos do solo na região do Maciço de Baturité, Ceará.

1.1 Hipóteses

- a) A irrigação com água de concentrações crescentes de sais altera as trocas gasosas (condutância estomática, fotossíntese, transpiração, concentração interna do CO₂, temperatura foliar e a eficiência do uso da água) da cultura do milho;
- b) O estresse salino reduz a produtividade da cultura do milho;
- c) Os sais presentes na água de irrigação afetam os atributos químicos do solo;

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O Cultivo do Milho

O milho (*Zea mays* L.) originário da América Central é cultivado em todo o Brasil. Em função do valor nutricional, palatabilidade e dos altos rendimentos alcançados, o milho (*Zea mays* L.), é um dos cereais mais cultivados no mundo, assumindo expressiva importância social e econômica segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (2018). É usado diretamente como alimento e para usos alternativos (biocombustível, ração para animais). A maior parte de sua produção é utilizada como ração de bovinos, suínos, aves e peixes. Atualmente somente cerca de 25% da produção brasileira se destina ao consumo humano e, mesmo assim, de maneira indireta na composição de outros produtos.

A importância econômica do milho é caracterizada pelas diversas formas de sua utilização, desde a alimentação animal até a indústria de alta tecnologia. Na realidade, o uso do milho em grão como alimentação animal representa a maior parte do consumo deste cereal, no Brasil (VENEGAS, 2009).

O milho é cultivado em toda a região do país, com as maiores produções concentradas no Centro-Oeste (CONAB, 2018). Na região Nordeste a cultura é geralmente cultivada no período chuvoso, e quando irrigado, pode ser cultivado durante todo o ano devido as condições climáticas favoráveis.

De acordo com o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (2018), a produção mundial para a temporada 2018/19 deverá ser de 1,1 bilhão de toneladas, representando um aumento de 2,2% em relação à safra 2017/18. Os Estados Unidos são os maiores produtores e consumidores do mundo, respondendo por 37% da produção e 31% do consumo mundial.

A produção na temporada 2018/19 é a maior da série histórica dos EUA (estimativa de 361,4 milhões de toneladas). Na 2ª posição está a China, responsável por 22% da produção na safra 2018/19. Além de grandes produtores, os EUA e a China consomem juntos em média 53% do milho produzido no mundo. O Brasil é o 3º maior produtor, com 8% do total no mundo, com uma previsão de aumento de 15% na produção total no país em relação a safra de 2017/2018 e consome cerca de 70% do total produzido no país. No Brasil, o milho é cultivado em cerca de 15,8 milhões de hectares, com produção de aproximadamente 94 milhões de toneladas de grãos e produtividade média de 5 t há⁻¹ (CONAB, 2018, p. 80; USDA, 2018).

Para Ayers e Westcot (1991, p. 39), o milho (*Zea mays* L.), é uma cultura moderadamente sensível a salinidade, o que de acordo com Morais Neto (2009) pode constituir uma alternativa para cultivos que utilizem recursos (água e solo) salinos.

2.2 Uso de água salina na Agricultura

A salinidade em áreas irrigadas é consequência, muitas vezes, do uso de água de qualidade inadequada, associado ao manejo do sistema solo-água-planta, e à deficiência do sistema de drenagem. Qualquer que seja sua fonte, a água utilizada na irrigação sempre contém sais que, em geral, variam expressivamente em qualidade e quantidade. Com relação às espécies vegetais, os efeitos da salinidade e/ou da sodicidade, são diferentes, variando entre espécies e entre genótipos de uma mesma espécie (AYERS; WESTCOT, 1991, p. 38).

No Nordeste do Brasil, aproximadamente nove milhões de hectares de solos são afetados por sais (FAGERIA; GHEYI, 1997, p. 125). Nestas áreas, foram construídos açudes com elevadas capacidades de armazenamento de água devido à escassez de água na região e nas proximidades foram construídos perímetros irrigados que, em sua maioria tem apresentado o problema da salinização dos solos (FREIRE *et al.*, 2014).

Segundo Gheyi (2000, p. 329), na região Nordeste do Brasil aproximadamente 25% das áreas irrigadas, principalmente por irrigação por superfície, encontram-se salinizadas, muitas vezes por falta de habilidade da parte dos irrigantes no manejo da irrigação e às características edafoclimáticas do Nordeste brasileiro.

As altas concentrações de solutos na água e a inexistência de sistemas de drenagem na área de cultivo, propiciam que a água de irrigação, possa rapidamente alcançar níveis prejudiciais às espécies sensíveis ao sal, com prejuízo substancial a fisiologia, ao crescimento e aos processos de desenvolvimento das plantas, reduzindo, em situação extrema, a sobrevivência da espécie (TAIZ; ZEIGER, 2013, p. 759).

A qualidade da água para irrigação se define em função de três critérios: salinidade, sodicidade e toxicidade. A salinidade avalia o risco de aumentar a concentração de sais solúveis no solo, que resultam no efeito osmótico. O segundo avalia o risco de elevar a percentagem de sódio trocável, causando deterioração na estrutura do solo. O terceiro avalia os problemas do acúmulo de determinados íons nos tecidos das plantas (ALMEIDA, 2010, p. 197).

A sensibilidade à salinidade varia com o estágio de desenvolvimento da cultura, com a qualidade da água e da espécie a ser utilizada (AYERS; WESTCOT, 1991, p. 38;

MUNNS; NEVES *et al.*, 2009; TESTER 2008). Neste sentido, algumas pesquisas têm sido realizadas com diferentes culturas visando desenvolver estratégias de manejo em áreas irrigadas com águas salinas, visando elevar a produtividade de culturas tolerantes a estes ambientes (COSTA *et al.*, 2013; SILVA *et al.*, 2014).

Salienta-se que o uso da água salina na irrigação surge como alternativa para suprir a demanda hídrica em regiões (áridas e semiáridas), onde existe escassez deste recurso e o pouco volume armazenado nem sempre é de boa qualidade (COSTA; MEDEIROS, 2017).

O uso de água com concentrações elevadas de sais na irrigação requer aplicação de uma fração de lixiviação que visa retirar os sais da zona radicular da cultura, deixando a condutividade elétrica da solução do solo abaixo da salinidade limiar da cultura, de forma que, embora o rendimento da cultura não seja máximo, possa ser economicamente viável (ALMEIDA, 2010, p. 198).

2.3 Efeito do estresse salino na planta

Dentre os processos fisiológicos afetados pela salinidade se destaca a fotossíntese, que pode ser inibida pelo acúmulo de íons sódio (Na^+) e/ou cloro (Cl^-) nos cloroplastos, os quais afetam os processos bioquímicos e fotoquímicos envolvidos na fotossíntese (TAIZ; ZEIGER, 2013, p. 759).

Gomes *et al.* (2011) afirmam que as plantas sob condições salinas fecham seus estômatos precocemente como mecanismo de defesa, e este fenômeno se deve à redução da permeabilidade das raízes à água, dando origem ao estresse hídrico. Para os autores a resposta estomática usualmente ocorre antes da inibição da fotossíntese e restringe a disponibilidade de CO_2 nos sítios de assimilação no cloroplasto e esse mecanismo de defesa é, provavelmente, o fator mais importante de controle da fixação do carbono.

Associado ao acúmulo total de sais no solo, o estresse osmótico reduz a disponibilidade de água para os vegetais e pode, em consequência, afetar as trocas gasosas, crescimento e o desenvolvimento das plantas (BEZERRA *et al.*, 2003); além disso, nas espécies sensíveis o acúmulo de sódio e de cloreto pode produzir necrose nos tecidos foliares e acelerar a senescência de folhas maduras, fatores que reduzem a área destinada à fotossíntese (BEZERRA *et al.*, 2005; MUNNS; GILLIHAM, 2015).

A salinidade afeta a nutrição mineral das culturas reduzindo a atividade dos íons em solução e alterando os processos de absorção, transporte, assimilação e distribuição de nutrientes na planta. A interação entre salinidade e nutrição mineral se torna mais complexa

em virtude das diferenças na concentração e na composição iônica dos meios salinos (água e solo) aos quais as plantas são submetidas, e das diferentes respostas das plantas, tanto em relação à salinidade como em relação à eficiência na aquisição de minerais do solo (LACERDA, 2005, p. 127; MUNNS; GILLIHAM, 2015).

O estresse salino reduz a disponibilidade da água para as plantas, no entanto, nem todas as culturas são igualmente afetadas pelo mesmo nível de salinidade, pois algumas são mais tolerantes que outras e podem extrair água com mais facilidade. De acordo com Dias e Blanco (2010, p. 135), as plantas são classificadas em glicófitas e halófitas. As glicófitas representam o grupo das plantas cultivadas e, na sua maioria, são as menos tolerantes à ação dos sais, enquanto as halófitas compõem o grupo de plantas que adquirem condições fisiológicas, portanto, ajustam-se osmoticamente e sobrevivem em meio altamente salino.

A redução dos índices fisiológicos em função do aumento da salinidade da água de irrigação é relatada por diversos autores, como reportam Omoto *et al.* (2012), Sharwood *et al.* (2014) e Sousa *et al.* (2016), onde verificaram que os processos fisiológicos (fotossíntese, condutância estomática e a transpiração) na cultura do milho foram afetadas negativamente pelo aumento da concentração dos sais na água de irrigação.

Nazário *et al.* (2013) observaram que componentes de rendimento da cultura do milho (*Zea mays* L.) foram afetados negativamente pela salinidade da água de irrigação, reduzindo o número e a massa dos grãos.

2.4 Efeito da salinidade no solo

Em várias áreas de produção, o uso de água de baixa qualidade para a irrigação e a aplicação de quantidades excessivas de fertilizantes são as principais razões para o problema do aumento da salinidade do solo. Em se tratando de regiões áridas e semiáridas irrigadas, constitui o sério problema, limitando a produção agrícola e reduzindo a produtividade das culturas a níveis antieconômico (FAGERIA; GHEYI, 1997, p. 126).

A área total de solos afetados por sais no mundo, incluindo os solos salinos e sódicos é de 932 milhões de hectares. Sendo 450 milhões de solos salinos e 482 milhões de solos sódicos (FAO, 2000). Estas áreas tendem a aumentar no futuro em virtude do aumento das áreas irrigadas.

Os sais presentes na água de irrigação causam alterações químicas e físicas no solo, as quais, em última instância, afetam o comportamento das espécies vegetais neles cultivadas (MUNNS; GILLIHAM, 2015). 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; SOUSA *et al.*, 2010). Também causam a desestruturação, aumento da densidade aparente e da retenção de água do solo, redução da infiltração de água pelo excesso de íons sódicos (RHOADES; KANDIAH; MASHALI, 2000, p.10).

A salinidade provocada no solo causa nas plantas: efeito osmótico provocado pela redução do potencial osmótico; desbalanço nutricional devido à elevada concentração iônica e a inibição da absorção de outros cátions pelo sódio e o efeito tóxico dos íons de sódio e cloreto. O estresse salino provoca a redução do desenvolvimento vegetal em função dos desequilíbrios nutricionais provocados pelo excesso de sais na absorção e transporte de nutrientes. (CAVALCANTE *et al.*, 2010; FARIAS *et al.*, 2009; FERREIRA *et al.*, 2001).

Freitas *et al.* (2007) observaram que a condutividade elétrica do solo, saturação por sódio e a soma de base apresentou tendência crescente com o aumento da salinidade da água de irrigação quando utilizou água com salinidade de até 2,7 dS m⁻¹ em dois solos (Latossolo Amarelo Distrófico e Espodossolo Cárbico Hidromórfico).

Avaliando as alterações químicas de um Neossolo Flúvico do semiárido de Pernambuco, irrigado com água de dois valores de relação de adsorção de sódio (RAS) e seis de condutividade elétrica, Gonçalves *et al.* (2011) observaram que os valores de cálcio (Ca²⁺) e magnésio (Mg²⁺) solúveis do solo diminuiriam bastante quando a RAS da água de irrigação foi aumentada. Os autores explicam que isso ocorreu em virtude da maior concentração de sódio (Na⁺) nas águas de RAS mais elevada que, causando o aumento na concentração da solução do solo, promoveu a precipitação do cálcio e do magnésio, por serem menos solúveis, fazendo com que as concentrações destes fossem diminuídas no extrato de saturação do solo.

Garcia *et al.* (2008), também afirmam que em condições de alta salinidade na solução do solo, ocorre a substituição dos cátions trocáveis pelo Na⁺, com redução dos seus teores no solo de forma exponencial.

2.5 Estratégias para o manejo da salinidade

A irrigação exerce grande importância no crescimento e no desenvolvimento das plantas, mas pode salinizar os solos se não for manejada adequadamente, principalmente nas regiões áridas e semiáridas, alterando de forma negativa as propriedades edáficas. Isso ocorre mais frequentemente quando a água apresenta restrições à agricultura e pode resultar em obstáculo ao desenvolvimento das culturas e acelerar a degradação física do solo

(CAVALCANTE; CAVALCANTE, 2006, p. 5; PRAZERES *et al.*, 2015; SILVA *et al.*, 2005).

As estratégias de manejo utilizadas para cultivo sob condições de salinidade podem ser divididas em dois grupos: 1 = não específicas (são utilizadas em diferentes condições de cultivo, e podem aumentar a produtividade e o aproveitamento da terra tanto sob condições salinas quanto sob condições não salinas). Dentre essas estratégias, destacam-se: aplicação de matéria orgânica, aplicação de biofertilizantes líquidos, o uso de melhoradores químicos (adubos e corretivos), micorrização, aplicação foliar de substâncias orgânicas e inorgânicas, rotação de culturas, aumento da densidade de plantio, dentre outras. 2 = são aquelas que estão diretamente relacionadas ao problema da salinidade, e que normalmente não se aplicam aos cultivos em condições não salinas. Dentre essas estratégias, destaca-se: uso de glicófitas tolerantes e moderadamente tolerantes, cultivo de halófitas, misturas de água de diferentes salinidades, uso cíclico de água e uso de águas salinas nos estádios em que a cultura apresenta maior tolerância (LACERDA, 2009).

