



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: IRRIGAÇÃO E DRENAGEM**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**CULTIVO DE ALGODOEIRO BRS 286 INOCULADO COM  
AZOSPIRILLUM BRASILIENSE E SUBMETIDO AO ESTRESSE SALINO**

**AUSTRO JOSÉ FAUSTINO TAVARES**

**CAMPINA GRANDE – PB  
DEZEMBRO - 2021**

**AUSTRO JOSÉ FAUSTINO TAVARES**

Engenheiro Agrícola

**CULTIVO DE ALGODOEIRO BRS 286 INOCULADO COM  
AZOSPIRILLUM BRASILIENSE E SUBMETIDO AO ESTRESSE SALINO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola. Área de Concentração: Irrigação e Drenagem.

**ORIENTADOR: Profº DSc. Ronaldo do Nascimento**

**CAMPINA GRANDE – PB  
DEZEMBRO - 2021**

Universidade Federal de Campina Grande - UFCG  
Sistema de Bibliotecas - SISTEMOTECA  
Catalogação de Publicação na Fonte. UFCG - Biblioteca Central

T231c

Tavares, Austro José Faustino.

Cultivo de algodoeiro BRS 286 inoculado com *Azospirillum brasiliense* e submetido ao estresse salino / Austro José Faustino Tavares. – 2026.

43 f. : il.

Dissertação (mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Humanidades, 2021.

“Orientação: Prof. Dr. Ronaldo do Nascimento”.

Referências.

1. *Gossypium hirsutum* L.. 2. Estresse Abiótico. 3. Inoculação. 4. Irrigação. 5. Drenagem. 6. Salinidade. I. Nascimento, Ronaldo do. II. Título.

UFCG/BC

CDU 633.51(043.3)



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE**  
POS-GRADUACAO EM ENGENHARIA AGRICOLA  
Rua Aprigio Veloso, 882, - Bairro Universitario, Campina Grande/PB, CEP 58429-900

## FOLHA DE ASSINATURA PARA TESES E DISSERTAÇÕES

**AUSTRO JOSÉ FAUSTINO TAVARES**

CULTIVO DE ALGODOEIRO BRS 286  
INOCULADO COM *Azospirillum brasiliense* E  
SUBMETIDO AO ESTRESSE SALINO

Dissertação apresentada ao Programa de  
Pós-Graduação em Engenharia Agrícola como  
pré-requisito para obtenção do título de  
Mestre em Engenharia Agrícola.

Aprovada em: 17/12/2021

Ronaldo do Nascimento - Orientador(a) - PPGEA/CTRN/UFCG

Maria Sallydelândia Sobral de Farias - Examinador(a) Interno(a) - PPGEA/CTRN/UFCG

Luciano Marcelo Fallé Saboya - Examinador(a) Externo(a) - UAEA/CTRN/UFCG

Rita de Cássia Cunha Saboya - Examinador(a) Externo(a) - EMBRAPA



Documento assinado eletronicamente por **LUCIANO MARCELO FALLE SABOYA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 08/02/2022, às 07:37, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **MARIA SALLYDELANDIA DE FARIAS ARAUJO, PROFESSOR 3 GRAU**, em 08/02/2022, às 09:30, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **RONALDO DO NASCIMENTO, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 08/02/2022, às 10:59, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.ufcg.edu.br/autenticidade>, informando o código verificador **2102003** e o código CRC **B5391E77**.

---

Referência: Processo nº 23096.079642/2021-58

SEI nº 2102003



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS**  
**COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**  
**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: IRRIGAÇÃO E DRENAGEM**

**AUSTRO JOSÉ FAUSTINO TAVARES**

**CULTIVO DE ALGODOEIRO BRS 286 INOCULADO COM AZOSPIRILLUM  
BRASILIENSE E SUBMETIDO AO ESTRESSE SALINO**

**BANCAEXAMINADORA**

---

Prof. DSc. Ronaldo do Nascimento – Orientador (UAEA/CTRN/UFCG)

---

Prof. DSc. Maria Sallydelândia Sobral de Farias- Examinadora (UAEA/CTRN/UFCG)

---

M.Sc. Rita de Cássia Cunha Saboya – Examinadora (PESQUISADORA EMBRAPA)

---

Prof. DSc. Luciano Marcelo Fallé Saboya – Examinador UAEE/CTRN/UFCG

**CAMPINA GRANDE – PB**  
**FEVEREIRO - 2022**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me dado ombros largos para suportar os desafios cotidianos e superar as adversidades da vida, principalmente as vividas no ano de dois mil e vinte.

A meu pai, Aucio Tavares e a minha mãe Geiza Maria, por serem o meu caminho pavimentado e lastro forte de sustentação. Meu pai, com seu exemplo de dedicação ao trabalho e compromisso com nossa educação, sempre me ensinou que o melhor caminho era o da busca pelo conhecimento. Minha mãe, que sempre nos mostrou o verdadeiro amor através de suas ações, na singularidade do cotidiano, nos dando conforto e apoio para que pudéssemos nos dedicar aos estudos. Aos dois minha eterna gratidão, com a certeza de que sem eles nada disso seria possível e, portanto, essa é uma conquista nossa.

Em especial a minha esposa Cristiane, companheira de tantos anos, que se tornou minha motivação diária para realizar nossos sonhos. A minha irmã Luana que me apoiou nas tarefas escolares durante a infância e que nos presenteou com meus sobrinhos Isaac e Abraão.

A meu orientador, professor Ronaldo Nascimento, que deu condições de realizar a pesquisa com liberdade, direcionando no processo de escolhas. Sempre muito paciente e objetivo, ensinou a essência de ser um pesquisador, despertando a paixão por esse lado profissional. Estendo meu agradecimento a pesquisadora Cássia Saboya, ao professor Luciano Saboya e ao doutorando André Rodrigues que foram importantes colaboradores no desenvolvimento do projeto.

A UFCG, minha segunda casa, onde venho iniciando e encerrando ciclos há aproximadamente nove anos. A EMBRAPA, onde desenvolvi a minha pesquisa e pude me desenvolver profissionalmente.

Por fim, agradeço a meus amigos Gleyka, Luan, Raucha, Raul, Shayenny e Renata, que me acompanharam nos últimos anos. Em especial, deixo registrada minha gratidão ao meu amigo Matheus Tibúrcio que dividiu comigo a responsabilidade de executar a pesquisa.

Gratidão a todos e assim encerro mais um ciclo na minha vida.

# Sumário

<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	7
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	8
<b>RESUMO</b> .....	9
<b>ABSTRACT</b> .....	10
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	12
2.1. Objetivo geral .....	12
2.2. Objetivos específicos .....	12
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	12
3.1. Aspectos gerais da cultura do algodão .....	12
3.2. Cultivar BRS 286.....	13
3.3. Qualidade e uso de águas salinas na irrigação no semiárido brasileiro .....	14
3.4. Efeito dos sais nas plantas .....	15
3.4.1. Efeito osmótico .....	16
3.4.2. Efeito tóxico.....	16
3.4.3. Efeito nutricional .....	17
3.5. Tolerância das plantas à salinidade .....	18
3.6. Azospirillum brasiliense .....	19
3.7. Fixação Biológica do Nitrogênio.....	20
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	21
4.1. Localização .....	21
4.2. Tratamentos e delineamento estatístico .....	22
4.3. Descrição do algodoeiro BRS 286.....	22
4.4. Preparação das águas salinas e manejo da irrigação .....	22
4.5. Solo utilizado no experimento .....	23
4.6. Instalação e condução do experimento.....	23
4.7. Variáveis analisadas .....	24
4.7.1. Crescimento.....	24
4.7.2. Índices fisiológicos.....	24
4.7.3. Acúmulo de fitomassa .....	25
4.7.4. Componentes de produção.....	25
4.7.5. Determinação da tolerância do algodoeiro a salinidade .....	25
4.8. Análise estatística.....	26
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	26

<b>6. CONCLUSÕES</b> .....	38
<b>7. REFERÊNCIAS</b> .....	38

## LISTA DE TABELAS

	Pag.
<b>Tabela 1.</b> Atributos químicos do solo utilizado no experimento, antes da aplicação dos tratamentos.	23
<b>Tabela 2.</b> Resumo da análise de variância referente à altura de planta (AP), diâmetro de caule (DC), número de folhas (NF) e área foliar (AF) do algodoeiro BRS 286 irrigado com águas salinas e submetido a inoculação com azospirillum, aos 110 e 140 dias após o semeio.	26
<b>Tabela 3.</b> Resumo da análise de variância referente à área foliar específica (AFE), razão de área foliar (RAF) e suculência foliar (SUC) do algodoeiro BRS 286 irrigado com águas salinas e submetido a inoculação com azospirillum.	30
<b>Tabela 4.</b> Resumo da análise de variância referente à fitomassa seca de folha (FSF), fitomassa seca de caule (FSC), fitomassa seca da parte aérea (FSPA), fitomassa seca da raiz (FSR) e relação raiz/parte aérea (R/PA) do algodoeiro BRS 286 irrigado com águas salinas e submetido a inoculação com azospirillum.	32
<b>Tabela 5.</b> Resumo da análise de variância referente à número de sementes (NF), massa de sementes (MS), número de capulhos (NC) e massa de algodão em pluma (MAP) do algodoeiro BRS 286 irrigado com águas salinas e submetido a inoculação com azospirillum.	35