Para Bezerra *et al.* (2010), estudando os efeitos da influência da irrigação com água de alta e baixa salinidade sobre variáveis microbiológicas do solo em área submetida à rotação de cultura entre milho (*Zea Mays* L.) e feijão-de-corda (*Vigna Unguiculata* L.), observaram que o aumento da salinidade da água de irrigação promoveu aumento do número total de esporos de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e reduziu a respiração basal do solo, o carbono da biomassa e o coeficiente metabólico microbiano (qCO_2), principalmente na área cultivada com feijão-de-corda.

Já Lúcio *et al.* (2013) avaliando os efeitos da inoculação dos fungos micorrízicos arbusculares na cultura do meloeiro sob estresse salino, verificaram que os FMA influenciaram de forma positiva a condutância estomática, taxa de transpiração e fotossintética. Esses autores verificaram ainda que a associação simbiótica entre FMA e meloeiro proporcionou aumento nos totais extraídos de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), principalmente nos níveis baixos e médios de salinidade, e redução na absorção dos íons potencialmente tóxicos (Na^+ e Cl^-) a partir da salinidade da água de irrigação de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$.

Outra estratégia importante na atenuação de área salina é a rotação de culturas, na qual consiste em alternar, anualmente, espécies vegetais, numa mesma área agrícola, onde se tratando de áreas irrigadas com água salina é necessário escolher culturas tolerantes a sais que ao mesmo tempo, apresentem viabilidade comercial e de recuperação do solo (MURTAZA *et al.*, 2006). O uso de plantas tolerantes que podem variar com a concentração de sais e,

possivelmente com as condições ambientais locais, em particular com o suprimento de água no solo e umidade do ar (MUNNS; TESTER 2008).

O manejo inadequado na utilização de águas salinas pode causar desequilíbrio nutricional na disponibilidade de nutrientes, inibição competitiva na absorção de nutrientes, além de afetar a transpiração e a fotossíntese nas plantas (MUNNS, 2002; GARCIA *et al.*, 2005) ou causar inativação fisiológica dos nutrientes, resultando num aumento do requerimento interno por elementos essenciais (DECHEN; NACHTIGALL, 2007).

O uso de condicionantes orgânicos também vem sendo utilizado em ambiente salino como estratégia de reduzir o efeito do estresse salino no crescimento e produtividade das culturas agrícolas. Sousa *et al.* (2014) avaliando o efeito do estresse salino em solo com biofertilizantes no crescimento de feijão-de-corda em condições de casa de vegetação, concluíram que o biofertilizante de caranguejo enriquecido atenua com mais eficiência o estresse salino sobre a altura das plantas, diâmetro do caule, número de folhas, área foliar, fotossíntese, transpiração e condutância estomática do feijão-caupi cultivar BRS ITAIM em relação às plantas sem biofertilizante e com biofertilizante bovino comum.

Já Medeiros *et al.* (2011) evidenciaram efeito atenuador da salinidade da água de irrigação sobre o crescimento em altura de plantas, diâmetro do caule e área foliar ao aplicar biofertilizante bovino. Similarmente, Silva *et al.* (2013) avaliando os efeitos da aplicação de biofertilizante bovino e da salinidade da água de irrigação, sobre as trocas gasosas e produtividade do feijão-de-corda, observaram que a salinidade da água de irrigação reduziu as trocas gasosas (condutância estomática, fotossíntese e concentração interna de CO₂) e a produtividade do feijão-de-corda, no entanto, a aplicação do biofertilizante via foliar interferiu positivamente nos valores de transpiração, massa de grãos e produtividade na cultura do feijão-de-corda sob estresse salino.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido em campo no período de agosto a outubro de 2017 na fazenda experimental da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), localizada no município de Redenção, Ceará, localizada nas seguintes coordenadas geográficas: latitude de 04°14'53"S, longitude de 38°45'10"W e altitude média de 240 m.

O clima da região é do tipo BSh', que significa temperatura muito quente, com chuvas predominantes nas estações do verão e outono (ALVARES *et al.*, 2013). A região apresenta precipitação média anual de 1.086 mm, temperatura média do ar de 26 °C e umidade relativa média do ar de 71,3%.

Durante o experimento a precipitação média dos meses de agosto a dezembro foi de 11 mm, a umidade relativa de 70,41% e a temperatura de 27,3 °C.

3.2 Caracterização do solo da área experimental

Inicialmente para a avaliação das análises químicas do solo, amostras foram coletadas na profundidade de 0-20 cm, (Fernandes, 1993) antes da aplicação dos tratamentos na área do experimento (TABELA 1), seguindo a metodologia recomendada pela EMBRAPA (1997, p. 81).

Tabela 1 - Caracterização química do solo. Fazenda Piroás, Redenção, Ceará, 2017.

Atributos químicos													
MO	N	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	H ⁺ + Al ³⁺	Al	SB	CTC	V	CEes	pH
(g kg ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)					(cmol _c kg ⁻¹)				(%)	dS m ⁻¹	
16,96	0,92	8	0,3	2,7	2,1	0,03	1,82	0,05	5,1	7	73	0,23	6

Fonte: Laboratório do solo e água do departamento de ciências do solo da UFC- Campus Fortaleza.

O solo da área é classificado como Argissolo vermelho amarelo de textura franco arenoso e com densidade de 1,3 kg dm⁻³. Pode-se observar que por ser um solo mais arenoso, o teor de potássio é baixo.

3.3 Instalação e condução do experimento

A semeadura foi feita manualmente com quatro sementes por cova, no espaçamento de 1,0 m × 0,3 m entre as linhas de plantio e entre plantas, respectivamente. A cultivar utilizada foi crioula, a mesma utilizada pelos produtores locais.

Aos oito dias após a semeadura (DAS) foi realizado o desbaste, deixando uma planta por cova (FIGURA 1) num total de 20 plantas por cada parcela de 6 metros, correspondendo a densidade de plantio de 33.333 plantas h⁻¹.

Figura 1 – Detalhe da planta após o desbaste. Fazenda Piroás, Redenção, Ceará, 2017.



Fonte: Elaborada pelo autor.

3.4 Delineamento experimental e composição dos tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi em blocos, com cinco níveis de salinidade da água de irrigação e quatro repetições. Os níveis da salinidade da água de irrigação foram: 1, 2, 3, 4 e 5 dS m⁻¹. Os tratamentos foram distribuídos através do nível salino mais baixo ao mais alto, com vista a facilitar a irrigação.

3.5 Manejo da irrigação

A água utilizada para abastecimento das caixas era proveniente do Açude pertencente à Fazenda experimental da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira e que se encontrava perto da área de estudo. Os resultados da análise da água do Açude podem ser observados na tabela 2.

Tabela 2 - Análise química da água do reservatório. Fazenda Piroás, Redenção, Ceará, 2017.

Cátions (mmolc L ⁻¹)				Ânions (mmol L ⁻¹)		Classificação
Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	
0,6	1,4	0,4	0,2	2,5	0,1	
					Sólidos solúveis (mg L ⁻¹)	
CE (dS m ⁻¹)		RAS	pH			
0,25		0,25	6,9		250	C ₂ S ₁

Fonte: Laboratório do solo e água do departamento de ciências do solo da UFC- Campus Fortaleza.

Adotou-se o sistema de irrigação por gotejamento, utilizando-se gotejadores com uma vazão de 8 L h⁻¹, espaçados a 0,30 m, isto é, um gotejador para 1 planta e o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) avaliado pela metodologia de Keller e Karmelli (1975, p. 22) foi de aproximadamente 90% (FIGURA 2).

Figura 2 - Avaliação do coeficiente de distribuição (CUD). Fazenda Piroás, Redenção, Ceará, 2017.



Fonte: Elaborada pelo autor.

O manejo de irrigação foi estimado diariamente da evapotranspiração de referência – Eto, e foi utilizado um tanque evaporímetro de tipo classe “A”, localizado

próximo da área experimental, pertencente a Fazenda experimental da Universidade e as leituras eram feitas diariamente às 9h.

Figura 3 - Tanque classe “A” instalado próxima a área experimental



Fonte: Elaborada pelo autor.

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

$$ET_0 = ECA \cdot K_p \quad (1)$$

em que,

ET_0 - Evapotranspiração estimada pelo Tanque Classe “A” (mm);

ECA- Evaporação medida no Tanque Classe “A” (mm);

K_p - Coeficiente do Tanque (adimensional).

Por não se ter valores da velocidade do vento na área experimental, adotou-se o K_p de 0,7.

A evapotranspiração potencial da cultura (ETP_c) foi estimada, através da equação 2, onde se multiplicou a evapotranspiração de referência pelo coeficiente de cultivo (K_c), segundo Bernardo, Soares e Mantovani (2008, p. 60):

$$ETP_c = ET_0 \times K_c \quad (2)$$

Em que,

ETP_c - Evapotranspiração potencial da cultura (mm);

ET - Evapotranspiração estimada pelo Tanque Classe “A” (mm);

K_c - Coeficiente de cultivo.

Foram adotados os coeficientes de cultura (K_c) igual a 0,90 (até 40 dias após a semeadura, DAS); 1,3 (de 40 a 60 DAS); 1,2 (de 60 a 85 DAS); 0,72 (de 85 DAS ao final do ciclo) (SOUZA *et al.*, 2015).

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

$$T_i = \frac{ETP_c \times E_p}{E_a \times q} \times 60 \quad (3)$$

Em que,

T_i - Tempo de irrigação (min);

ETP_c - Evapotranspiração potencial da cultura (mm);

E_p - espaçamento entre gotejadores;

E_a - Eficiência de aplicação (0,9)

q - vazão ($L h^{-1}$).

Na lâmina aplicada, acrescentou-se uma fração de lixiviação de 0,15 (AYERS; WESTCOT, 1991, p. 21).

Até aos 10 dias após a semeadura do milho, o experimento foi irrigado diariamente com água não salina. A partir daí e com o início da aplicação da água salina, passou-se a irrigar com um turno de rega de dois dias.

3.6 Concentrações de sais na água de irrigação

A água proveniente do Açude era armazenada em reservatórios com capacidade de 310 L (FIGURA 4). As águas salinas foram preparadas utilizando os sais de NaCl, $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ e $MgCl_2 \cdot 6H_2O$, na proporção de 7:2:1, em água não salina ($0,25 \text{ dS m}^{-1}$), obedecendo-se a relação entre a condutividade elétrica da água (CE_a) e sua concentração ($\text{mmolc L}^{-1} = CE \times 10$), conforme Rhoades, Kandiah e Mashali (2000, p. 45).

Figura 4 - Reservatórios de água utilizado na área experimental. Fazenda Piroás, Redenção, Ceará, 2017.



Fonte: Elaborada pelo autor.

3.7 Controle das plantas invasoras e tratamentos fitossanitários

Durante a condução do experimento, realizou-se capina manual como forma de controlar as ervas daninhas, que por sua vez, poderiam competir por água, luz e nutrientes com as plantas do milho. Como prevenção contra insetos foram aplicados defensivos biológicos a base de licor de castanha de caju na proporção de 2 mL por litro de água.

3.8 Variáveis analisadas

3.8.1 Variáveis fisiológicas

Aos 45 DAS (no estágio V6, com aproximadamente 12 folhas) avaliaram-se, em folhas intermediárias completamente expandidas, as seguintes variáveis: fotossíntese (A), transpiração (E), condutância estomática (gs), concentração interna do CO₂ (Ci), temperatura foliar (T_f) e a eficiência do uso da água (EUA) (através dos índices fisiológicos (A/E)).

As medições das variáveis fisiológicas foram realizadas utilizando-se um analisador de gás no infravermelho (LCi System, ADC, Hoddesdon, UK). As medições ocorreram sempre entre 10 h e 11 h, utilizando-se fonte de radiação artificial (cerca de 1.200 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$).

3.8.2 Atributos químicos do solo

Ao final do ciclo da cultura, aos 110 DAS, foram coletadas amostras simples de solo, de cada unidade experimental. O material foi acondicionado em sacos plástico, etiquetados de acordo com o tratamento e enviado ao Laboratório de Solo e Água do Departamento de Ciências do Solo/UFC. Os atributos químicos do solo analisados foram: condutividade elétrica do solo, pH da solução do solo, teores de cálcio, magnésio, potássio, sódio e percentagem de sódio trocável no solo.

Figura 5 - Coleta do solo para análise no final do experimento. Fazenda Piroás, Redenção, Ceará, 2017.

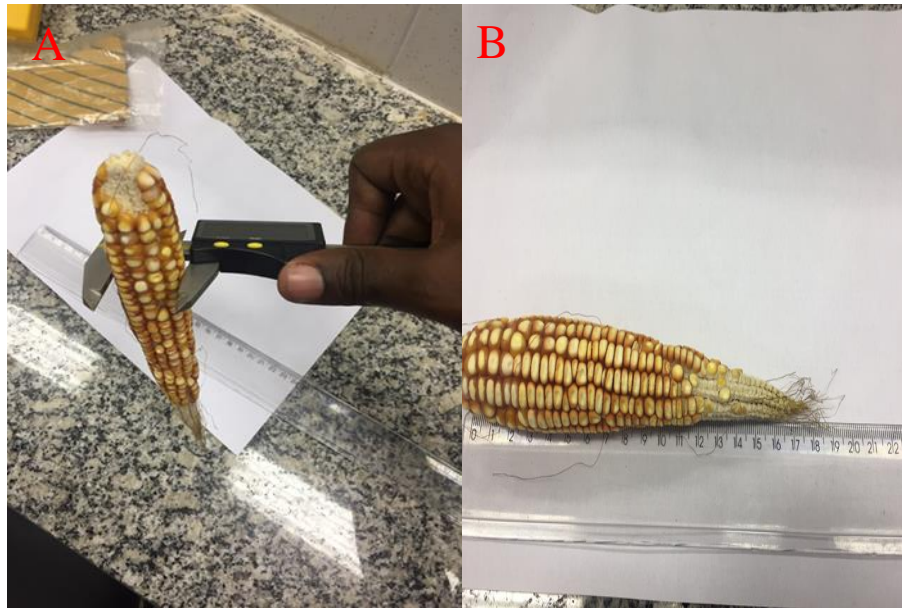


Fonte: Elaborada pelo autor.

3.8.3 Produtividade da cultura

A colheita do experimento foi realizada manualmente aos 110 DAS. As espigas (cinco no total, pertencentes a área útil) foram postas para secagem por 15 dias em ambiente protegido até atingir massa constante, onde determinou-se as seguintes variáveis: massa da espiga com palha (MECP) e sem palha (MESP), o diâmetro (DE) e o comprimento da espiga sem palha (CE), massa do sabugo (MS), massa de 1000 grãos e a produtividade.

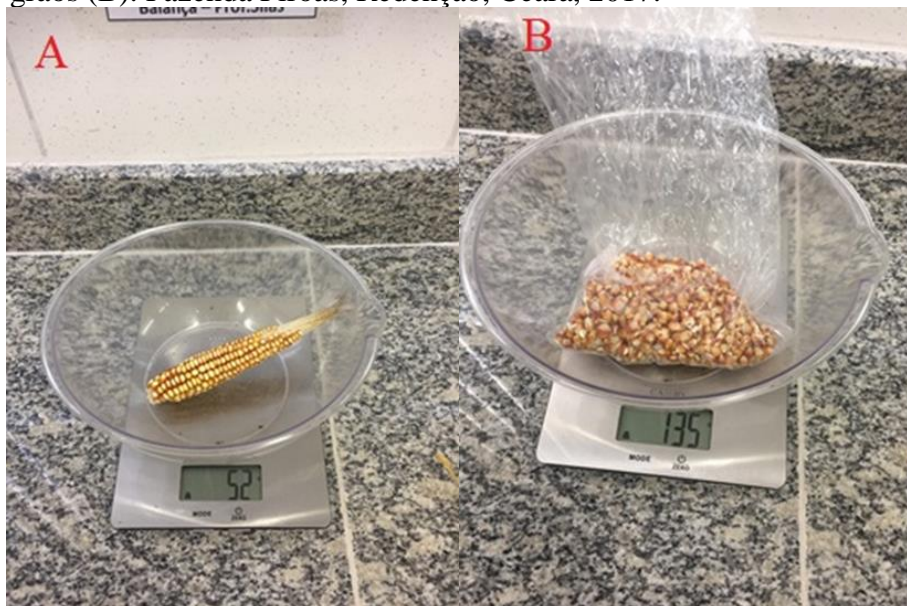
Figura 6 - Medição do diâmetro (A) e comprimento (B) da espiga sem palha. Fazenda Piroás, Redenção, Ceará, 2017.



Fonte: Elaborada pelo autor.

A massa de 1000 grãos foi determinada pela contagem dos grãos e a pesagem em balança eletrônica com precisão de 0,001 g, com os resultados expressos em g. A produtividade foi determinada pela massa total dos grãos colhidos nas parcelas (em cinco plantas na fileira espaçadas por 0,3 m) e relacionada com a área ocupada pelas plantas (1,5 m²), posteriormente convertidas em kg há⁻¹.

Figura 7 - Massa da espiga sem palha (A) e produtividade dos grãos (B). Fazenda Piroás, Redenção, Ceará, 2017.



Fonte: Elaborada pelo autor.

3.9 Análises estatísticas

Os resultados foram submetidos à análise de variância e regressão, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey com $p < 0,05$, utilizando o programa Assistat 7.7 Beta (SILVA; AZEVEDO, 2009). Na análise de regressão, as equações que melhor se ajustaram aos dados foram selecionadas com base na significância dos coeficientes de regressão nos níveis de significância de 1 e 5% pelo teste F e no maior coeficiente de determinação (R^2), através do programa Excel.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Trocas gasosas em plantas de milho

Conforme o resumo da análise de variância, pelos valores do quadrado médio, houve influência significativa em nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F para todas as variáveis estudadas (TABELA 3).

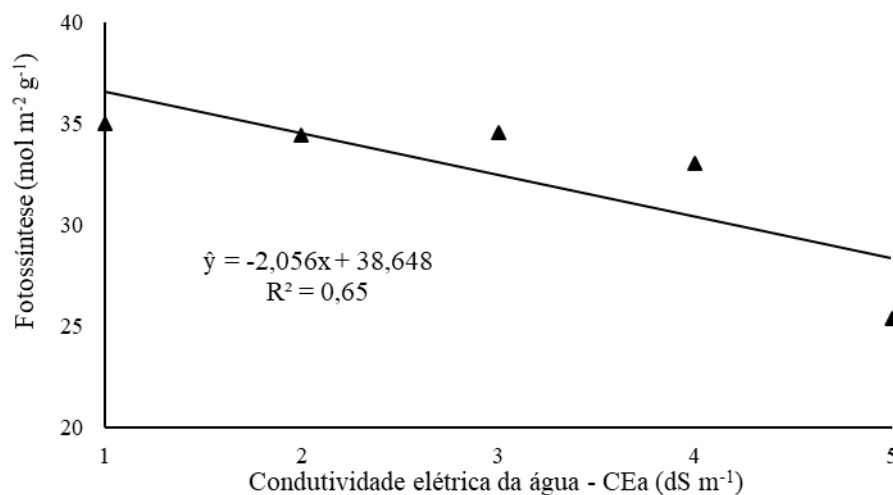
Tabela 3 - Resumo da análise de variância para as variáveis condutância estomática (gs), fotossíntese (A), transpiração (E), concentração interna do CO₂ (Ci), temperatura foliar (Tf) e a eficiência do uso da água (EUA) em plantas de milho irrigadas com água de diferentes salinidades.

FV	GL	Quadrado médio					
		Gs	A	E	Tf	Ci	EUA
Blocos	3	0,001	2,19 ^{ns}	0,031 ^{ns}	1,41 ^{ns}	60,28 ^{ns}	0,01 ^{ns}
Tratamento	4	0,008*	59,37**	1,46**	17,75**	1407,63**	4,14*
Resíduo	12	0,001	2,85	0,8	0,24	19,7	0,09
Total	19						
MG		0,27	32,22	5,61	31,85	156,69	5,74
CV (%)		16,07	5,24	5,05	1,55	2,83	5,40

Fonte: Elaborada pelo autor. FV= fonte de variação; GL= grau de liberdade; CV= coeficientes de variação; ^{ns} – não significativo, **e*Significativa a 0,01 e 0,05 pelo teste de F, respectivamente.

A fotossíntese foi influenciada negativamente pela salinidade da água de irrigação (FIGURA 8), com decréscimos de 1,65; 1,34; 5,6 e 27,4%, para a CEa de 2, 3, 4 e 5 dS m⁻¹, respectivamente, em relação a água de menor concentração salina (1 dS m⁻¹).

Figura 8 - Fotossíntese em plantas de milho irrigadas com águas salinas. Fazenda Piroás, Redenção, Ceará, 2017.



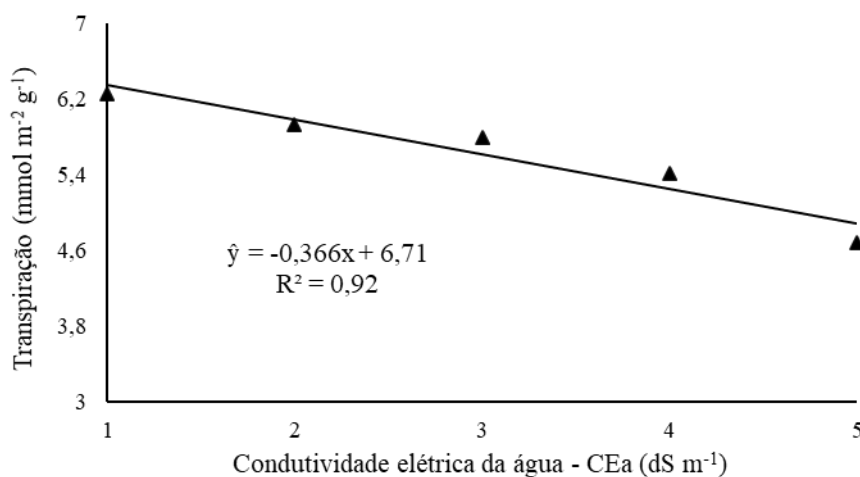
Fonte: Elaborada pelo autor.

Esses efeitos estão associados aos processos osmóticos, tóxicos e nutricionais do estresse salino, que afetam a assimilação líquida de CO₂, inibindo a expansão foliar e por vezes aceleram a senescência de folhas mais velhas, com objetivo de diminuir a área destinada ao processo fotossintético (DIAS *et al.*, 2018; TAIZ; ZEIGER, 2013, p. 757).

Trabalhando com a mesma cultura em vaso com e sem biofertilizante de caranguejo na Estação Agrometeorológica da Universidade Federal do Ceará, Sousa *et al.* (2016) observaram reduções na fotossíntese com o aumento da concentração dos sais na água de irrigação de 0,8 a 6 dS m⁻¹. De forma similar, Feijão *et al.* (2011) averiguaram que o estresse salino reduziu a fotossíntese em plantas de sorgo sudão em casa de vegetação.

As plantas apresentaram menores valores das taxas transpiratórias com adição dos sais na água de irrigação (FIGURA 9), onde se constataram decréscimos lineares de 5,05% por aumento unitário da CEa para a transpiração em função do aumento da condutividade elétrica da água. Corroborando com as informações de Lima *et al.* (2010), onde citam que o comportamento estomático determina a demanda transpirativa a que as folhas estão potencialmente sujeitas controlando sua perda de H₂O para o ambiente, na forma de vapor de água.

Figura 9 - Transpiração em plantas de milho irrigadas com águas salinas. Fazenda Piroás, Redenção, Ceará, 2017.



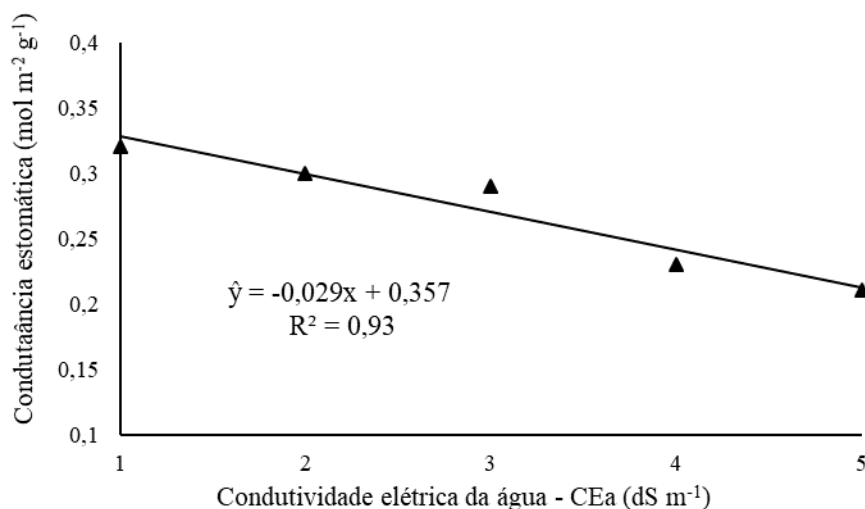
Fonte: Elaborada pelo autor.

Gomes *et al.* (2015) avaliando respostas fisiológicas em plantas de girassol (*Helianthus Annuus* L.) averiguaram que a transpiração reduziu de forma linear à medida que se aumentava a salinidade da água de irrigação. Da mesma forma, Sousa *et al.* (2016) constataram redução dos valores de transpiração das plantas de milho cultivadas em ambiente protegido, com águas de salinidade crescente.

Efeito oposto ao presente estudo foi evidenciado por Gomes *et al.* (2011), ao avaliarem a cultura do milho (Híbrido AG 1051) submetida ao estresse salino variando entre 0,8 e 5,0 dS m⁻¹, onde observaram que não houve diferença significativa entre os tratamentos.

A condutância estomática (gs) decresceu linearmente com o aumento da salinidade da água de irrigação (FIGURA 10), passando de 0,32 para 0,21 mol m⁻² s⁻¹, expondo uma redução de 0,11 mol m⁻² s⁻¹ entre o menor (1,0 dS m⁻¹) e o maior tratamento com água salina (5,0 dS m⁻¹).

Figura 10 - Condutância estomática em plantas de milho irrigadas com águas salinas. Fazenda Piroás, Redenção, Ceará, 2017.



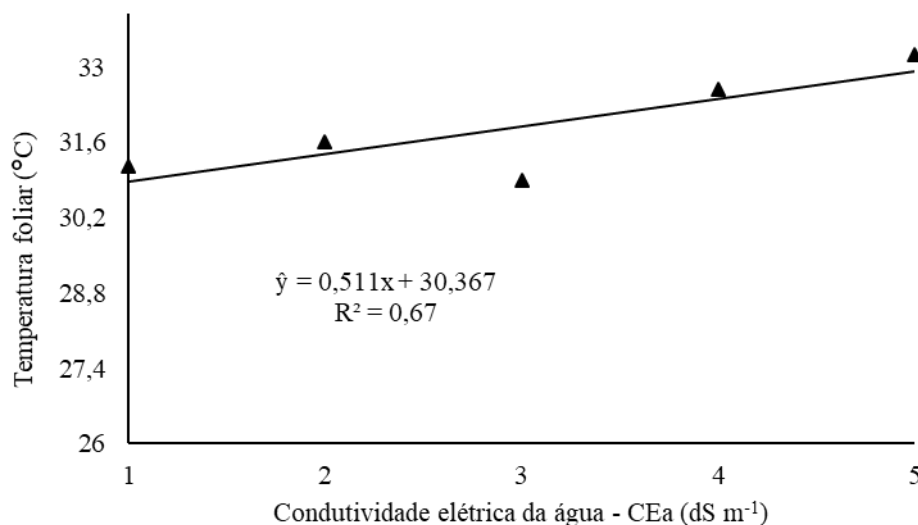
Fonte: Elaborada pelo autor.