## LISTA DE FIGURAS

	Pag.
<b>Figura 1.</b> Altura de planta - AP (A), diâmetro de caule - DC (B), número de folhas - NF (E) e área foliar - AF (F) do algodoeiro BRS 286 em função da condutividade elétrica da água - CEa; diâmetro de caule - DC (C) e número de folhas - NF (D) em função da inoculação com <i>Azospirillum</i> , aos 110 dias após semeio.	28
<b>Figura 2.</b> Área foliar do algodoeiro BRS 286 em função da inoculação com <i>Azospirillum</i> , aos 110 e 140 dias após semeio.	29
<b>Figura 3.</b> Área foliar específica – AFE (A) e razão de área foliar – RAF (B) do algodoeiro BRS 286 em função da inoculação com <i>Azospirillum</i> , aos 140 dias após semeio.	31
<b>Figura 4.</b> Fitomassa seca de folha - FSF (A), de caule - FSC (B), da parte aérea - FSPA (C) e fitomassa seca da raiz - FSR (B) do algodoeiro BRS 286 em função da condutividade elétrica da água – CEa.	33
<b>Figura 5.</b> Relação raiz/parte aérea – R/PA do algodoeiro BRS 286 em função da condutividade elétrica da água – CEa.	34
<b>Figura 6.</b> Número de capulhos - NC (A) e número de sementes - NS (B) do algodoeiro BRS 286 em função da condutividade elétrica da água – CEa.	35
<b>Figura 7.</b> Massa de sementes - MS (A) e massa de algodão em pluma - MAP (B) do algodoeiro BRS 286 em função da condutividade elétrica da água – CEa.	36
<b>Figura 8.</b> Número de capulhos - NC (A) e Massa de sementes - MS (B) do algodoeiro BRS 286 em função da inoculação com <i>Azospirillum</i> .	37

TAVARES, A. J. F. **Cultivo de algodoeiro BRS 286 inoculado com azospirillum brasiliense e submetido ao estresse salino.** 2017. 46p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Campina Grande. Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Campina Grande, PB.

## RESUMO

A escassez de água e os altos níveis de salinidade na água de irrigação limitam o cultivo do algodão irrigado na região semiárida do Nordeste do Brasil. Portanto, é necessário adotar estratégias que viabilizem o sistema de produção. Neste sentido, a inoculação das sementes com *Azospirillum brasiliense* pode auxiliar na tolerância das plantas ao estresse salino. Neste contexto, objetivou-se no presente estudo, avaliar o crescimento, o acúmulo de fitomassa e a produção do algodoeiro BRS 286 irrigado com água de diferentes níveis de salinidade e inoculação com *Azospirillum brasiliense*. A pesquisa foi conduzida em ambiente protegido (casa de vegetação) em lisímetros de drenagem. Os tratamentos resultaram da combinação entre dois fatores: cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,4; 3,1; 4,1; 6,1 e 7,1 dS m<sup>-1</sup>) associados a inoculação ou não das sementes de algodão com *Azospirillum* - IA (Com inoculação e sem inoculação), distribuídos no delineamento inteiramente casualizados, em arranjo fatorial 5 × 2, com seis repetições, perfazendo o total de sessenta unidades experimentais. A irrigação com água de condutividade elétrica acima de 0,4 dS m<sup>-1</sup> afetou negativamente o crescimento do algodoeiro BRS 286, aos 110 e 140 dias após o semeio. Entretanto, a inoculação com *azospirillum* favoreceu o crescimento em diâmetro de caule, número de folhas e área foliar; O acúmulo de fitomassa do algodoeiro foi reduzido com o incremento da condutividade elétrica da água de irrigação. Sendo a variável fitomassa seca de folha a mais prejudicada pelo estresse salino; O número de capulhos, o número de sementes, a massa de sementes e a massa de algodão em pluma foram reduzidos drasticamente pela irrigação com águas salina, alcançando os menores valores sob irrigação com CEa de 7,1 dS m<sup>-1</sup>; A inoculação com *Azospirillum* não influenciou e nem mitigou os efeitos deletérios da salinidade da água de irrigação sobre os componentes de produção do algodoeiro BRS 286; O algodoeiro BRS 286 pode ser classificado como moderadamente sensível de acordo com o critério de redução no rendimento relativo.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Gossypium hirsutum* L., estresse abiótico, inoculação

TAVARES, A. J. F. **BRS 286 cotton crop inoculated with azospirillum brasiliense and subjected to salt stress. 2017.** 46p. Dissertation (Masters in Agricultural Engineering). Federal University of Campina Grande. Center for Technology and Natural Resources. Campina Grande, PB.

### ABSTRACT

Water scarcity and high levels of salinity in irrigation water limit irrigated cotton cultivation in the semiarid region of northeastern Brazil. Therefore, it is necessary to adopt strategies that make the production system viable. In this sense, the inoculation of seeds with *Azospirillum brasiliense* can help in the tolerance of plants to salt stress. In this context, the objective of this study was to evaluate the growth, phytomass accumulation and production of BRS 286 cotton irrigated with water of different salinity levels and inoculated with *Azospirillum brasiliense*. The research was conducted in a protected environment (greenhouse) in drainage lysimeters. The treatments resulted from the combination of two factors: five levels of electrical conductivity of irrigation water - EC<sub>w</sub> (0.4; 3.1; 4.1; 6.1 and 7.1 dS m<sup>-1</sup>) associated with inoculation or not of cotton seeds with *Azospirillum* - IA (with and without inoculation), distributed in a completely randomized design, in a 5 × 2 factorial arrangement, with six replications, totaling sixty experimental units. Irrigation with water with electrical conductivity above 0.4 dS m<sup>-1</sup> negatively affected the growth of BRS 286 cotton, at 110 and 140 days after sowing. However, inoculation with *azospirillum* favored the growth in stem diameter, number of leaves and leaf area; The accumulation of phytomass in the cotton plant was reduced with the increase in the electrical conductivity of the irrigation water. Being the variable dry leaf phytomass the most affected by salt stress; The number of bolls, the number of seeds, the seed mass and the cotton lint mass were drastically reduced by irrigation with saline water, reaching the lowest values under irrigation with EC<sub>w</sub> of 7.1 dS m<sup>-1</sup>; Inoculation with *Azospirillum* neither influenced nor mitigated the deleterious effects of the salinity of the irrigation water on the production components of cotton BRS 286; BRS 286 cotton can be classified as moderately sensitive according to the criterion of reduction in relative yield.

**KEY WORDS:** *Gossypium hirsutum* L., abiotic stress, inoculatio

## 1. INTRODUÇÃO

O algodão (*Gossypium hirsutum* L.), também conhecido como algodão herbáceo entre os produtores de fibra de algodão, tem grande importância global, uma vez que aproximadamente 60 países das regiões tropicais e subtropicais consomem e produzem algodão, gerando emprego e renda (Dhivya et al., 2014; Silva et al., 2020).

O Brasil é um dos maiores produtores de algodão do mundo, em 2020, o país produziu 7.089.939 toneladas, em uma área plantada de 1.338.015 hectares, sendo a região Nordeste a segunda maior produtora, responsável por 23,3% (1.651.597 toneladas) da produção nacional (IBGE, 2021). Na região semi-árida do Nordeste do Brasil, o cultivo do algodoeiro têm se expandido devido ao crescimento da agricultura irrigada (Bezerra et al., 2015).

Apesar do potencial produtivo, a região Nordeste possui características climáticas, tais como uma alta evapotranspiração e baixas precipitações que limitam a expansão da agricultura irrigada, sendo ainda comum a ocorrência de fontes hídricas com elevadas concentrações de sais. Assim o uso de águas com níveis elevados de sais é inevitável visando suprir a necessidade hídrica das plantas (Pinheiro et al., 2018).

A irrigação com águas salinas pode ocasionar desequilíbrios osmóticos e danos iônicos, nutricionais e oxidativos, acarretados pelo acúmulo excessivo de espécies reativas de oxigênio (EROs) tais como: radical superóxido ( $O_2^{\bullet-}$ ), peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) e radical hidroxila (OH), comprometendo o crescimento e os processos fisiológicos das plantas (Silva et al., 2018; Dias et al., 2021).

Contudo, a intensidade do estresse salino sobre as plantas depende da espécie ou genótipo, natureza catiônica e/ou aniônica da água, fase de desenvolvimento da cultura, das condições edafoclimáticas e do manejo de adubação e irrigação. Visando mitigar os efeitos deletérios do estresse salino várias estratégias podem ser adotadas, destacando-se a utilização de aplicação de produtos, hormônios e bactérias.

Entre várias espécies de bactérias promotoras de crescimento destaca-se a do gênero *Azospirillum* brasileiro, que são estudadas desde a década de 1970 (Döbereiner; Day, 1976). A inoculação de plantas com essas bactérias é cada vez mais considerada uma estratégia útil para estimular o crescimento e mitigar os danos às plantas em ambientes estressantes (Goswami; Suresh, 2020), como estresse salino.