Para evitar perda excessiva de água, plantas sob o estresse salino tendem a fechar parcialmente os estômatos, pois há uma maior dificuldade das raízes em absorver a água, por conta da redução do potencial osmótico (GOMES *et al.*, 2015), provocando redução na assimilação do CO₂ e conseqüentemente menores taxas fotossintéticas (TAIZ; ZEIGER, 2013, p. 759).

Resultados similares foram constatados por Sousa *et al.* (2016) ao irrigar plantas de milho com águas salinas em vaso. Igualmente, Gomes *et al.* (2011) e Omoto *et al.* (2012) também evidenciaram efeito negativo do estresse salino sobre a condutância estomática em plantas de milho.

A redução nos valores da transpiração influenciou diretamente na temperatura foliar (T_f), ou seja, foi aumentando à medida que se aumentava a concentração dos sais na água de irrigação, se ajustando à um modelo linear crescente (FIGURA 11). A transpiração contribui para reduzir a temperatura da folha (resfriar), o que é fundamental durante o dia quando folha está absorvendo grande quantidade de energia do sol (MACHADO *et al.*, 2010).

Figura 11 - Temperatura foliar de plantas de milho irrigadas com águas salinas aos 45 dias após o plantio. Fazenda Piroás, Redenção, Ceará, 2017.

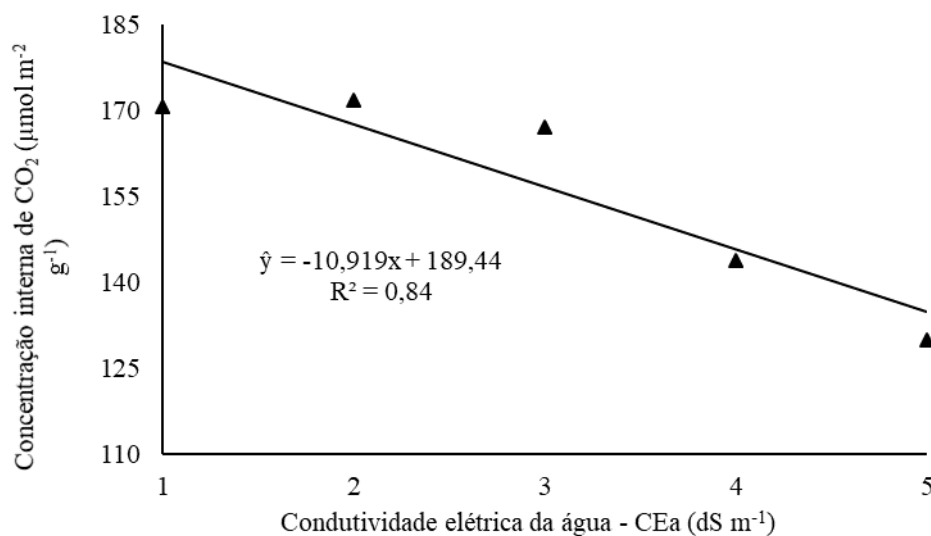


Fonte: Elaborada pelo autor.

A temperatura da folha elevou-se de 31,17 °C para 33,24 °C na água de baixa salinidade para a água de alta de salinidade respectivamente, isto é, houve um acréscimo de 6,64%. Os valores da temperatura foliar até a CEa de 3 dS m⁻¹, foram menores do que os valores encontrados por Sousa *et al.* (2012) em plantas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) irrigadas com água salina durante a fase de floração do terceiro ano de produção. Respostas semelhantes ao presente trabalho foram encontradas por Coelho *et al.* (2018) em 10 genótipos de sorgo irrigados com água de salinidades crescentes.

O modelo linear decrescente foi o que melhor se ajustou para a variável concentração interna do CO₂, onde o aumento da concentração de sais na água, afetou negativamente as plantas de milho. A concentração interna de CO₂ teve uma redução de 170,67 μmol m⁻² s⁻¹ quando utilizada água de 1 dS m⁻¹, para 129,96 μmol m⁻² s⁻¹ quando utilizada água com salinidade de 5,0 dS m⁻¹ (FIGURA 12), portanto houve uma redução de 24%. O fechamento parcial dos estômatos causa diminuição da concentração interna de CO₂, principalmente quando a fotossíntese é mantida, mesmo que em baixos níveis (MACHADO *et al.*, 2010).

Figura 12 - Concentração interna de CO₂ em plantas de milho irrigadas com águas salinas aos 45 dias após o plantio. Fazenda Piroás, Redenção, Ceará, 2017.

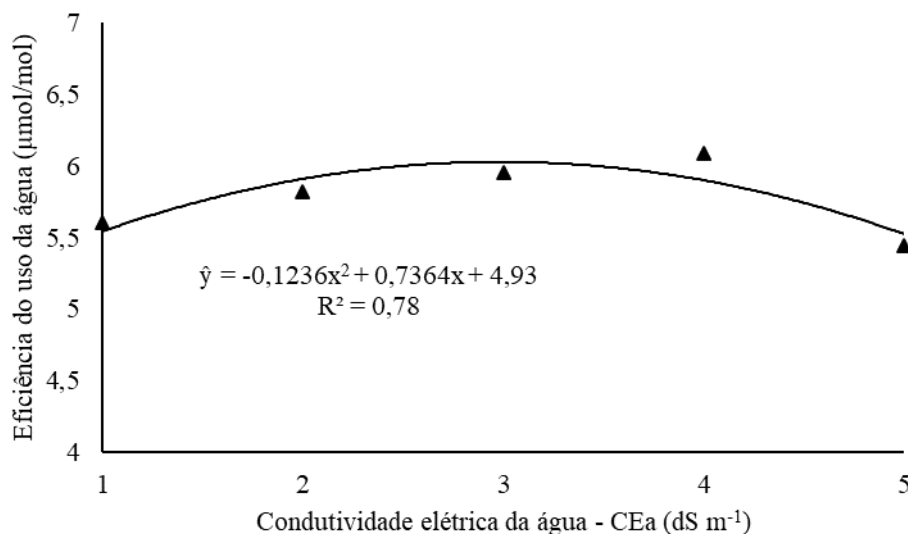


Fonte: Elaborada pelo autor.

Omoto *et al.* (2012) concluíram que a solução de NaCl reduziu a concentração interna de CO₂ em plantas de milho. Tendência similar à desse estudo foi verificada por Souza *et al.* (2011) em feijão-caupi (*vigna unguiculata*) irrigadas com água salina.

A eficiência do uso da água respondeu de forma polinomial quadrática em função do aumento da salinidade na água de irrigação (FIGURA 13), onde o maior valor ocorreu na água de 3,13 dS m⁻¹. Pode-se afirmar que a planta economizou o uso da água tanto em situação mais favorável (baixo estresse salino) como em situação de estresse salino, para produzir matéria seca.

Figura 13 - Eficiência do uso da água em plantas de milho irrigadas com águas salinas aos 45 dias após o plantio. Fazenda Piroás, Redenção, Ceará, 2017.



Fonte: Elaborada pelo autor.

A resposta pode estar relacionada com o metabolismo C₄ ao qual o milho faz parte, o que resulta em altas taxas de fotossíntese sob condições de redução temporária da disponibilidade de CO₂ causado pelo fechamento parcial dos estômatos (TAIZ; ZEIGER, 2013, p. 218).

Melo *et al.* (2017) registraram que a eficiência do uso da água aumentou em plantas de pimentão após 15 dias de irrigação com água de elevada condutividade elétrica. Similarmente, Coelho *et al.* (2018) relataram que a eficiência do uso da água em 10 genótipos de sorgo aumentou com a salinidade, demonstrando a capacidade desta cultura de se adaptar ao estresse salino e manter uma taxa de fotossíntese positiva, mesmo sob condições que limitam a absorção de água.

4.2 Atributos químicos do solo

Verifica-se na Tabela 4, a partir da análise de variância, que a condutividade elétrica do solo, teor de cálcio, potássio, sódio e percentagem de sódio trocável foram influenciados significativamente pela salinidade ($p \leq 0,01$) e ($p \leq 0,05$); enquanto que o pH e o magnésio, não foram influenciados pelos tratamentos.

Tabela 4 - Resumo da análise de variância, pelo valor do quadrado médio, para os dados de condutividade elétrica (CEes), potencial hidrogenionico (pH), cálcio (Ca), Magnésio (Mg), potássio (K), sódio (Na) e a percentagem de sódio trocável (PST) do solo cultivado com plantas de milho irrigadas com água de diferentes salinidades.

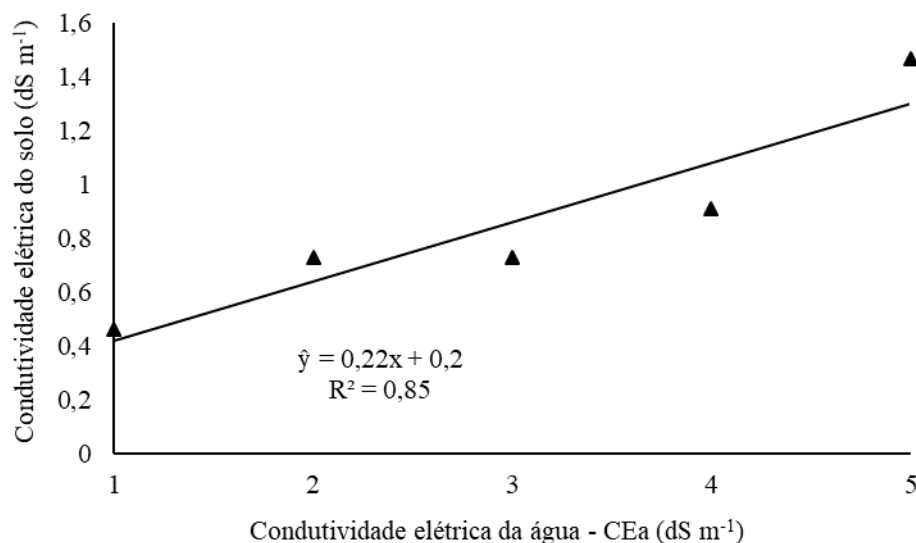
FV	GL	Quadrado médio						
		CEes	pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	PST
Blocos	3	0,134 ^{ns}	0,008 ^{ns}	0,926 ^{ns}	0,395 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,008 ^{ns}	0,311 ^{ns}
Tratamento	4	0,566 ^{**}	0,059 ^{ns}	2,4 [*]	0,794 ^{ns}	0,005 ^{**}	0,134 ^{**}	23,24 ^{**}
Resíduo	12	0,378	0,071	0,652	0,353	0,0008	0,003	0,589
Total	19							
MG		0,86	6,27	4,69	2,03	0,22	0,67	7,47
CV (%)		22,7	4,24	17,21	29,33	13,26	8,52	10,28

Fonte: Laboratório do solo e água do departamento de ciências do solo da UFC- Campus Fortaleza.

FV= fonte de variação; GL= graus de liberdade; CV= coeficientes de variação; ^{ns} – Não significativo, ^{**} - Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F e ^{*} - Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

A condutividade elétrica do solo aumentou significativamente com o teor salino da água de irrigação, sendo o modelo linear crescente o que melhor representou os dados desta variável. Os valores estimados para a CEes no tratamento de maior nível salino (5 dS m⁻¹) foram em média 3,2 vezes maior do que o valor encontrado no menor nível salino – 1,0 dS m⁻¹ (FIGURA 14). O caráter salino do solo foi elevado em 0,2 dS m⁻¹ por aumento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação.

Figura 14 - Condutividade elétrica do solo (CEes) irrigado sob águas de diferentes salinidades aos 110 após o plantio. Fazenda Piroás, Redenção, Ceará, 2017.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Vale sublinhar, que o acúmulo de sais no solo provoca a redução dos fatores morfológicos da planta, além de afetar o desenvolvimento das raízes da cultura (MUNNS; GILLIHAM, 2015; PEDROTI *et al.*, 2015). Em estudo sobre salinização/sodificação do solo e dinâmica fisiológica de girassol (*Helianthus annuus*

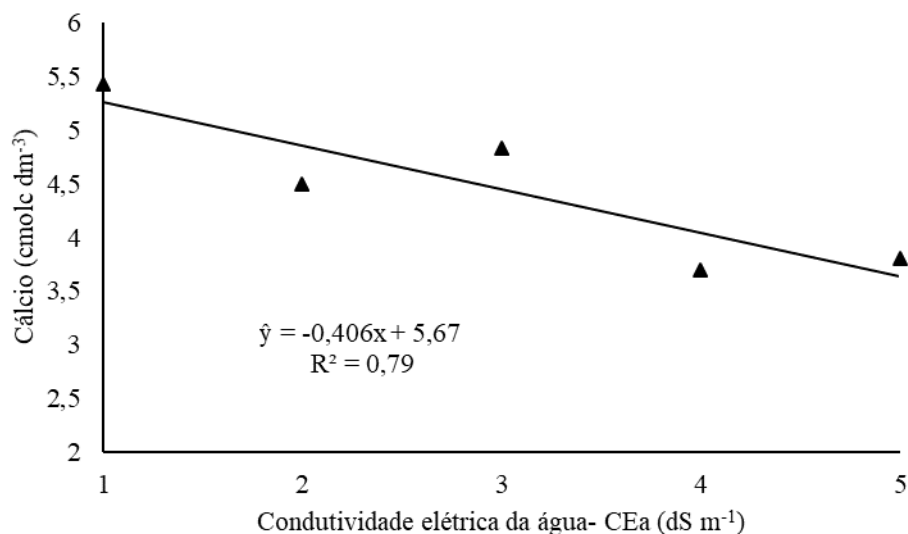
L.), Ashraf *et al.* (2017) relataram que a irrigação com água salina-sódica levou ao acúmulo de sais no solo e causou um aumento de 165% da CE no solo.

Resultados semelhantes são apresentados por Gonçalves *et al.* (2011), Silva *et al.* (2011), Linhares *et al.* (2013) e Hassanli e Ebrahimian, (2016), ao verificarem que houve aumento da condutividade elétrica do solo com o aumento da concentração de sais na água de irrigação.

Almaroai *et al.* (2014) também verificaram aumento nos valores de CEes com a irrigação de água salina em comparação com a água desionizada em plantas de milho cultivadas em vasos durante 21 dias. Esse resultado pode ser explicado pela alta concentração de NaCl (0,3%) em água salina.

Na Figura 15, observa-se que o cálcio diminuiu com o teor salino da água de irrigação, sendo o modelo linear decrescente o que melhor se ajustou aos dados desta variável. O solo apresentou menores valores nos teores de cálcio com adição dos sais na água de irrigação, onde se constataram decréscimos lineares de 7,17% por aumento unitário da CEa para o cálcio em função do aumento da condutividade elétrica da água (CEa).

Figura 15 - Teores do cálcio no solo (Ca^{2+}) irrigado sob águas de diferentes salinidades ao 110 após o plantio. Fazenda Piroás, Redenção, Ceará, 2017.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Dias *et al.* (2015) irrigando o solo com água de $4,5 \text{ dS m}^{-1}$ constaram redução nos teores de cálcio aos 117 dias. Holanda filho *et al.* (2011) trabalhando com mandioqueira (*Manihot esculenta*) também verificaram maiores teores de cálcio no solo na profundidade de 0-0,20 m nos tratamentos que não receberam água salina. Os mesmos autores citam que provavelmente, nos tratamentos nos quais ocorreu a aplicação de água salina, o cálcio tenha precipitado na forma de cloreto, já que a água salina utilizada na irrigação teve elevado teor de cloro.

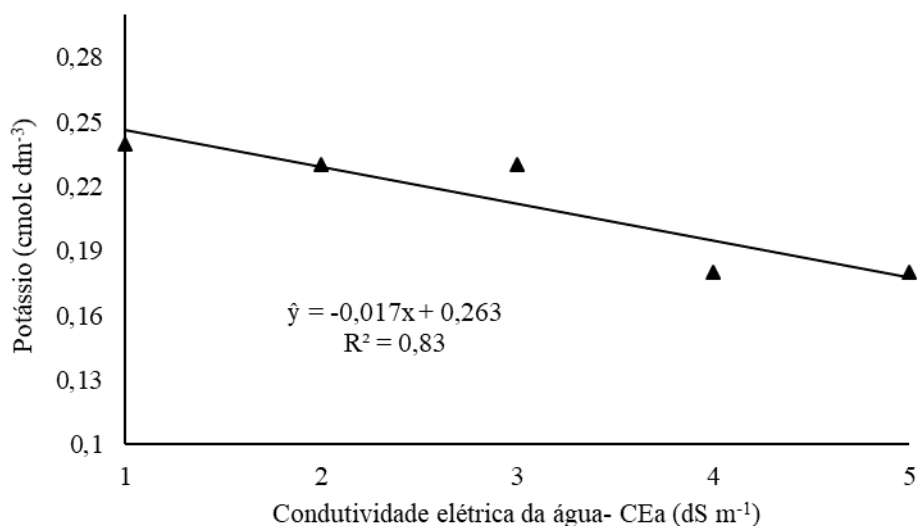
A redução nos teores de cálcio pode prejudicar a estabilidade dos agregados dos solos, já que este cátion, juntamente com o magnésio têm importante papel na agregação do solo fazendo pontes entre a superfície da argila e compostos orgânicos (CORRÊA *et al.*, 2009).

Resultados contrários ao presente trabalho foram reportados por Gonçalves *et al.* (2011) estudando alterações químicas de um Neossolo Flúvico irrigado com águas salinas durante 65 dias e por Linhares *et al.* (2013) em um Argissolo cultivado com berinjela (*Solanum melongena L.*) irrigado com água de diferentes salinidades.

O teor de potássio (K^+) foi influenciado negativamente pela salinidade da água de irrigação (FIGURA 16) se ajustando ao modelo linear, com decréscimos na média de 4,17% para a CEa de 2 e 3 dS m^{-1} e 25% para a CEa 4 e 5 dS m^{-1} em relação a água de baixa concentração salina (1 dS m^{-1}). A redução do K^+ pode estar

relacionada ao fato de ser um dos nutrientes absorvido em maiores quantidades pela cultura milho (VIEIRA *et al.*, 2016).

Figura 16 - Teores de potássio no solo (K^+) irrigado sob águas de diferentes salinidades ao 110 após o plantio. Fazenda Piroóas, Redenção, Ceará, 2017.



Fonte: Elaborada pelo autor.

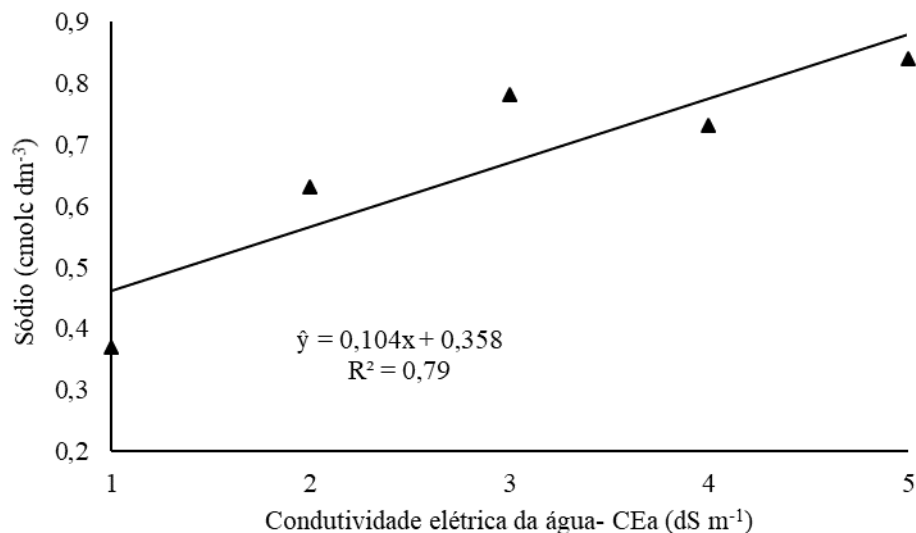
O potássio é um elemento de grande importância no solo, pois é um elemento requerido em grandes proporções pelas plantas, onde desempenha diversas funções fisiológicas, como a fotossíntese e a transpiração (NOVAIS *et al.*, 2007).

Gonçalves *et al.* (2011) encontraram resultados opostos ao presente trabalho, citando que o teor de potássio aumentou no extrato da pasta saturada do solo com o aumento da salinidade da água, devido possivelmente ao deslocamento deste cátion do complexo de troca pelo Ca^{2+} e pelo Na^+ provenientes da água de irrigação. Da mesma forma, Linhares *et al.* (2013) também observaram aumento linear do potássio no solo a medida que se aumentava a salinidade da água atingindo $0,49 \text{ cmolc dm}^{-3}$ na água de 6 dSm^{-1} . Os autores relatam que aumento no acúmulo de potássio no solo pode ser atribuído, em parte, a menor absorção de K^+ pelas plantas, devido ao efeito antagonico dos íons Na^+ e Mg^{2+} .

Os teores de sódio foram superiores nos tratamentos que receberam maiores concentrações salinas, devido à grande concentração deste elemento na água utilizada para irrigação (FIGURA 17). Pode-se constatar que houve um incremento de 127% nos teores de sódio na água de baixa de salinidade (1 dS m^{-1}) para a água de alta salinidade (5 dS m^{-1}). O teor de sódio aumentou de $0,37 \text{ cmol dm}^{-3}$ na água de 1 dS m^{-1}

¹ para $0,87 \text{ cmol dm}^{-3}$ na água de 5 ds m^{-1} . Resultados similares foram encontrados por Ashraf *et al.* (2017) em solo cultivado com girassol irrigado com água salina.

Figura 17 - Teores de sódio no solo (Na^+) irrigado sob águas de diferentes salinidades ao 110 após o plantio. Fazenda Piroás, Redenção, Ceará, 2017.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Corroborando com o presente trabalho Holanda Filho *et al.* (2011) estudando os atributos químicos de um Latossolo Amarelo Eutrófico, irrigado com água salina em diferentes lâminas aplicadas (110, 120, 130, 140 e 150% da ET_{pc}) também observaram incremento de sódio na profundidade de 0-0,20 m devido a irrigação com água salina.

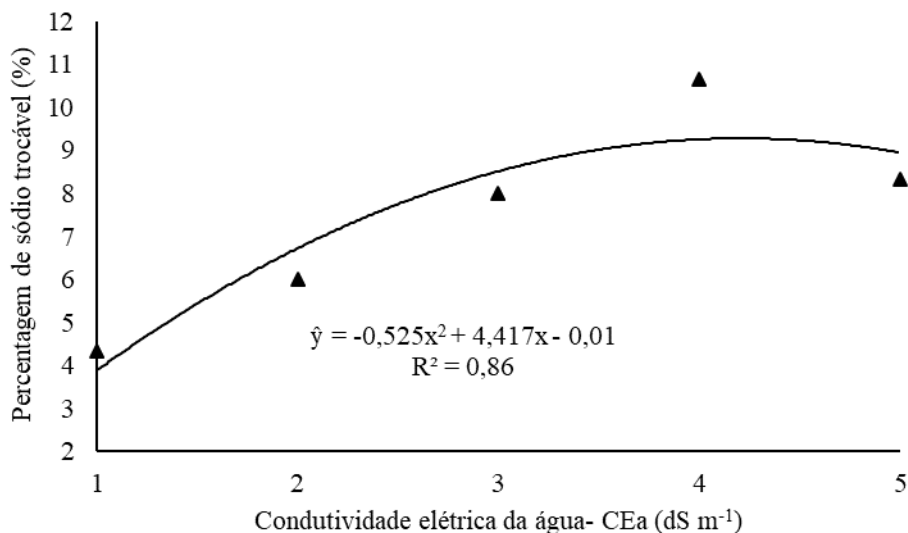
O sódio em água salobra causa dispersão de partículas de argila que resultam em obstrução dos poros do solo causando uma redução significativa na porosidade, permeabilidade, condutividade hidráulica e aeração do solo (PEDROTTI *et al.*, 2015).

Da mesma forma Hussain *et al.* (2008) explicam que quando o sódio é aplicado ao solo através do uso de água salobra, o conteúdo do mesmo se acumula no solo ao longo do tempo, deslocando íons cálcio (Ca^{2+}) das partículas de argila causando desfloculação e dispersão do solo.

A percentagem de sódio trocável (PST) respondeu de forma polinomial quadrática em função do aumento da salinidade na água de irrigação (FIGURA 18), onde o maior valor ocorreu na condutividade elétrica de $4,21 \text{ dS m}^{-1}$. Sabe-se que

solos com elevado valor de PST tendem a sofrer problemas com a infiltração da água, devido a ação negativa do sódio na estrutura do solo.

Figura 18 - Percentagem de sódio trocável no solo (PST) irrigado sob águas de diferentes salinidades ao 110 após o plantio. Fazenda Piroás, Redenção, Ceará, 2017.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Linhares *et al.* (2013) encontraram resposta linear crescente da PST, com incremento de aproximadamente 4,233% por aumento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação. Considerando a salinidade 6,0 dS m⁻¹, os autores supracitados averiguaram que o aumento da PST no solo foi de 38,8% na profundidade de 0-0,1 m, e de 43,1% na camada 0,1-0,2 m.

O aumento da PST devido ao uso da água salina também foi verificado por Holanda filho *et al.* (2011) em solo cultivado com mandioca (*Manihot esculenta*) e Lacerda *et al.* (2011) em solo cultivado com milho (*Zea mays* L.) e feijão caupi (*Vigna unguiculata*).

4.3 Produtividade da cultura

Através da análise de variância (Tabela 2), verifica-se que a massa da espiga com e sem palha, a massa do sabugo, massa de 1000 grãos e a produtividade foram influenciados significativamente ($p < 0,01$ e $< 0,05$), pelos tratamentos, porém não houve efeito significativo para as variáveis diâmetro e o comprimento da espiga sem a palha.

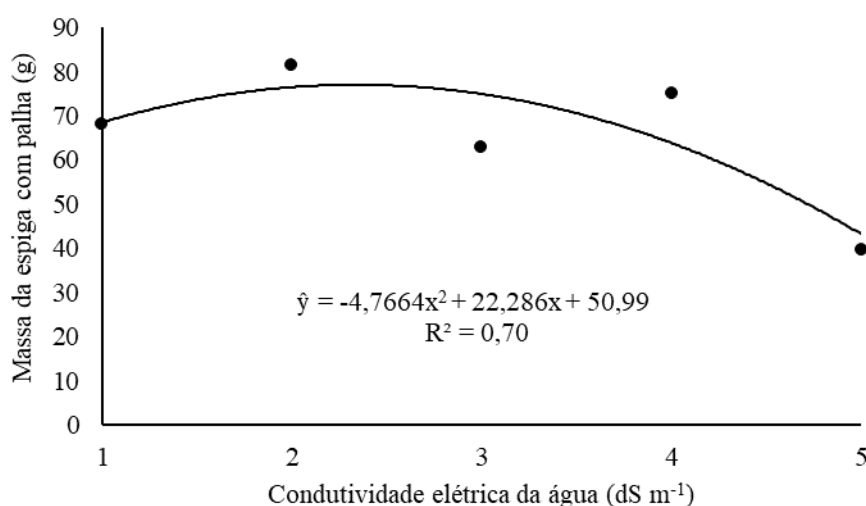
Tabela 5 - Resumo da análise de variância, pelo valor do quadrado médio da massa da espiga com palha (MECP), massa da espiga sem palha (MESP), massa do sabugo (MS), diâmetro da espiga despalhada (DE), comprimento da espiga despalhada (CE), massa de 1000 grãos (M1000) e a produtividade (Prod.) em plantas de milho irrigadas com água de diferentes salinidades.