Nos últimos anos, estudos relataram que a utilização de *Azospirillum* brasileiro pode atenuar os efeitos deletérios causados pelo estresse salino (Oliveira et al., 2020). Ademais, a utilização de *Azospirillum* brasileiro promove o crescimento da planta, maior

acúmulo de N nas folhas e aumento do rendimento (Sala et al., 2005; Sala et al., 2007). Todavia, informações sobre a utilização do *Azospirillum brasilense* na cultura do algodoeiro cultivada sob irrigação com águas salinas, são escassas.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo geral**

Avaliar o crescimento, o acúmulo de fitomassa e a produção do algodoeiro BRS 286 irrigado com água de diferentes níveis de salinidade e inoculação com *Azospirillum brasilense*.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Analisar o efeito da inoculação com *Azospirillum brasilense* sobre as variáveis de crescimento do algodoeiro BRS 286 irrigado com águas de diferentes salinidades;
- Quantificar o acúmulo de fitomassa do algodoeiro BRS 286 em função da inoculação com *Azospirillum brasilense* e da irrigação com águas salinas;
- Analisar a produção do algodoeiro BRS 286 em função da inoculação com *Azospirillum brasilense* e da irrigação com águas salinas;
- Determinar a tolerância ao estresse salino do algodoeiro BRS 286 submetido a diferentes níveis salinos;

## **3. REVISÃO DE LITERATURA**

### **3.1. Aspectos gerais da cultura do algodão**

O algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L. raça *Latifolium* Hutch.) é uma espécie pertencente à família das malváceas, uma espermatófita dicotiledônea, que apresenta complexidade morfológica e fisiológica, além de uma admirável plasticidade fenotípica; apresenta em média dois tipos de ramos (frutíferos e vegetativos), tipos distintos de folhas, as do ramo e as dos frutos (Mauney, 2015).

O Brasil é o quarto maior produtor de algodão, o segundo maior exportador de algodão em pluma e o quinto maior parque produtivo do mundo, com a cadeia produtiva do algodão incluindo 27.500 empresas com 1,5 milhão de empregos diretos e indiretos em 2020 (Araújo, 2020). Dentro da agricultura brasileira, o algodão é a quarta cultura mais importante, ficando atrás da soja, cana de açúcar e do milho (Severino et al., 2019).

A cultura produz uma das mais importantes fibras têxteis do mundo, pois oferece variados produtos de utilização com grande relevância nas economias brasileiras e mundial, razão pela qual é considerada uma das plantas de mais complexo aproveitamento, que figura entre as dez maiores fontes de riqueza do agronegócio do Brasil (Costa et al., 2005), com demanda mundial aumentando gradativamente desde a década de 1950, a um crescimento anual médio de 2% (ABRAPA, 2018). No panorama Mundial, o Brasil tem se mantido entre os cinco maiores produtores mundiais, ao lado de países como China, Índia, EUA e Paquistão, ocupando o primeiro lugar em produtividade em sequeiro, figurando também entre os maiores exportadores mundiais, como também, entre os maiores consumidores mundiais de algodão em pluma (ABRAPA, 2019).

As sementes do algodoeiro são piriformes, com coloração que varia de marrom a preta. A principal característica da semente está na epiderme que possui células esclerificadas, que são modificadas e originam as fibras. Outra importante característica das sementes do algodoeiro é sua composição físico-química, rica em lipídios (25%) e proteínas (28%) (Costa et al., 2017).

É uma planta de elevada complexidade morfológica e fisiológica, tendo metabolismo fotossintético do tipo C3, com elevada taxa de fotorrespiração, que pode ser superior a 40% da fotossíntese bruta, dependendo de fatores ambientais, em especial luminosidade e temperatura (Raven et al, 2001 e Taiz et al, 2003).

A planta é de crescimento indeterminado, com ciclo variando entre 120 e 180 dias e com larga plasticidade genética para adaptar-se (Oliveira et al., 2009). Sua raiz pivotante penetra o solo rapidamente, podendo atingir profundidade de 25 cm ou mais por ocasião da abertura dos cotilédones (Marcelino, 2018). O caule é cilíndrico, ereto e às vezes pode apresentar forma ligeiramente quadrangular ou penta angular. As folhas do algodoeiro são simples e apresentam-se como uma expansão laminar do caule. Mauney (2015) afirma que existe três tipos de folhas, as cotiledonares, os prófilos e as folhas verdadeiras e que sua flor é do tipo hermafrodita e simétrica e seu fruto é em forma de cápsula.

A fibra do algodoeiro é proveniente da epiderme da semente e são constituídas de fibras curtas (línter) e fibras longas. Sua estrutura é composta praticamente por celulose (88 a 96%) e cada fibra é proveniente de uma única célula (Beltrão, 2006).

### **3.2. Cultivar BRS 286**

A cultivar BRS 286 foi originada a partir do cruzamento biparental entre as variedades CNPA ITA 90 e CNPA 7H, ocorrido no ano de 2000. As plantas da BRS 286

possuem pilosidade nos ramos e folhas, folhas de tamanho médio com três lobos, brácteas com sete a doze dentes, caule de coloração arroxeada, inserção do primeiro ramo frutífero geralmente no quinto nó, ramos com distribuição oblíqua, maçã com formato ovalado, predominando quatro lojas por maçã, capulhos com retenção mediana na cápsula e línter e fibra de coloração branca (EMBRAPA, 2010).

O padrão de fibras da cultivar BRS 286 atende às exigências do mercado interno e externo quanto a fibras de comprimento médio. O rendimento de fibras está entre 39,5% e 41,0%, com micronaire entre 3,9 e 4,5, comprimento (SL 2,5%) entre 29,1 mm e 31,3 mm e resistência entre 27,8 gf/tex e 31,5 gf/tex. Seu índice médio de fiabilidade (CSI) está entre 130,5 e 162,5, indicando a obtenção de fibras e fios de alta qualidade (EMBRAPA,2010).

### **3.3. Qualidade e uso de águas salinas na irrigação no semiárido brasileiro**

A região Nordeste conta com uma população que gira em torno de 30 milhões de habitantes com uma área de cerca 940.000 km<sup>2</sup> (Silva; Azevedo, 2020) possui temperatura média de 27 °C e um regime hídrico que apresenta precipitação pluviométrica anual em torno de 800 mm por ano e evapotranspiração potencial de 2.000 mm ano<sup>-1</sup> refletindo um déficit hídrico durante maior parte do ano, aliado as características geológicas contribuem para os processos de escassez e diminuição da qualidade das águas (Guimarães et al., 2016).

Na região semiárida a disponibilidade de água de boa qualidade vem reduzindo a cada ano, e boa parte da que se tem apresenta um alto teor de sais dissolvidos , estas são provenientes principalmente de açudes de pequeno ou médio porte e de regiões subterrâneas, sendo que o material de origem dessa região é composto principalmente por rochas cristalinas, além da presença de cátions como o Na<sup>+</sup> (Sódio), Ca<sup>+</sup> (Cálcio) e ânions como Cl<sup>-</sup> (Clóro) que tendem a tornar as águas com altos índices de sais solúveis salinizando-as (Silva et al., 2014).

Diante da problemática e das condições ambientais, torna-se necessário à irrigação visando à produção agrícola e em muitas situações as águas superficiais (açudes de pequeno e médio porte) ou subterrâneas são as únicas opções, porém tem altos teores de sais, devido à constituição geológica da região, onde cerca de 80% de rochas são cristalinas (Lopes et al., 2020). Aliado a isso, o manejo inadequado da irrigação seja com água de baixa ou média salinidade, pode acelerar o problema de acúmulo de sais no solo (Gheyi et al., 2010). Dentre os principais sais encontrados podemos destacar o sódio

(NaCl), o sulfato de magnésio (MgSO<sub>4</sub>), o sulfato de sódio (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), o cloreto de magnésio (MgCl<sub>2</sub>) e o carbonato de sódio (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) (Silva et al., 2011).

Para análise da qualidade das águas de irrigação, alguns parâmetros são utilizados como a condutividade elétrica da água e relação de adsorção de sódio – RAS, além da concentração de íons que causam toxidez para as plantas tais como o sódio, cloro e boro (Gheyi et al., 2010). As diferentes respostas das plantas as condições do uso de água salina devem ser analisadas visando um correto manejo da relação solo-planta-atmosfera, e com isto torna-se essencial compreender as tomadas de decisões desde a qual cultura a ser produzida e adoção de medidas que venham a mitigar os efeitos deletérios da salinidade (Silva et al., 2011).

### **3.4. Efeito dos sais nas plantas**

Quando expostas a um ambiente de estresse salino, as plantas têm seu metabolismo e atividades fisiológicas afetados negativamente, provocando uma série de alterações no crescimento e desenvolvimento das plantas, devido ao excesso de íons (especialmente os tóxicos, Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup>) e déficit hídrico (Seido et al., 2019). Ademais, as plantas são afetadas pela salinidade em todos os níveis de organização: órgão, tecido e célula; desta forma, a resposta à salinidade é complexa, envolvendo especificidades nos níveis de órgãos e células e variabilidade com estágio de desenvolvimento e idade (Kravchik; Bernstein, 2013).