FV	GL	Quadrado médio						
		MECP	MESP	MS	DE	CE	M1000	Prod.
Blocos	3	190,27 ^{ns}	105,84 ^{ns}	26,18 ^{ns}	2,55 ^{ns}	1,03 ^{ns}	114,53 ^{ns}	80419,79 ^{ns}
Tratamento	4	1025,18*	660*	1485,91**	25,39 ^{ns}	2,95 ^{ns}	3123,78*	2122702,5**
Resíduo	12	238,95	187,59	232,79	8,29	1,25	646,76	84551,75
Total	19							
MG		65,41	50,97	75,53	31,23	13,99	127	2408,89
CV (%)		23,63	26,87	20,2	9,22	7,98	20,02	12,07

Fonte: elaborada pelo autor. FV - Fonte de variação; GL - Grau de liberdade; CV - Coeficientes de variação; ^{ns} - Não significativo, **e* Significativa a 0,01 e 0,05 pelo teste de F, respectivamente.

Pela análise de regressão (FIGURA 19), a massa da espiga com palha apresentou modelo polinomial quadrático, onde atingiu o valor máximo (77,05 g) na água de 2,34 dS m⁻¹, sendo reduzido a MECP em 41,72% quando as plantas foram irrigadas com água de 5 ds m⁻¹, em relação a água de 1 dS m⁻¹.

Figura 19 - Massa da espiga com palha de plantas de milho irrigadas com águas salinas aos 110 dias após o plantio. Fazenda Piroás, Redenção, Ceará, 2017.



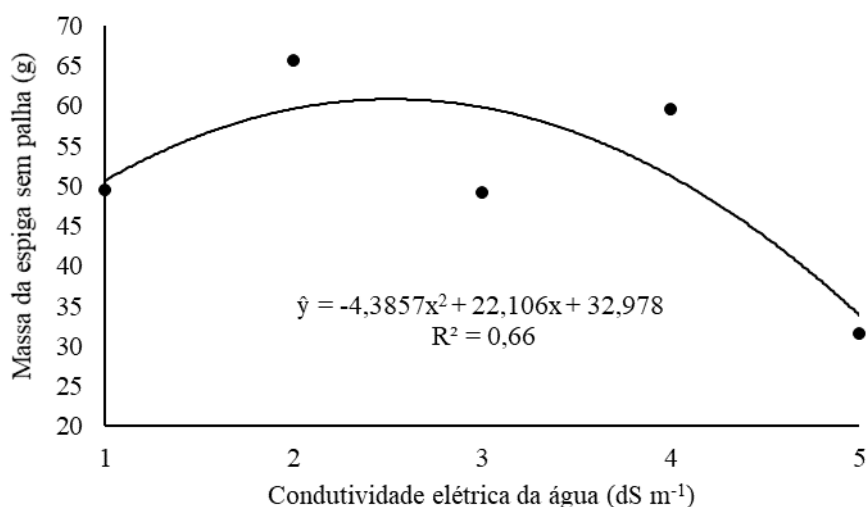
Fonte: Elaborada pelo autor.

A redução desta variável é o reflexo do acúmulo de sais no solo que por sua vez, afetam negativamente o bom desenvolvimento da planta em todo o seu ciclo e consequentemente o fruto (espiga). Esse resultado demonstra que possivelmente houve um efeito simultâneo do estresse hídrico, osmótico, e nutricional, impostos à cultura durante o crescimento, ocasionando alterações fisiológicas que levaram ao decréscimo na produção de espigas de qualidade (NAZÁRIO *et al.*, 2013).

Em plantas de amendoim submetidas ao estresse salino e diferentes frações de lixiviação, Santos *et al.* (2012) verificaram que a massa seca da vagem com os grãos reduziu à medida que se aumentou a condutividade elétrica do extrato de saturação, em razão da menor turgescência das células o que leva a redução das folhas e o crescimento das plantas.

Na Figura 20 observa-se que a massa da espiga sem palha se ajustou a um modelo polinomial quadrático com valor máximo de 60,83 g na água de 2,52 dS m⁻¹. Verifica-se que para a salinidade da água de 1 dS m⁻¹ a MESP foi de 49,47 g e para a salinidade da água de 5 dS m⁻¹ foi de 31,53 g, ou seja, ocorreu uma redução de 36,26% na menor condutividade elétrica da água de irrigação (1 dS m⁻¹) para a maior (5 dS m⁻¹). Sousa *et al.* (2010) verificaram que as plantas do milho sob estresse salino alocaram mais sódio nos órgãos vegetativos do que nos reprodutivos após 90 dias de experimento em campo, provavelmente como uma das estratégias para mitigar os efeitos deletérios dos sais na planta e consequentemente no fruto.

Figura 20 - Massa da espiga sem palha de plantas de milho irrigadas com águas salinas aos 110 dias após o plantio. Fazenda Piroás, Redenção, Ceará, 2017.

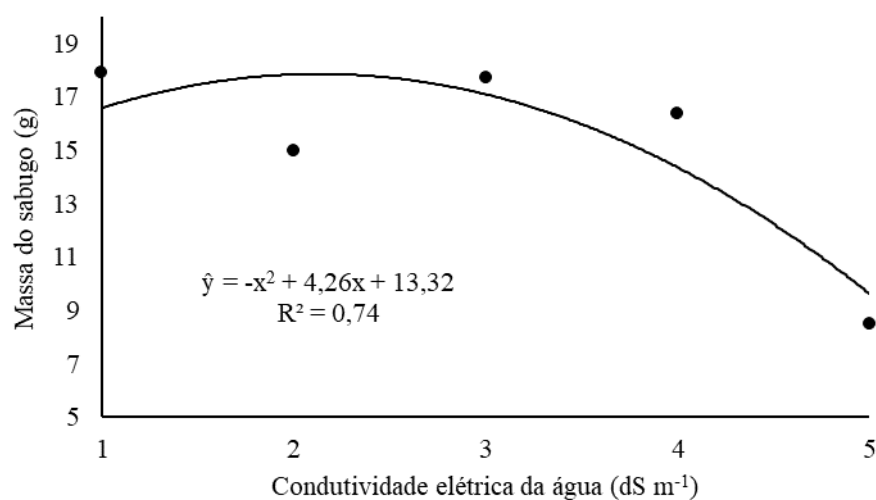


Fonte: Elaborada pelo autor.

Carvalho *et al.* (2012) constataram que a massa da espiga sem palha foi maior em plantas irrigadas com água de menor condutividade elétrica (1,2 dS m⁻¹) em relação a água de maior nível salino (3,3 dS m⁻¹), devido a menor presença dos sais no solo, pois sabe-se que os sais reduzem o potencial osmótico do solo, dificultando absorção de água pelas raízes das plantas. Estes autores relataram que a utilização de lâminas de lixiviação contribuiu para a retirada dos sais no perfil do solo em especial nas parcelas onde foram aplicadas água com menor salinidade.

Assim como a MECP e a MESP, a massa do sabugo também foi afetada ($p < 0,01$) pelo aumento do nível salino nas águas de irrigação. Esta variável apresentou valor máximo de 17,86 g na condutividade elétrica da água de 2,13 dS m⁻¹ (FIGURA 21) e foi decrescendo até 8,5 g na água de 5 dS m⁻¹.

Figura 21 - Massa do sabugo de plantas de milho irrigadas com águas salinas aos 110 dias após o plantio. Fazenda Piroás, Redenção, Ceará, 2017.

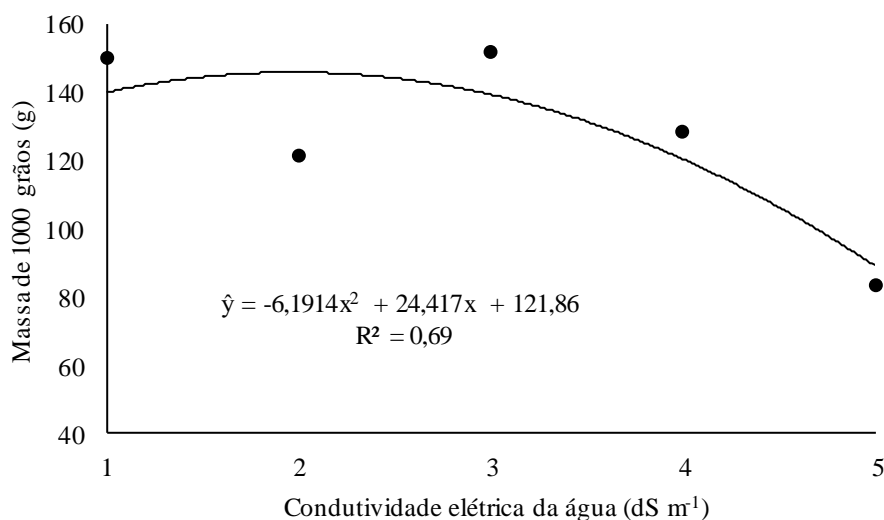


Fonte: Elaborada pelo autor.

Houve decréscimos de até 52,5% entre a massa do sabugo da água de menor nível salino (1 dS m⁻¹) para a água de maior nível salino (5 dS m⁻¹). Ou seja, provavelmente as espigas sofreram alterações negativas a partir do momento em que a salinidade da água foi elevada para níveis bem acima da salinidade limiar (1,7 dS m⁻¹) segundo Ayers e Westcot (1991, p. 39). Contrariando esse estudo, Lacerda *et al.* (2011) também em plantas de milho não encontraram diferenças significativas nessa variável quando as plantas foram irrigadas com água de até 5 dS m⁻¹.

Para a variável massa de 1000 grãos, a equação de regressão que melhor se adequou foi o modelo polinomial quadrático (Figura 22), onde se verificou que a massa de 1000 grãos atingiu o seu máximo (145,94 g) na água de irrigação de 1,98 ds m⁻¹, e depois deste ponto foi-se reduzindo até 83 g.

Figura 22 - Massa de 1000 grãos de plantas de milho irrigadas com águas salinas aos 110 dias após o plantio. Fazenda Piroás, Redenção, Ceará, 2017.



Fonte: Elaborada pelo autor.

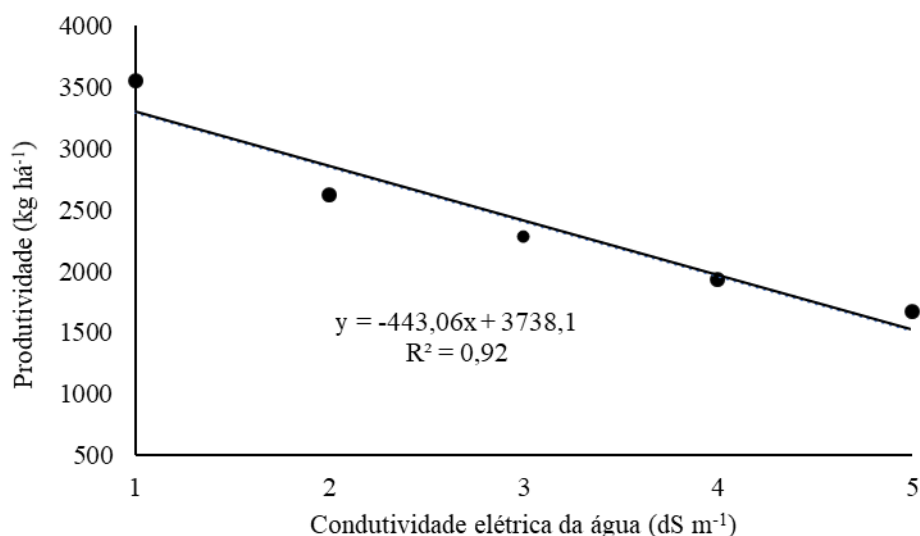
Isso demonstra que os melhores grãos foram obtidos em níveis mais baixos de salinidade, devido aos distúrbios que os íons tóxicos podem causar no metabolismo da planta com o aumento da salinidade, provocando a redução de absorção de potássio e assim na qualidade de grãos (MUNNS; GILLIHAM, 2015; TAIZ; ZEIGER, 2013, p. 760).

Em outro estudo realizado também com plantas de milho na região semiárida da China, Yuan *et al.* (2018) descreveram que o uso contínuo de água com salinidade acima do limiar da cultura (1,7 dS m⁻¹), reduziu a massa de 1000 grãos.

Trabalhando com água de irrigação de 12 dS m⁻¹ em plantas de sorgo (*Sorghum bicolor* L.), Shakeri *et al.* (2017) citaram que houve reduções de até 42% da massa de 1000 grãos em relação às plantas irrigadas com água de baixa salinidade (2 dS m⁻¹).

A condutividade elétrica da água de irrigação proporcionou uma redução de forma linear na produtividade (FIGURA 23), com decréscimos de 26,20; 35,72; 45,63 e 52,76%, para a CEa de 2, 3, 4 e 5 dS m⁻¹, respectivamente, em relação a água de baixa concentração salina (1 dS m⁻¹). A irrigação com a água de 1 dS m⁻¹ resultou em 3545,83 kg ha⁻¹, enquanto que na água de 5 dS m⁻¹ a produtividade foi de 1675 kg ha⁻¹.

Figura 23 - Produtividade de grãos de plantas de milho irrigadas com águas salinas aos 110 dias após o plantio. Fazenda Piroás, Redenção, Ceará, 2017.