Esses distúrbios são gerados devido aos efeitos osmóticos, iônicos e oxidativos. No entanto, tais efeitos comprometem as plantas em distintos graus de intensidade e depende de alguns fatores, como espécie, cultivar, estágio fenológico, tipos de sais, intensidade e duração do estresse salino, manejo cultural e irrigação, além das condições edafoclimáticas (Lima et al., 2017).

Apesar do algodoeiro ser considerado uma espécie moderadamente tolerante à presença de sais no solo e na água de irrigação, diversos trabalhos demonstram a sensibilidade significativa de cultivares de algodoeiro ao estresse salino. De acordo com Furtado et al. (2007), algumas cultivares apresentam redução expressivas no percentual de germinação quando irrigadas com águas salinas. Daniel et al. (2011) afirmam que quanto maior foi o nível de CEA, menor será a taxa de germinação, o índice de velocidade de emergência e o crescimento em parte aérea e raiz.

Em pesquisa desenvolvida por Zhang et al. (2012), constataram que o algodoeiro irrigado com distintos níveis de salinidade, acumularam 112% a mais de Na<sup>+</sup> nas folhas

quando irrigado com maior salinidade. Além disso, o estresse salino levou a um estado de senescência precoce. O acúmulo de fitomassa, o crescimento e os componentes de produção foram afetados de forma severa pela salinidade.

Santos et al. (2016), analisando a morfofisiologia e a produção de algodão, constataram que houve diminuição na taxa de crescimento absoluto, no número de capulhos e no peso de algodão em pluma, com incremento da condutividade elétrica da água, sendo a área foliar a variável mais afetada. Devido ao desbalanço osmótico, que afeta o turgor e a expansão das células, prejudicando assim o crescimento e expansão celular.

#### **3.4.1. Efeito osmótico**

Quando se refere aos efeitos causados às plantas pela alta concentração de sais solúveis tanto no solo quanto na água de irrigação, é necessário volta-se aos estudos para o componente osmótico, pois ele é de grande importância para absorção de água pela planta (Willadino; Câmara, 2010).

A redução do potencial osmótico causado pela salinidade limita a disponibilidade de água para as plantas, resultando no fechamento estomático e, conseqüentemente, na redução na entrada de dióxido de carbono na câmara subestomática, fato que pode resultar em diminuição na taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> devido aos fatores de origem estomáticos e não estomáticos, na homeostase iônica e, por conseguinte, na inibição do crescimento das plantas (Martins et al., 2019). Para que ocorra a absorção de água, as forças de embebição dos tecidos das raízes são superiores às forças com que a água é retida no solo, no entanto, a presença de sais na solução do solo aumentam as forças de retenção devido ao efeito osmótico, dando origem ao estresse hídrico (Dias & Blanco, 2016).

#### **3.4.2. Efeito tóxico**

Quando certos íons do solo ou da água são absorvidos pelas plantas e acumulados em seus tecidos em altas concentrações a um ponto que possa provocar danos à cultura e reduzir seu rendimento, essas plantas sofrem por toxicidade (Silva, 2011). Geralmente, a maioria das culturas evolui sob condições de baixa salinidade do solo; assim, os mecanismos desenvolvidos para absorver, transportar e utilizar os nutrientes presentes em substratos não salinos podem não ser eficazes em condições salinas (Garcia et al., 2007).

A toxidade nas plantas pode ser provocada por sódio, boro, bicarbonatos e cloretos que, em concentração elevada, favorecem distúrbios fisiológicos (Batista et al., 2002). Nestas condições de toxidez a concentração dos íons de  $\text{Na}^+$  e/ou de  $\text{Cl}^-$  frequentemente excedem as concentrações de macro e micronutrientes, reduzindo a absorção destes nutrientes minerais, especialmente o  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{Ca}^{2+}$  (Larcher, 2000).

Nos ambientes salinos o  $\text{NaCl}$  é, em geral, o sal predominante e, conseqüentemente, aquele que causa maiores danos às plantas. Em vista disto, o excesso de  $\text{Na}^+$  e, sobretudo de  $\text{Cl}^-$  no protoplasma, ocasiona distúrbios em relação ao balanço iônico, além dos efeitos específicos destes íons sobre as enzimas e membranas celulares (Flores, 1990).

Logo, os efeitos deletérios causados pela toxidade nas plantas podem expressar-se fisiologicamente propiciando reflexos morfológicos, visto que a elevada concentração de íons no fluxo transpiratório provoca injúrias nas folhas, além da senescência precoce (Silva et al., 2008).

Os sintomas de toxidez por íons específicos nas folhas são relatados por Dias e Blanco (2016): a) o sintoma do cloreto é evidenciado pela queimadura do ápice das folhas atingindo as bordas em estágios mais avançados, promovendo queda prematura; b) os sintomas típicos do sódio surgem em forma de queimaduras ou necrose ao longo das bordas nas folhas mais velhas, progredindo na área interneval até o centro da folha, à medida que se intensifica; c) os sintomas causados pelo boro na folha se resumem em manchas amarelas ou secas nas bordas e no ápice das folhas velhas, estendendo-se pelas áreas internevais até o centro das folhas.

### **3.4.3. Efeito nutricional**

O desequilíbrio nutricional ocorre em virtude da significativa alteração nos processos de absorção, transporte, assimilação e distribuição de nutrientes na planta; por exemplo, o excesso de  $\text{Na}^+$  inibe a absorção de nutrientes, como o  $\text{K}^+$  e o  $\text{Ca}^{2+}$ . Além disto, o elevado pH encontrado em solo salino promove uma redução na disponibilidade de muitos micronutrientes, como cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) (Farias et al., 2009).

A planta, ao ser exposta a um solo salino por muito tempo, expressa sintomas de fitotoxicidade iônica devido ao excesso na absorção de  $\text{Na}^+$  ou  $\text{Cl}^-$ , ocasionando desbalanço iônico, interferindo na condutância estomática, e provocando distúrbios nas atividades metabólicas em geral (Mansour; Salama, 2004).

Bosco et al. (2009) em estudo com a cultura da berinjela sob irrigação com águas salinas, verificaram que o estresse salino provocou o aumento dos teores dos íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  nas folhas, seguido da redução dos teores de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^+$ , refletindo o desequilíbrio nutricional como consequência do estresse salino progressivo, o qual também diminui a concentração de  $\text{K}^+$  e aumenta os teores de  $\text{N}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  no caule.

### **3.5. Tolerância das plantas à salinidade**

Existem nas plantas uma diversidade de mecanismos que lhes permitem tanto a sobrevivência como adaptação aos ambientes a que estão submetidas, promovendo respostas com alterações diretas em seus processos fisiológicos e morfológicos (Taiz; Zeiger, 2017). Tais mecanismos definem a tolerância das plantas, os quais são ativados como resposta aos obstáculos que afetem, direta ou indiretamente, o seu crescimento (Marijuan; Bosch, 2013).

As plantas podem ser classificadas em dois grandes grupos, de acordo com o grau de tolerância aos sais: halófitas e glicófitas (Oliveira Junior, 2017). As halófitas são aquelas que se desenvolvem naturalmente em ambientes com elevadas concentrações salinas, constituídos principalmente por  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$ , podendo produzir rendimentos aceitáveis nessas condições e as glicófitas que são mais sensíveis a níveis de salinidade relativamente baixos, sendo incapazes de se desenvolver em ambientes com elevadas concentrações salinas (Tuteja et al., 2011).

Muitas plantas, quando submetidas ao estresse salino, realizam um ajustamento osmótico, isto é, acumulam íons ou solutos orgânicos no citosol, reduzindo o potencial osmótico e, conseqüentemente, mantendo o potencial hídrico inferior ao do solo para possibilitar a absorção de água (Silva et al., 2018). O ajustamento osmótico é essencial, para manter o potencial hídrico favorável, proporcionando a manutenção da turgescência e de processos relacionados, como o alongamento celular, o crescimento e a abertura estomática (Alvarenga et al., 2019).

Outro mecanismo de tolerância usado pelas plantas é a redução da área foliar, que tem por finalidade de diminuir a superfície transpirante, tendo em vista que as folhas são os órgãos responsáveis pela maior taxa de transpiração e sua redução consiste em um recurso que viabiliza a diminuição da perda de água (Oliveira et al., 2013). Entretanto, o processo fotossintético depende da interceptação da energia luminosa pela folha, resultando na conversão da luz em energia química e formação de carboidratos para serem alocados para os demais órgãos da planta (Gomes et al., 2011).

De maneira geral, a adaptação dos vegetais ao estresse salino consiste na habilidade que eles desenvolveram para evitar, por meio de respostas reguladoras, que excessivas quantidades de sais provenientes do substrato alcancem o protoplasma, e também de tolerar os efeitos tóxicos e osmóticos associados ao aumento da concentração de sais (Larcher, 2000). Ademais, as respostas à salinidade podem variar em função de vários fatores, como o genótipo, estágio de desenvolvimento, composição salina do meio, duração e intensidade do estresse e condições climáticas da região (Bray et al., 2000).

### **3.6. Azospirillum brasiliense**

O interesse pelo uso de inoculantes contendo bactérias que promovam o crescimento das plantas, resultando em incremento no rendimento das culturas, vem aumentando com o passar dos anos, devido ao custo elevado dos fertilizantes químicos e a uma conscientização pró-agricultura sustentável (Hungria, 2011).

Kluge (2016), destaca a importância da realização de vários estudos para buscar identificar microrganismos que tenham simbiose com gramíneas. Dentre os microrganismos fixadores de N encontramos em associações com gramíneas, as espécies do gênero *Azospirillum brasiliense*, que constituem um dos grupos mais estudados, tendo grande potencial de resposta em associação com a cultura do milho.

O uso de *Azospirillum* tem despertado grande interesse por parte de pesquisadores em biologia e fertilidade do solo, uma vez que, quando associadas à rizosfera de plantas podem contribuir para a nutrição nitrogenada destas (Lino, 2018).

Em 2004, como resultado de um projeto de parceria entre a Embrapa Soja e a UFPR, foram apresentados e aprovados pela RELARE os primeiros resultados comprovando eficiência agrônômica pela inoculação de milho (*Zea mays L.*) e trigo (*Triticum aestivum L.*) com estirpes selecionadas de *Azospirillum brasiliense*.

A resposta da inoculação pode variar de acordo com o genótipo da planta, estirpe bacteriana, condições ambientais, práticas agrícolas, bem como com a quantidade e qualidade das células de BPCV utilizadas como inoculante, como sugere Matsumura et al. (2015).

O maior desenvolvimento das raízes pela inoculação com *Azospirillum* pode implicar em vários outros efeitos. Já foram relatados incrementos na absorção da água e minerais, maior tolerância a estresses como salinidade e seca, resultando em uma planta mais vigorosa e produtiva (Hungria, 2011).

Barassi et al. (2008), relatam em seu estudo a melhoria em parâmetros fotossintéticos das folhas, incluindo o teor de clorofila e condutância estomática, maior teor de prolina na parte aérea e raízes, melhoria no potencial hídrico, incremento no teor de água do apoplasto, maior elasticidade da parede celular, maior produção de biomassa, maior altura de plantas.

Em estudo da resposta do milho inoculado com *Azospirillum brasiliense*, Camilo et al. (2017) observou que resultou em ganho de produtividades de milho de até 17%, e que o uso da inoculação *Azospirillum* pode ser considerado como uma alternativa de sustentabilidade econômica e ambiental.

### **3.7. Fixação Biológica do Nitrogênio**

O nitrogênio (N) é o elemento químico mais abundante da atmosfera, onde se encontra predominantemente como nitrogênio molecular ( $N_2$ ) (Rodrigues et al., 2017). Apesar de sua abundância na atmosfera, o nitrogênio é o nutriente mais limitante ao crescimento das plantas. Isso ocorre porque o  $N_2$  não pode ser utilizado pela maioria dos organismos, em decorrência da ligação tripla entre os átomos de nitrogênio ( $N\equiv N$ ), o que torna a molécula quase inerte (Vieira, 2017).

Hungria et al. (2001), explica que as plantas podem obter o N necessário ao seu crescimento a partir de quatro fontes: 1) O solo, principalmente pela decomposição da matéria orgânica; 2) A fixação não biológica, resultantes de descargas elétricas, combustão e vulcanismo; 3) Os fertilizantes nitrogenados; e 4) O processo de fixação biológica do nitrogênio atmosférico ( $N_2$ ).

O nitrogênio do solo existe de três formas gerais: compostos orgânicos de nitrogênio, íons de amônio ( $NH_4^+$ ) e íons de nitrato ( $NO_3^-$ ). Do N contido no solo, cerca de 90% está presente na matéria orgânica numa forma estável, porém não disponível para as plantas. Este se torna disponível lentamente e em quantidades insuficientes para satisfazer as exigências das plantas de milho em crescimento, tornando necessária sua adição ao solo pelo uso de fertilizantes (Barros Neto, 2008). Os fertilizantes nitrogenados representam a forma assimilada com maior rapidez pelas plantas, mas a um custo elevado, além de serem altamente poluentes (Hungria et al., 2001).

O fertilizante nitrogenado mais utilizado no Brasil e no mundo é a ureia. Esta fonte se destaca devido à sua elevada concentração de nitrogênio (N) que, por outro lado, reduz o custo de transporte além de possuir alta solubilidade e facilidade de mistura com outras fontes. No entanto, a ureia possui elevada suscetibilidade à volatilização de amônia

(NH<sub>3</sub>), um tipo de perda que é mais intensificado em países de regiões tropicais, como o Brasil, onde há predomínio de altas temperaturas na maior parte do ano (Frazão et al., 2014).

Dessa forma, alternativas para a suplementação de N devem ser desenvolvidos e difundidos, visando diminuir custos agrícolas e garantir a sustentabilidade da agricultura a longo prazo (Basi et al., 2011). A Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) é um dos processos naturais mais importantes do planeta, ao lado da fotossíntese. Na FBN o nitrogênio presente no ar (N<sub>2</sub>) é transformado em formas que podem ser utilizadas pelas plantas (Mendes et al., 2010).

A FBN é realizada por bactérias conhecidas como diazotróficas, as quais podem ser de vida livre, estar associadas a espécies vegetais ou ainda, podem ser do tipo nodulantes, as quais são capazes de estabelecer simbiose com plantas leguminosas (Kleinschmitt, 2016).

Moreira et al. (2010), específica em seu trabalho que os diazotróficos podem ser de vida livre, estar associados a espécies vegetais ou, ainda, estabelecer simbiose com leguminosas. Compreendem ampla gama de microrganismos procariotos, incluindo representantes de arqueobactérias, cianobactérias, bactérias gram-positivas e gramnegativas que apresentam grande diversidade morfológica, fisiológica, genética e filogenética.

As bactérias capazes de fixar biologicamente o N<sub>2</sub> possuem uma enzima chamada nitrogenase capaz de romper a tripla ligação do N<sub>2</sub> atmosférica e provocar a sua redução até a amônia (NH<sub>3</sub>), a mesma forma no processo industrial (Hungria et al., 2001).

Portanto, para que a reação ocorra, é necessário que haja um transporte de elétrons, mediado por moléculas aptas a realizá-lo. A enzima nitrogenase é formada por duas unidades protéicas, a Ferro-proteína (Fe-proteína) e a Molibdênio-Ferro-proteína (MoFe-proteína), ambas capazes de transportar elétrons. Durante a reação de redução do N<sub>2</sub>, a nitrogenase é auxiliada por uma terceira molécula transportadora de elétrons, a Ferredoxina (Vinhal-Freitas; Rodrigues, 2010).

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1. Localização**

O experimento foi conduzido no período de agosto de 2019 a janeiro de 2020, em ambiente protegido (casa de vegetação), com cobertura e laterais de vidro translucido, localizada na EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro

Nacional de Pesquisa do Algodão, situada na Rua Osvaldo Cruz, Campina Grande-PB cujas coordenadas geográficas são 7° 13' 34.8" de latitude Sul, 35° 54' 22.3" de longitude oeste e altitude média de 550 m.

#### **4.2. Tratamentos e delineamento estatístico**

Os tratamentos resultaram da combinação entre dois fatores: cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,4; 3,1; 4,1; 6,1 e 7,1 dS m<sup>-1</sup>) associados a inoculação ou não das sementes de algodão com *Azospirillum* - IA (Com inoculação e sem inoculação), distribuídos no delineamento inteiramente casualizados, em arranjo fatorial 5×2, com seis repetições, perfazendo o total de sessenta unidades experimentais.

#### **4.3. Descrição do algodoeiro BRS 286**

A cultivar BRS 286 foi originada a partir do cruzamento biparental entre as variedades CNPA ITA 90 e CNPA 7H, ocorrido no ano de 2000. As plantas da BRS 286 possuem pilosidade nos ramos e folhas, folhas de tamanho médio com três lobos, brácteas com sete a doze dentes, caule de coloração arroxeada, inserção do primeiro ramo frutífero geralmente no quinto nó, ramos com distribuição oblíqua, maçã com formato ovalado, predominando quatro lojas por maçã, capulhos com retenção mediana na cápsula e línter e fibra de coloração branca.

As sementes utilizadas no experimento foram fornecidas pelo Centro Nacional de Pesquisa de Algodão (CNPA), selecionadas ao acaso, antes do semeio foi necessário a realização do deslntamento das sementes

#### **4.4. Preparação das águas salinas e manejo da irrigação**

A água de menor salinidade (0,4 dS m<sup>-1</sup>) foi proveniente da água de abastecimento do município de Campina Grande. Já águas de irrigação nos valores de condutividade elétrica de 3,1; 4,1; 6,1 e 7,1 dS m<sup>-1</sup> foram preparadas dissolvendo-se os sais NaCl, CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O e MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O, na proporção equivalente de 7:2:1, entre Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>, respectivamente, em água de abastecimento (CEa = 0,40 dS m<sup>-1</sup>). Essa relação (7:2:1) é predominante encontrada em fontes de água utilizadas para irrigação, em pequenas propriedades do Nordeste (Medeiros et al., 2003), com base na relação entre CEa e a concentração de sais (10\*mmolc L<sup>-1</sup> = CEa dS m<sup>-1</sup>) extraída de Richards (1954).