Fonte: Elaborada pelo autor.

A diminuição na produção de grãos ocasionada pelo estresse salino progressivo está relacionada ao desvio de energia em decorrência do aumento dos níveis de salinidade do solo, e pelo custo metabólico de energia associada à uma tentativa de adaptação à salinidade (GARCIA *et al.*, 2007; LIMA *et al.*, 2018).

O efeito negativo da salinidade das águas de irrigação sobre a produtividade foi expressivo, mostrando que a produção é prejudicada com elevada presença de sais na água. Resultados similares foram encontrados por Isla e Aragués (2010) onde observaram no segundo ano do cultivo do milho irrigado com água salina que a salinidade limiar foi de 2,8 dS m⁻¹, sendo que a partir desses valores a produtividade começou a declinar. Os mesmos autores citaram que houve decréscimos no rendimento em relação ao tratamento controle de cerca de 80% no tratamento salino (4,5 dS m⁻¹).

Barbosa *et al.* (2012), em pesquisa com plantas de milho e uso cíclico da água salina com água de boa qualidade, obtiveram decréscimos na produtividade quando a planta foi irrigada durante todo o ciclo com água de condutividade elétrica de 4,5 dS m⁻¹. Neste nível salino os autores obtiveram uma produtividade foi de 6067 kg h⁻¹. Feng *et al.* (2017), também em plantas de milho cultivadas sem drenagem encontraram valores de produtividade de 7012 e 7328 kg h⁻¹ quando irrigadas com a

água de baixa salinidade ($0,78 \text{ dS m}^{-1}$) nos anos de 2014 e 2015 respectivamente, porém, na água de $6,25 \text{ dS m}^{-1}$ a produtividade caiu para 5838 e 5532 kg h^{-1} nos anos de 2014 e 2015 respectivamente.

5 CONCLUSÃO

O aumento do estresse salino no solo decorrente da irrigação com águas salinas provoca redução na condutância estomática, afetando outras variáveis das trocas gasosas em plantas de milho cultivadas em campo.

Observou-se que o pH e os teores de magnésio não foram influenciados pelo aumento da condutividade elétrica da água de irrigação, enquanto que, o aumento da concentração de sais na água de irrigação reduziu os teores de cálcio e potássio da solução do solo, por isto, o solo em questão pode-se tornar pouco fértil para a produção agrícola.

Os teores de sódio, a condutividade elétrica, e a percentagem de sódio trocável foram incrementados com o aumento da salinidade na água de irrigação, o que pode acarretar em dificuldades para que a planta se desenvolva.

O uso da água de salinidade crescente provoca redução significativa nas variáveis da produtividade em plantas de milho.

REFERÊNCIAS

- ALMAROAI, Yaser *et al.* Effects of biochar, cow bone, and eggshell on Pb availability to maize in contaminated soil irrigated with saline water. **Environmental Earth Sciences**, Rawalpindi, v. 71, n. 3, p. 1289–1296, maio 2014. Disponível em: <https://yonsei.pure.elsevier.com/en/publications/effects-of-biochar-cow-bone-and-eggshell-on-pb-availability-to-ma>. Acesso em: 22 jun. 2018.
- ALMEIDA, Otávio Álvares de. **Qualidade da água de irrigação**. 1. ed. Cruz das almas: EMBAPA, 2010. 227p.
- ALVARES, Clayton Alcarde *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. Disponível em: https://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/22/82078/Koppen_s_climate_classification_map_for_Brazil?af=crossref. Acesso em: 13 fev. 2018.
- ASHRAF, Muhammad *et al.* Management of brackish water for irrigating sunflower (*Helianthus annuus* L.) through integrated use of potassium and farm yard manure. *In*: KHALID, Azeem; MAHMOOD Shahid; CENTRITTO Mauro (Org.). **Proceedings of the International Training Workshop on Sustainable Agriculture Water Management in a Changing Environment – a Special Focus on Olive Tree**, Rawalpindi: PMAS-Arid Agriculture University, Rawalpindi, 2015. p. 111–117. Disponível em: <http://www.cnr-ivalsa-sawam-pak.it/wp-content/uploads/2018/07/Book-Proceedings-International-Training-Workshop.pdf>. Acesso em: 09 fev. 2018.
- ASHRAF, Muhammad *et al.* 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**, Londres, v. 7, n. 4, p. 476-487, dez. 2017. Disponível em: <https://iwaponline.com/jwrd/article/7/4/476/28192/Salinization-sodification-of-soil-and>. Acesso em: 10 fev. 2018.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1991. 218p. (Estudos FAO Irrigação e Drenagem, 29).
- BARBOSA, Felipe de Sousa *et al.* Yield and ion content in maize irrigated with saline water in a continuous or alternating system. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 10, p. 1731–1737, out. 2012. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782012001000003&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 15 mar. 2018.
- BERNARDO, Salassier; SOARES, Antonio Alves; MANTOVANI, Everaldo Chartuni. **Manual de Irrigação**. 8. ed. Viçosa: UFV, 2008. 625p.
- BEZERRA, Marlos Alves *et al.* Fotossíntese de plantas de cajueiro-anão Precoce submetidas ao estresse salino. **Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture**, [S. l.], v. 47, p. 149-152, out. 2003. Disponível em: http://www.ceinfo.cnpat.embrapa.br/arquivos/artigo_3031.pdf. Acesso em: 7 jun. 2018.

BEZERRA, Marlos Alves *et al.* Crescimento e fotossíntese de plantas jovens de cajueiro anão-precoce sob estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, suplemento, p. 90-94, 2005. Disponível em: http://www.agriambi.com.br/revista/suplemento/index_arquivos/PDF/090.pdf. Acesso em: 15 mar. 2018.

BEZERRA, Anna Karine Paiva *et al.* Rotação cultural feijão caupi/milho utilizando-se águas de salinidades diferentes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 5, p. 1075-1082, maio 2010. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-847820100005000012&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 18 mar. 2018.

CARVALHO, José. F de *et al.* Produção e biometria do milho verde irrigado com água salina sob frações de lixiviação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 4, p. 368–374, 2012. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662012000400006&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 11 mar. 2018.

CAVALCANTE, Lourival Ferreira; CAVALCANTE, Ítalo Herbert Lucena. Uso da água salina na agricultura. *In*: CAVALCANTE, Lourival Ferreira; LIMA, Ely Martins de. (Org). **Algumas frutíferas tropicais e a salinidade**. 1. ed. Jaboticabal: Funep, 2006. Cap. 1, p. 1-19.

CAVALCANTE, Lourival Ferreira *et al.* Fontes e níveis da salinidade da água na formação de mudas de mamoeiro cv. Sunrise solo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, suplemento 1, p. 1281- 1290, 2010. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/269951207_Fontes_e_niveis_da_salinidade_da_agua_na_formacao_de_mudas_de_mamoeiro_cv_sunrise_solo. Acesso em: 14 mar. 2018.

COELHO, Daniela Siqueira *et al.* Gas exchange and organic solutes in forage sorghum genotypes grown under different salinity levels. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 22, p. 231-236, abr. 2018. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662018000400231&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 14 abr. 2018.

COMPANHIA NACIONAL DO ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, v. 6- Safra 2018/2019, n. 3 - Terceiro levantamento, Brasília, p. 1- 127, dez. 2018. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/graos>. Acesso em: 27 dez. 2018.

CORRÊA, Juliano Corulli *et al.* Alteração de atributos físicos em Latossolo com aplicação superficial de escória de aciaria, lama cal, lodos de esgoto e calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 2, p. 263–272, abr. 2009. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832009000200004&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 18 jan. 2018.

COSTA, Andréa Raquel Fernandes Carlos da, MEDEIROS, José Francismar de. 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. Disponível em: <https://www2.ufrb.edu.br/wrim/wrim-v-6-n-3-2017>. Acesso em: 24 jun. 2018.

COSTA, Maria Eugênia da *et al.* Estratégias de irrigação com água salina na mamoneira. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 1, p. 34-43, jan./mar. 2013. Disponível em: <http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/1818/770>. Acesso em: 22 maio. 2018.

CUCCI Giovanna; LACOLLA, Giovanni. Irrigation with saline-sodic water: effects on two clay soils. **Italian Journal of Agronomy**, Pavia, v. 8, n. 2, p. 94–101, maio, 2013. Disponível em: <https://www.agronomy.it/index.php/agro/article/view/ija.2013.e13/492>. Acesso em: 10 jun. 2018.

DECHEN, Antonio Roque; NACHTIGALL, Gilmar Ribeiro. Elementos essenciais e benéficos às plantas superiores. *In*: FERNANDES, Maria Silvestre. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. Cap. 1, p. 1-5.

DIAS, Adaan Sudario *et al.* Gas exchanges and photochemical efficiency of West Indian cherry cultivated with saline water and potassium fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 22, n. 9, p. 628-633, set. 2018. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662018000900628&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 11 mar. 2018.

DIAS, Nildo da Silva; BLANCO, Flávio Favaro. Efeitos dos sais no solo e na planta. *In*: GHEYI, Hans Raj; DIAS, Nildo da Silva; LACERDA, Claudivan Feitosa. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, 2010. p. 129-140.

DIAS, Thiago Jardelino *et al.* Atributos químicos do solo irrigado com águas salinas e uso de mitigadores do estresse salino no maracujazeiro amarelo. **Revista principia**, João Pessoa, v. 1, n. 27, p. 19-29, dez. 2015. Disponível em: <http://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/principia/article/view/80>. Acesso em: 26 mar. 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212p.

FAGERIA, Nand Kumar; GHEYI, Hans Raj. **Efeitos dos sais sobre as plantas**. *In*: GHEYI, Hans Raj; QUEIROZ, Jose Elenildo; MEDEIROS, José Francismar de. (Org.). Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada. Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997. p. 125-131.

FOOD AND AGRICULTURE OF THE UNITED STATIONS. **Global network on integrated soil management for sustainable use of salt-affected soils**. Roma, 2000. Disponível em: <http://www.fao.org/ag/AGL/agll/spush/intro.htm>. Acesso em: 15 dez. 2018.

FARIAS, Séfora Gil Gomes de *et al.* Estresse salino no crescimento inicial e nutrição mineral de *Gliricídia* (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunt ex Steud) em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 5, p. 1499-1505, set./out. 2009. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832009000500040

&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 27 jan. 2018.

FEIJÃO, Alexcyane Rodrigues *et al.* Efeito da nutrição de nitrato na tolerância de plantas de sorgo sudão à salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 3, p. 675-683, jul./set. 2011. Disponível em: <http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/1754/592>. Acesso em: 13 fev. 2018.

FENG, Genxiang *et al.* Effects of saline water irrigation on soil salinity and yield of summer maize (*Zea mays* L.) in subsurface drainage system. **Agricultural Water Management**, [S. l.], v. 193, p. 205–213, nov. 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037837741730255X>. Acesso em: 29 jan. 2018.

FERREIRA, Raimundo Gonçalves; TÁVORA, Francisco José Alves Fernandes; HERNANDEZ, Ferreyra Fernando Felipe. Distribuição da matéria seca e composição química das raízes, caule e folhas de goiabeira submetida a estresse salino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 1, p. 79-88, jan. 2001. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2001000100010&lng=en&nrm=iso. Acesso em 11 abr. 2018.

FREIRE, Maria Betânia Galvão dos Santos *et al.* Agrupamento de solos quanto à salinidade no Perímetro Irrigado de Custódia em função do tempo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, (Suplemento), p. S86–S91, 2014. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662014001300086&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 3 mar. 2018.

FREITAS, Eriberto Vagner Souza *et al.* Alterações nos atributos físicos e químicos de dois solos submetidos à irrigação com água salina. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, São Cristovão, v. 7, n. 1, p. 21-28, 2007. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/242386226_Alteracoes_nos_atributos_fisicos_e_quimicos_de_dois_solos_submetidos_a_irrigacao_com_agua_salina. Acesso em: 5 ago. 2018.

GARCIA, Giovanni de Oliveira *et al.* Estresse salino em plantas de milho: I – macronutrientes aniônicos e suas relações com o cloro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, (suplemento) p. 26-30, 2005. Disponível em: http://www.agriambi.com.br/revista/suplemento/index_arquivos/PDF/026.pdf?script=sci_pdf%03d=S141543662005000400004&lng=en&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 15 fev. 2018.

GARCIA, Giovanni de Oliveira *et al.* Índices fisiológicos, crescimento e produção do milho irrigado com água salina. **Irriga**, Botucatu, v. 12, n. 3, p. 307-325, jul./set. 2007. Disponível em: <http://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/3309>. Acesso em: 27 maio 2018.

GARCIA, Giovanni de Oliveira *et al.* Alterações químicas de dois solos irrigados com água salina. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 39, n. 01, p. 7-18, jan./ mar. 2008.

Disponível em: <http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/18/17>. Acesso em: 10 ago. 2018.

GHEYI, Hans Raj. Problemas de salinidade na agricultura irrigada. *In*: OLIVEIRA, Teógenes Senna de; ASSIS JR, Raimundo Nonato; ROMERO, Ricardo Espíndola; SILVA, José Ronaldo Coelho (Org). **Agricultura, sustentabilidade e o semiárido**. Viçosa: Folha de Viçosa/SBCS, 2000. p.329-346.

GOMES, Krishna Ribeiro *et al.* Respostas de crescimento e fisiologia do milho submetido a estresse salino com diferentes espaçamentos de cultivo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 4, p. 365-370, abr. 2011. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S141543662011000400006&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 25 fev. 2018.

GOMES, Krishna Ribeiro *et al.* Irrigação com água salina na cultura do girassol (*Helianthus annuus* L.) em solo com biofertilizante bovino. **Irriga**, Botucatu, v. 20, n. 4, p. 680-693, out./dez. 2015. Disponível em: <http://irriga.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/1004>. Acesso em: 22 fev. 2018.