Antes da semeadura, elevou-se o teor de umidade do solo até alcançar a capacidade de campo. Após a semeadura, a irrigação foi realizada adotando turno de rega de três dias aplicando-se, em cada lisímetro, um volume de água de forma a manter a umidade do solo próximo à capacidade de campo, sendo o volume aplicado determinado de acordo com a necessidade hídrica das plantas, estimada pela lisimetria de drenagem: volume aplicado menos o volume drenado na irrigação anterior, acrescido de uma fração de lixiviação de 0,10 a cada 30 dias. A aplicação das águas salinas iniciou aos 15 dias após a germinação.

#### 4.5. Solo utilizado no experimento

O preenchimento dos lisímetros foi realizado colocando-se uma camada de 0,5 kg de brita nº zero, seguido de 26 kg de um proveniente da zona rural do município de Campina Grande, PB, sendo devidamente destorroado e peneirado, cujas as características químicas podem ser observadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Atributos químicos do solo utilizado no experimento, antes da aplicação dos tratamentos.

pH	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+</sup>	k <sup>+</sup>	S	H + Al	T	V	Al <sup>+3</sup>	P	M.O.
H <sub>2</sub> O (1:2,5)	---	mmolc/dm <sup>3</sup>	-----					%	mmolc/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	g/kg
7,1	22,7	9,2	6,9	2,7	41,5	0,0	41,5	100	0,0	30,3	5,5

P, K, Na: Extrator Mehlich 1

H + Al: Extrator Acetato de Cálcio 0,5 M, pH 7,0

Al, Ca, Mg: Extrator KCl 1 M

SB: Soma de Bases Trocáveis.

CTC: Capacidade de Troca Catiônica

M.O.: Matéria Orgânica – Walkley-Black

#### 4.6. Instalação e condução do experimento

As sementes foram inoculadas com a estirpe de *Azospirillum brasilense*, cedidas pela Total Biotecnologia Indústria e Comércio, Curitiba-PR. Para a inoculação utilizou-se a metodologia indicada pela empresa, que consta em misturar as sementes a substâncias até que todas sejam envolvidas por uma camada uniforme do inoculante, em proporção de 16 mL da substância em 10.000 sementes. Todo esse procedimento foi realizado à sombra. As sementes foram semeadas logo após esse procedimento.

No momento da semeadura foram utilizadas cinco sementes de Algodão por vaso à profundidade de 3 cm. Após a emergência das plântulas, foram realizados desbastes em

duas etapas, quando as plantas apresentaram-se com dois e três pares de folhas definitivas, deixando-se uma planta por vaso, a que apresentava maior vigor.

A adubação de base foi feita com Nitrogênio (N), fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e potássio (K<sub>2</sub>O), utilizando como fontes contendo 100g de MAP (Fosfato monoamônico), 300g de SAm (Sulfato de Amônio) e 100g de KCl (Cloreto de Potássio). Essa composição foi distribuída em 5g para cada vaso, atendendo a recomendação do laboratório de solos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

#### 4.7. Variáveis analisadas

##### 4.7.1. Crescimento

O crescimento do algodoeiro BRS 286 foi mensurado através da altura de plantas (AP), diâmetro de caule (DC), número de folhas (NF) e área foliar aos 110 e 140 dias após o semeio.

A altura das plantas (AP) foi medida tomando-se como referência a distância do colo da planta à inserção do meristema apical, o diâmetro caulinar (DC) foi medido a 2 cm do colo da planta, o número de folhas (NF) foi obtido pela contagem de folhas totalmente expandida com comprimento mínimo de 3 cm em cada planta.

A área foliar (cm<sup>2</sup>) foi determinada, conforme recomendação Grimes & Carter (1969), medindo-se o comprimento da nervura principal de todas as folhas da planta, considerando-se a Equação 1.

$$AF = \sum (0,4322xP)^{2,3002} \quad (1)$$

##### 4.7.2. Índices fisiológicos

Aos 140 dias após o semeio foi avaliado a área foliar específica (AFE), razão de área foliar (RAF) e suculência foliar (SUC) das plantas de algodão. A área foliar específica (AFE) (cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>) e a razão de área foliar (RAF) (cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>), foram mensuradas seguindo a metodologia proposta por Benincasa (2003):

$$AFE = \frac{AF}{MSF} \quad (2)$$

$$RAF = \frac{AF}{MST} \quad (3)$$

Onde:

AF - área foliar total (cm<sup>2</sup>);

MSF - massa seca das folhas (g); e,

MST - massa seca total (g).

A suculência foliar (SUC) foi determinada conforme metodologia proposta por Mantovani (1999), dada pela Equação 4:

$$SUC = \frac{(FF-FS)}{AF} \quad (4)$$

Onde:

FF – fitomassa fresca foliar (g);

FS – fitomassa seca foliar (g); e,

AF – área foliar (cm<sup>2</sup>)

#### **4.7.3. Acúmulo de fitomassa**

O acúmulo de fitomassa foi determinado ao fim do ciclo produtivo (140 DAS). Para obtenção da fitomassa seca, a haste de cada planta foi cortada rente ao solo e, em seguida, foram separadas as distintas partes (caule, folha e raiz) e acondicionadas em saco de papel; posteriormente, foram postas para secar em estufa com ventilação forçada de ar, na temperatura de 65 °C, até a obtenção de peso constante. Posteriormente, o material foi pesado, obtendo-se a fitomassa seca das folhas (FSF), caule (FSC), raiz (FSR), da parte aérea (FSPA = FSF + FSC) e a relação raiz/parte área (R/PA).

#### **4.7.4. Componentes de produção**

Os componentes de produção foram avaliados mediante a determinação do número de capulhos (NC), número de sementes (NS), massa de sementes (MS) e massa de algodão em pluma (MAP). Os valores da massa de sementes (MS) e massa de algodão em pluma (MAP) foram quantificados em balança analítica com precisão de 0,01g e o número de capulhos (NC) e de sementes (NTS) obtidos mediante contagem por plantas.

#### **4.7.5. Determinação da tolerância do algodoeiro a salinidade**

Na determinação da tolerância do algodoeiro à salinidade, foi adotado o critério de redução no rendimento relativo segundo Fageria et al. (1997), com quatro níveis de classificação: T (tolerante; 0-20%), MT (moderadamente tolerante; 21-40%), MS

(Moderadamente sensível; 41-60%) e S (Sensível; > 60%). Baseado no percentual de perda nos componentes de produção sob alto nível salino (7,1 dS m<sup>-1</sup>), comparado à condição de baixa salinidade (0,4 dS m<sup>-1</sup>).

#### 4.8. Análise estatística

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade da distribuição (teste de Shapiro-Wilk) ao nível de 0,05 de probabilidade. Subsequente foi realizado análise de variância ao nível de 0,05 de probabilidade, e nos casos de significância, realizou-se análise de regressão linear e quadrática para os níveis salinos e teste de Tukey para a inoculação com azospirillum, utilizando-se o software estatístico SISVAR-ESAL (Ferreira, 2019).

### 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Constata-se, de acordo com o resumo da análise de variância (Tabela 2), que a interação entre os níveis salinos (NS) e a inoculação com azospirillum (IA) não influenciou significativamente nenhuma das variáveis analisadas. Já os níveis salinos, afetaram significativamente ( $p < 0,01$ ) todas as variáveis de crescimento. A inoculação com azospirillum analisada de forma isolada exibiu efeito significativo para DC e NF aos 110 DAS, e AF aos 110 e 140 DAS.

**Tabela 2.** Resumo da análise de variância referente à altura de planta (AP), diâmetro de caule (DC), número de folhas (NF) e área foliar (AF) do algodoeiro BRS 286 irrigado com águas salinas e submetido a inoculação com azospirillum, aos 110 e 140 dias após o semeio.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios							
		AP		DC		NF		AF	
		Dias após o semeio							
		110	140	110	140	110	140	110	140
Níveis Salinos (NS)	4	499,2**	497,2**	2,8**	5,5**	93,5**	1587,9**	1751157,5**	2205901,8**
Regressão linear	1	1974,3**	1742,1**	11,1**	21,2**	256,2**	294,5**	6601079,8**	6888554,5**
Regressão quadrática	1	14,8 <sup>ns</sup>	81,8 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	74,5*	38,2 <sup>ns</sup>	387901,9 <sup>ns</sup>	1499854,3*
Inoculação (IA)	1	86,4 <sup>ns</sup>	114,8 <sup>ns</sup>	0,75*	0,89 <sup>ns</sup>	144,2**	40,1 <sup>ns</sup>	652525,8*	7391905,6**
Interação (NS × IA)	4	30,9 <sup>ns</sup>	28,4 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>	0,19 <sup>ns</sup>	25,2 <sup>ns</sup>	410,9 <sup>ns</sup>	214225,9 <sup>ns</sup>	112933,3 <sup>ns</sup>
Resíduo	45	32,5	75,3	0,17	0,51	13,9	201,5	129120,3	244338,1
CV (%)		9,2	11,6	6,5	10,1	17,9	32,4	24,2	30,9

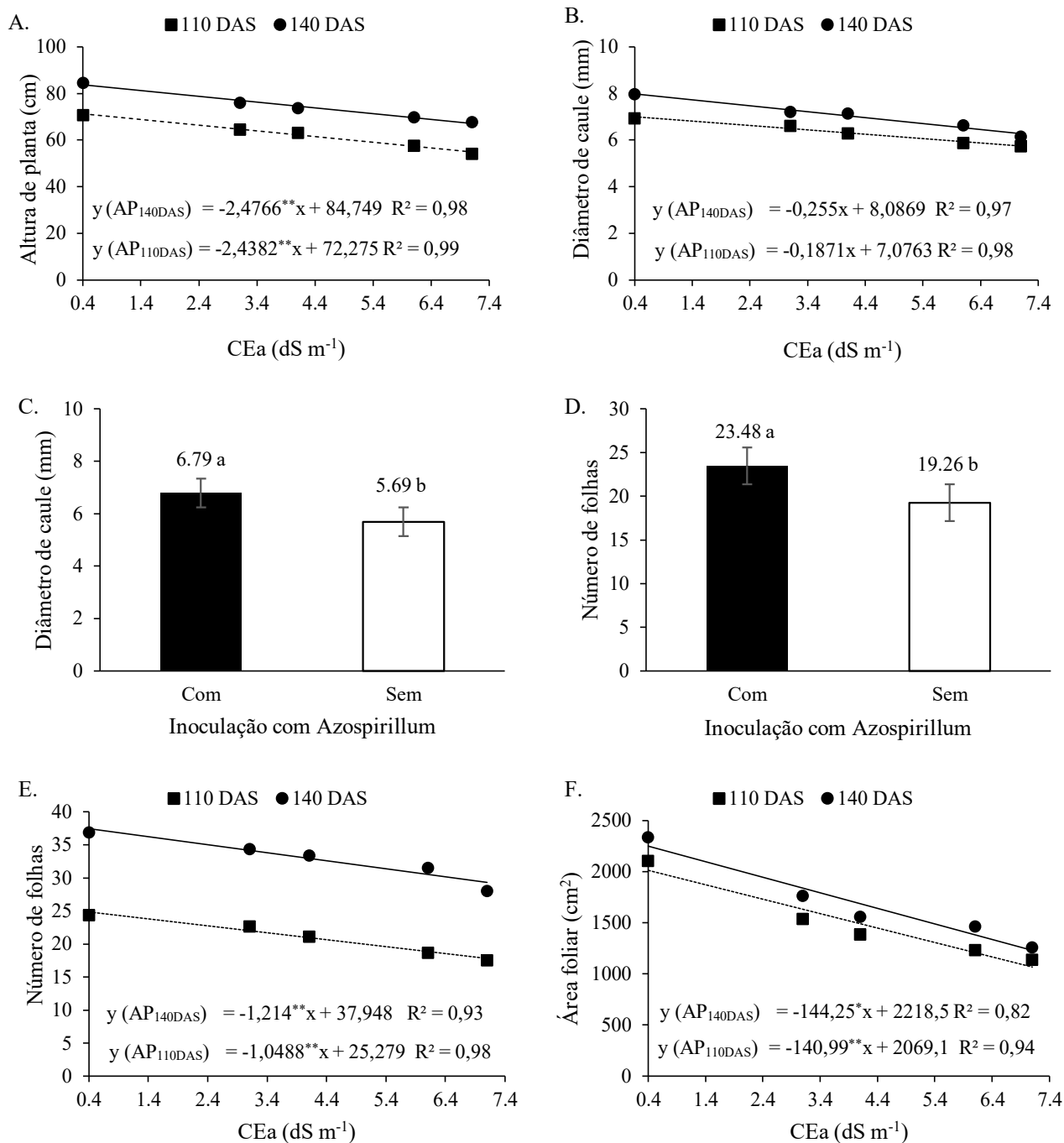
<sup>ns</sup>, \*, \*\* respectivamente não significativo, significativo a  $p < 0,05$  e  $p < 0,01$ . CV: Coeficiente de variação

O aumento dos níveis salinos da água de irrigação afetou de forma negativa o AP (Figura 1A) do algodoeiro, aos 110 e 140 DAS, com declínios de 3,37 e 2,92% por aumento unitário da CEa, aos 110 e 140 DAS, respectivamente. A diminuição no crescimento em AP pode estar relacionada ao aumento da pressão osmótica e consequente a redução da disponibilidade de água e nutrientes para as plantas, o que resulta em menor crescimento (Lima et al., 2015).

O diâmetro de caule também foi prejudicado pelo aumento da condutividade elétrica da água de irrigação (Figura 1B). As plantas irrigadas com água de maior salinidade ( $7,1 \text{ dS m}^{-1}$ ) obtiveram redução no DC de 21,4% (1,71 mm) e 17,9% (1,25 mm) aos 110 e 140 DAS, respectivamente, quando comparado as plantas irrigadas com água de menor salinidade ( $0,4 \text{ dS m}^{-1}$ ). A redução do diâmetro do caule observada em plantas cultivadas sob alta salinidade pode estar relacionada aos efeitos osmóticos e específicos dos íons, que retardam a expansão e divisão celular. Resultados semelhantes foram obtidos por Capitulino et al. (2020) avaliando o crescimento e a produção do algodoeiro sob estresse salino ( $1,5$  a  $6,0 \text{ dS m}^{-1}$ ), constataram redução no DC de 20,7% (1,34 mm) nas plantas irrigadas com água de maior, em relação as cultivadas com o menor nível salino.

De acordo com o teste de comparação de médias para diâmetro de caule (Figura 1C) e número de folhas (Figura 1D), nota-se que as plantas que receberam tratamento de inoculação com *azospirillum* se destacaram-se com o maior valor de DC e NF. Ao comparar o DC e o NF das plantas inoculadas em relação as que não receberam inoculação de *azospirillum*, nota-se aumento de 19,3% (1,1 mm) para DC e 21,9% (4,22 folhas) para NF. O maior crescimento em diâmetro de caule e número de folhas observado nas plantas inoculadas pode ocorrer como consequência da combinação de vários mecanismos fisiológicos, bioquímicos e morfológicos (Bashan; Bashan, 2010).

O *azospirillum* pode produzir e metabolizar fitohormônios, como ácido indol-3-acético (AIA), giberelinas e citocininas, além de outras moléculas reguladoras do crescimento vegetal (Marques et al., 2021). Além disso, o *azospirillum* auxilia na fixação biológica de nitrogênio, melhorando o crescimento da raiz e a absorção de água e íons, favorecendo dessa forma o crescimento e o desenvolvimento das plantas.



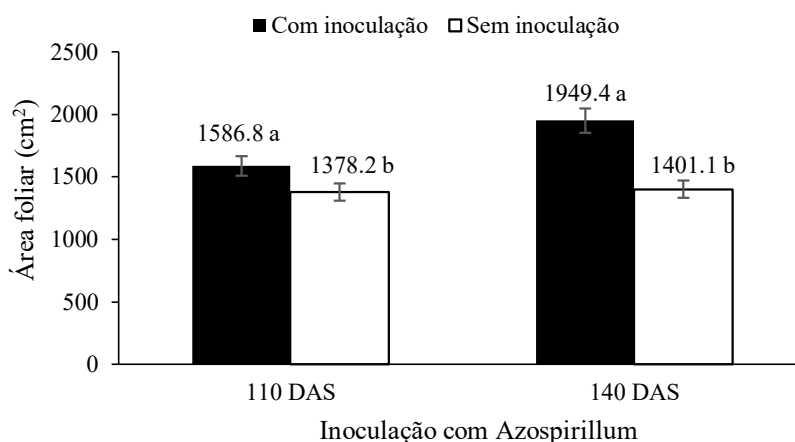
\* \*\* \*\*\* Significativo a  $p \leq 0,05$  e  $0,01$  respectivamente. Médias seguidas por letras diferentes apresentam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ). Barras na vertical representam o erro padrão da média ( $n=6$ ).

**Figura 1.** Altura de planta - AP (A), diâmetro de caule - DC (B), número de folhas - NF (E) e área foliar - AF (F) do algodoeiro BRS 286 em função da condutividade elétrica da água - CEa; diâmetro de caule - DC (C) e número de folhas - NF (D) em função da inoculação com Azospirillum, aos 110 dias após semeio.

O aumento da CEa afetou de forma negativa o NF (Figura 1E) e a AF (Figura 1F) do algodoeiro BRS 286 aos 110 e 140 DAS; de acordo com as equações de regressão percebe-se declínios no NF de 4,15 e 3,20% por aumento unitário da CEa aos 110 e 140 DAS, respectivamente, e na AF de 6,81 e 6,50% por incremento unitário em avaliação realizada aos 110 e 140 DAS, respectivamente. Essas reduções resultam do excesso de sais na zona radicular, causando efeito deletério no crescimento da planta, pois o excesso de sais restringe o turgor dos tecidos em expansão (Lima et al., 2017). Os resultados corroboram os apresentados por Silva et al. (2019), que verificaram que a irrigação com água salina a partir de 1,5 dS m<sup>-1</sup> inibiu o crescimento do algodoeiro e atribuíram essa redução ao efeito osmótico, que pode causar alterações morfológicas e anatômicas nas plantas a ponto de dificultar a absorção de água e a taxa de transpiração, afetando o turgor celular e limitar o crescimento das plantas.