GONÇALVES, Israel Venismare Cordeiro *et al.* Alterações químicas de um Neossolo Flúvico irrigado com águas salinas. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 3, p. 589-596, jul/set. 2011. Disponível em: <http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/1226/580>. Acesso em: 22 fev. 2018.

HASSANLI, Mohammad; EBRAHIMIAN, Hamed. Cyclic use of saline and non-saline water to 20 increase water use efficiency and soil sustainability on drip irrigated maize. **Spanish Journal of 21 Agricultural Research**, Madrid, v. 14, n. 4, paginação irregular, 2016. Disponível em: <http://revistas.inia.es/index.php/sjar/article/view/9238/3149>. Acesso em: 23 set. 2018.

HOLANDA FILHO, Roberto Sílvio Frota de *et al.* Água salina nos atributos químicos do solo e no estado nutricional da mandiocueira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 1, p. 60–66, jan. 2011. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662011000100009&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 11 jan. 2019.

HUSSAIN Sahid *et al.* Ionic concentration and growth response of sunflower (*Helianthus annuus* L.) genotypes under saline and/or sodic water application. **Soil Environ**, Faisalabad, v. 27, n. 2, p. 177–184, 2008. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/242031296_Ionic_concentration_and_growth_response_of_sunflower_Helianthus_annuus_L_genotypes_under_saline_andor_sodic_water_application. Acesso em: 21 jun. 2018.

ISLA, Ramon; ARAGÜÉS, Ramón. Yield and plant ion concentrations in maize (*Zea mays* L.) subject to diurnal and nocturnal saline sprinkler irrigations. **Field Crops Research**, [S. l.], v. 116, n. 1–2, p. 175–183, mar. 2010. Disponível em: http://digital.csic.es/bitstream/10261/38599/1/IslaR_FieldCropsRes_2010.pdf. Acesso em: 10 ago. 2018.

KELLER, Jack; KARMELI, David. **Trickle irrigation design**. Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation, 1975. 133 p.

LACERDA, Claudivan Feitosa. Interação salinidade x nutrição mineral. *In*: NOGUEIRA, Rejane Jurema Mansur Custódio; ARAÚJO, Elcida de Lima; WILLADINO, Lília Gomes; CAVALCANTE, Uided Maaze Tiburcio (Org.) **Estresses ambientais: danos e benefícios às plantas**. Recife: UFRPE, 2005. p. 127-137.

LACERDA, Claudivan Feitosa. Estratégias de manejo do sistema solo-água-plantas sob condições de salinidade. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 32., 2009, Fortaleza. **Anais...** Viçosa: SBCS, 2009. 1 CD-ROM.

LACERDA, Claudivan Feitosa *et al.* Soil salinization and maize and cowpea yield in the crop rotation system using saline waters. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, n. 4, p. 663-675, jul./ago. 2011. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162011000400005&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 26 fev. 2018.

LEITE, Egeiza Moreira *et al.* 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. Disponível em: <http://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/3296>. Acesso em 25 fev. 2018.

LIMA, Geovani Soares de. Saline water irrigation and nitrogen fertilization on the cultivation of colored fiber cotton. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 31, n. 1, p. 151 – 160, jan./mar. 2018. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-21252018000100151&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 22 ago. 2018.

LIMA, Michella de Albuquerque *et al.* Trocas gasosas em folhas de sol e sombreadas de cajueiro anão em diferentes regimes hídricos. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, p. 654-663, out./dez. 2010. Disponível em: <http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/1074>. Acesso em: 22 jan. 2018.

LINHARES, Paulo Sérgio Fernandes *et al.* Alterações químicas no Argissolo cultivado com berinjela irrigada com águas salinas. **ACSA – Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v. 8, n. 3, p. 07-19, jul./set. 2013. Disponível em: <http://revistas.ufcg.edu.br/acsa/index.php/ACSA/article/view/394/pdf>. Acesso em: 22 jan. 2018.

LÚCIO, Wilber da Silveira *et al.* Crescimento e respostas fisiológicas do meloeiro inoculado com fungos micorrízicos arbusculares sob estresse salino. **Semina: ciências agrárias**, Londrina, v. 34, n. 4, p. 1587-1602, jul./ago. 2013. Disponível em: [https://www.bvs-vet.org.br/vetindex/periodicos/semina-ciencias-agrarias/34-\(2013\)-4/crescimento-e-respostas-fisiologicas-do-meloeiro-inoculado-com-fungos/](https://www.bvs-vet.org.br/vetindex/periodicos/semina-ciencias-agrarias/34-(2013)-4/crescimento-e-respostas-fisiologicas-do-meloeiro-inoculado-com-fungos/). Acesso em: 15 jun. 2018.

MACHADO, Daniela Favero São Pedro *et al.* Efeito da baixa temperatura noturna e do porta-enxerto na variação diurna das trocas gasosas e na atividade fotoquímica de laranjeira ‘valência’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 2, p. 351-359, jun.

2010. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-29452010000200003&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 5 mar. 2019.

MEDEIROS, Reinaldo Ferreira *et al.* Crescimento inicial do tomateiro-cereja sob irrigação com águas salinas em solo com biofertilizantes bovino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 5, p. 505-511, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v15n5/v15n5a11.pdf>. Acesso em 17 fev. 2018.

MELO, Hidelblandi Farias de Melo *et al.* Gas exchange and photosynthetic pigments in bell pepper irrigated with saline water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 21, p. 38–43, jan. 2017. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662017000100038&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 15 maio 2018.

MORAIS NETO, Luiz Barreto de. **Avaliação temporal do acúmulo de fitomassa e trocas gasosas do capim-canarana em função da salinidade da água de irrigação**. 2009. 74f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

MUNNS, Rana. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant Cell and Environment**, [S. l.], v. 25, p. 239 – 250, mar. 2002. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1046/j.0016-8025.2001.00808.x>. Acesso em: 15 out. 2017.

MUNNS, Rana; TESTER, Mark. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review Plant Biology**, [S. l.], v. 59, p. 651-681, jun. 2008. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911>. Acesso em 15 out. 2017.

MUNNS, Rana; GILLIHAM, Matthew. Salinity tolerance of crops - what is the cost? **New Phytologist**, [S. l.], v. 208, p. 668–673, nov. 2015. Disponível em: <https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/nph.13519>. Acesso em: 15 out. 2017.

MURTAZA, Ghulam; GHAFOOR. Abdul; QADIR, Manzoor. Irrigation and soil management strategies for using saline-sodic water in a cotton–wheat rotation. **Agricultural Water Management**, [S. l.], v. 81, n. 1-2, p. 98–114, mar. 2006. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377405001502?via%3Dihub>. Acesso em: 20 out. 2017.

NAZÁRIO, Aline Azevedo *et al.* Desenvolvimento e produção do milho irrigado com água de diferentes condutividades elétricas. **Engenharia Ambiental: pesquisa e tecnologia**, Brasília, v. 10, n. 2, p. 117-130, mar./abr. 2013. Disponível em: <http://ferramentas.unipinhal.edu.br/engenhariaambiental/viewarticle.php?id=846>. Acesso em: 10 abr. 2018.

NEVES, Antonia Leila Rocha *et al.* 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, mar./jun. 2009. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782009000300019&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 10 abr. 2018.

NOVAIS, Roberto Ferreira *et al.* **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017p.

OMOTO, Eiji; TANIGUCHI, Mitsutaka; MIYAKE, Hiroshi. Adaptation responses in C4 photo- synthesis of maize under salinity. **Journal of Plant Physiology**, [S. l.], v. 169, n. 5, p. 469–477, 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0176161711004640?via%3Dihub>. Acesso em: 12 jan. 2018.

PEDROTTI, Alceu *et al.* 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. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/16544/pdf>. Acesso em: 9 fev. 2018.

PRAZERES, Stella Silva *et al.* Crescimento e trocas gasosas de plantas de feijão-caupi sob irrigação salina e doses de potássio. **Revista Agro@ambiente On-line**, Boa Vista, v. 9, n. 2, p. 111-118, abr./jun. 2015. Disponível em: <https://revista.ufrr.br/agroambiente/article/view/2161/1572>. Acesso em: 9 fev. 2018.

RHOADES, J.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Campina Grande: UFPB, 2000. 117p. (Estudos FAO. Irrigação e drenagem, 48).

SANTOS, Delfran Batista dos *et al.* Produção e parâmetros fisiológicos do amendoim em função do estresse salino. **Idesia**, Arica, v. 30, n. 2, p. 69-74, mai./ago. 2012. Disponível em: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292012000200009&lng=es&nrm=iso. Acesso em: 10 fev. 2018.

SANTOS, Jefferson *et al.* Saline stress and potassium/calcium ratio in fertigated eggplant. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 22, n. 11, p. 770-775, nov. 2018. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662018001100770&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 12 dez. 2018.

SHAKERI, Ehsan *et al.* Evaluation of grain sorghum (*Sorghum bicolor* L.) lines/cultivars under salinity stress using tolerance índices. **International Journal of Plant Production**, Golestan, v. 11, n. 1, p. 101-115, jan. 2017. Disponível em: http://ijpp.gau.ac.ir/article_3312_a9fd84a0e96eba8e0419fb3063880f40.pdf. Acesso em: 26 set. 2018.

SHARWOOD, Robert; SONAWANE, Balasaheb; GHANNOUM, Oula. Photosynthetic flexibility in maize exposed to salinity and shade. **Journal of Experimental Botany**, Lancaster, v. 65, n. 13, p. 3715–3724, jul. 2014. Disponível em: <https://academic.oup.com/jxb/article/65/13/3715/2877538>. Acesso em: 23 abr. 2018.

SILVA, Edison Fernandes da.; ASSIS JUNIOR, Raimundo Nonato de; SOUSA, José Ivo Gonçalves. Efeito da qualidade da água de irrigação sobre atributos hídricos de um Neossolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 389-396, 2005. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832005000300009&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 4 jun. 2018.

SILVA, Francisco de Assis Santos e; AZEVEDO, Carlos Alberto Vieira de. The Assisat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, [S. l.] v. 11, n. 39, p. 3733-3740, set. 2016. Disponível em: <https://academicjournals.org/journal/AJAR/article-full-text-pdf/5E8596460818>. Acesso em: 14 fev. 2018.

SILVA, Francisco Leandro Barbosa da *et al.* Interação entre salinidade e biofertilizante bovino na cultura do feijão-caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 4, p. 383-389, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v15n4/v15n04a09.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2018.

SILVA, Francisco Leandro Barbosa da *et al.* Irrigação com águas salinas e uso de biofertilizante bovino nas trocas gasosas e produtividade de feijão-caupi. **Irriga**, Botucatu, v. 18, n. 2, p. 304-317, abr./jun. 2013. Disponível em: <http://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/544>. Acesso em: 20 jan. 2018.

SILVA, José Leôncio de Almeida *et al.* Uso de águas salinas como alternativa na irrigação e produção de forragem no semiárido nordestino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, (Suplemento), p. S66–S72, 2014. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662014001300066&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 22 set. 2018.

SOUSA, Antonio Evami Cavalcante *et al.* Teores de nutrientes foliares e respostas fisiológicas em pinhão manso submetido a estresse salino e adubação fosfatada. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, p. 144–152, mar./jun. 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/2291/pdf>. Acesso em: 15 fev. 2018.

SOUSA, Geocleber Gomes *et al.* 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. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662010001100003&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 22 jan. 2018.

SOUSA, Geocleber Gomes *et al.* Estresse salino em plantas de feijão-caupi em solo com fertilizantes orgânicos. **Revista Agro@mbiente**, Boa Vista, v. 8, n. 3, p. 359-367, set./dez. 2014. Disponível em: <https://revista.ufrb.br/agroambiente/article/view/1824/1430>. Acesso em: 20 jan. 2018.

SOUSA, Geocleber Gomes *et al.* Interação entre salinidade e biofertilizante de caranguejo na cultura do milho. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 28, n. 1, p. 44-53, jan./mar. 2016. Disponível em: <https://magistraonline.ufrb.edu.br/index.php/magistra/article/view/194/231>. Acesso em: 20 jan. 2018.

SOUZA, Luciana Sandra Bastos de *et al.* 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. Disponível em: https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/3631/pdf_316. Acesso em: 20 jan. 2018.

SOUZA, Rogéria Pereira *et al.* Fotossíntese e acúmulo de solutos em feijoeiro caupi submetido à salinidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 6, p. 586-592, jun. 2011. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2011000600003&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 15 mar. 2018.

TAIZ, Lincoln; ZEIGER, Eduardo. **Fisiologia Vegetal**. 5.ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Disponível em: www.usda.gov/. Acesso em: 21 de Dez de 2018.

VENEGAS, Fábio. 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. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/260/26012800007.pdf>. Acesso em 27 jul. 2018.

VIEIRA, Renan Costa Beber. Potassium Fertilization for Long Term No-Till Crop Rotation in the Central-Southern Region of Paraná, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 40, paginação irregular, set. 2016. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832016000100538&lng=en&nrm=isso. Acesso em: 25 jul. 2019.

YUAN, Chengfu *et al.* Effects of irrigation water salinity on soil salt content distribution, soil physical properties and water use efficiency of maize for seed production in arid Northwest China. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, Beijing, v. 11, n. 3, p. 137-145, maio 2018. Disponível em: <https://www.ijabe.org/index.php/ijabe/article/view/3146/pdf>. Acesso em: 10 jan. 2018.

YU, Xishui; LIAO, Yuncheng; OLADIPO, Isaac Olaposi. Effect of salinity water irrigation on maize growth in northwest region. **Journal of Chemical and Pharmaceutical Research**, [S. l.], v. 6, n. 1, p. 300-305, 2014. Disponível em: <http://www.jocpr.com/articles/effect-of-salinity-water-irrigation-on-maize-growth-in-northwest-region.pdf>. Acesso em: 15 set. 2018.