De acordo com Brito et al. (2014), a área foliar constitui uma variável que indica a eficiência na captura de luz, fotossíntese e formação de fotoassimilados, contribui para o crescimento das plantas e reflete na tolerância à salinidade. Entretanto, a capacidade de expansão foliar e de fixação de carbono sob estresse salino depende da intensidade do estresse imposto às plantas (Chamekh et al., 2014). Nessas condições, as propriedades das paredes celulares mudam e as taxas de turgescência e fotossíntese das folhas diminuem (Acosto-Motos et al., 2017).

A área foliar do algodoeiro diferiu significativamente entre a inoculação e sem inoculação em ambas as épocas de avaliação. As plantas que receberam a inoculação obtiveram os maiores valores de AF, sendo a diferença igual a 208,6 cm<sup>2</sup> aos 110 DAS e 548,3 cm<sup>2</sup> aos 140 DAS, em relação às plantas que não receberam inoculação (Figura 2).



Médias seguidas por letras diferentes apresentam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ). Barras na vertical representam o erro padrão da média ( $n=6$ ).

- adubação nitrogenada. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.8, n.1, p. 247-256, 2013.
- TESTER, M.; DAVENPORT, R. Na<sup>+</sup> tolerance and Na<sup>+</sup> transport in higher plants. **Annals of Botany**, v.91, n.5, p.503-527, 2003.
- TIEN, T. M.; GASKINS, M. H.; HUBBELL, D. H. Substâncias de crescimento de plantas produzidas por *Azospirillum brasilense* e seu efeito no crescimento do milheto (*Pennisetum americanum* L.). **Microbiologia Aplicada e Ambiental**, v.37, n.5, p. 1016-1024, 1979.
- VAZQUEZ, A.; ZAWOZNIK, M.; BENAVIDES, M. P.; GROPPA, M. D. *Azospirillum brasilense* Az39 restricts cadmium entrance into wheat plants and mitigates cadmium stress. **Plant Science**, v.312, n.1, e111056, 2021.
- WILLADINO, L.; CAMARA, T. R. L; Tolerância das plantas à salinidade: Aspectos Fisiológicos e Bioquímicos. **Enciclopédia Biosfera**, v.6, n.11; p.21, 2010.
- ZHANG, H. J.; DONG, H. Z.; LI, W. J.; ZHANG, D. M. Effects of soil salinity and plant density on yield and leaf senescence of field-grown cotton. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v.198, n.1, p.27-37, 2012.
- ZHU, M.; WANG, Q.; SUN, Y.; ZHANG, J. Effects of oxygenated brackish water on germination and growth characteristics of wheat. **Agricultural Water Management**, 245, n.1, e106520, 2021.

**Figura 2.** Área foliar do algodoeiro BRS 286 em função da inoculação com *Azospirillum*, aos 110 e 140 dias após semeio.

O efeito benéfico do *azospirillum*, observados sobre a área foliar aos 110 e 140 dias após o semeio pode estar relacionado ao fato que utilização de bactérias promotoras de crescimento promovem diversos benefícios, como fixação biológica de nitrogênio, aumento na atividade da redutase do nitrato, produção de hormônios como auxinas, citocininas, giberelinas e etileno, incremento do sistema radicular (Hungria, 2011). Além disso, a inoculação destas bactérias, pode resultar em outros efeitos, como, por exemplo, aumento na absorção de água e nutrientes, além de melhoria nas respostas fisiológicas das plantas, refletindo em maior crescimento (Barassi et al., 2008).

Através do resumo da análise de variância (Tabela 3), verifica-se que a inoculação com *azospirillum* influenciou de forma significativa a área foliar específica e a razão de área foliar. Os níveis salinos da água de irrigação e a interação entre os fatores (NS × IA) não exibiu efeito significativo para as variáveis em estudo.

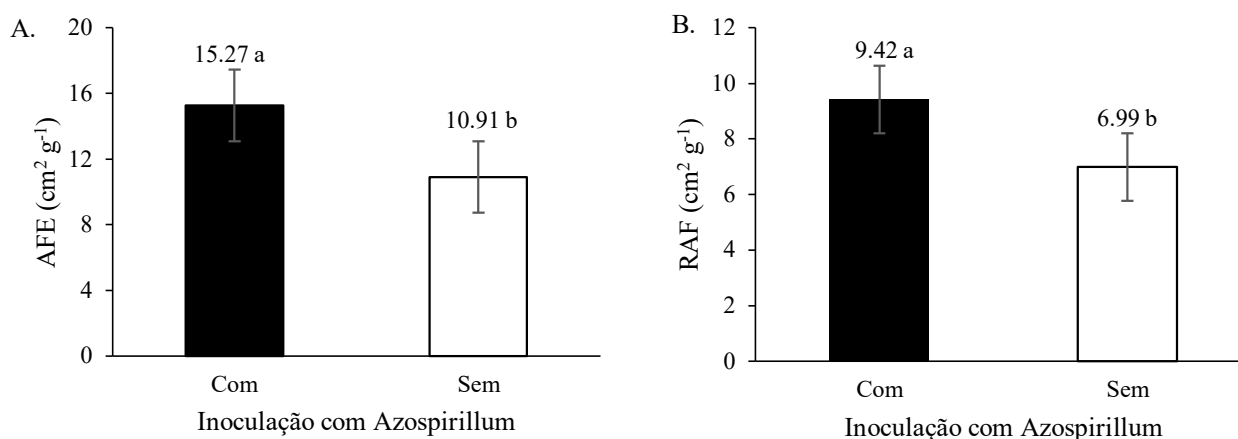
**Tabela 3.** Resumo da análise de variância referente à área foliar específica (AFE), razão de área foliar (RAF) e suculência foliar (SUC) do algodoeiro BRS 286 irrigado com águas salinas e submetido a inoculação com *azospirillum*.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios		
		AFE	RAF	SUC
Níveis Salinos (NS)	4	57811,51 <sup>ns</sup>	4314,76 <sup>ns</sup>	0,0029 <sup>ns</sup>
Regressão linear	1	237,77 <sup>ns</sup>	505,06 <sup>ns</sup>	0,0024 <sup>ns</sup>
Regressão quadrática	1	9,71 <sup>ns</sup>	106,91 <sup>ns</sup>	0,0081 <sup>ns</sup>
Inoculação (IA)	1	310189,54*	25596,51**	0,0027 <sup>ns</sup>
Interação (NS × IA)	4	40745,22 <sup>ns</sup>	3036,96 <sup>ns</sup>	0,0004 <sup>ns</sup>
Resíduo	45	56327,99	1079,91	0,0022
CV (%)		33,31	23,85	35,03

<sup>ns</sup>, \*, \*\* respectivamente não significativo, significativo a  $p < 0,05$  e  $p < 0,01$ . CV: Coeficiente de variação

De acordo com o teste de comparação de médias para área foliar específica (Figura 3A) e razão de área foliar (Figura 3B), nota-se que as plantas que receberam tratamento de inoculação com *azospirillum* se destacaram-se com o maior valor de AFE e RAF. Ao comparar o AFE e o RAF das plantas inoculadas em relação as que não receberam inoculação de *azospirillum*, nota-se aumento de 40,0% ( $4,36 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ ) para AFE e 34,8% ( $2,43 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ ) para RAF.

O efeito benéfico do *Azospirillum* tem sido amplamente associada a mecanismos hormonais, particularmente a produção de auxina (Cassán et al., 2020). Após a inoculação, as plantas inoculadas geralmente apresentam maior densidade e comprimento de pelos da raiz, e um maior número de raízes adventícias, resultando em uma maior superfície total da raiz, o que promove maior absorção de água e nutrientes, contribuindo com o crescimento e desenvolvimento das plantas (Vazquez et al., 2021).



Médias seguidas por letras diferentes apresentam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ). Barras na vertical representam o erro padrão da média ( $n=6$ ).

**Figura 3.** Área foliar específica - AFE (A) e razão de área foliar - RAF (B) do algodoeiro BRS 286 em função da inoculação com *Azospirillum*, aos 140 dias após semeio.

Constata-se, com base no resumo da análise de variância (Tabela 4), que os níveis de salinidade da água de irrigação afetaram significativamente todas as variáveis de acúmulo de fitomassa. Verifica-se também, que não houve efeito significativo da inoculação com *azospirillum* e da interação entre os fatores (Níveis de salinidade - NS x inoculação com *azospirillum* - IA).

**Tabela 4.** Resumo da análise de variância referente à fitomassa seca de folha (FSF), fitomassa seca de caule (FSC), fitomassa seca da parte aérea (FSPA), fitomassa seca da raiz (FSR) e relação raiz/parte aérea (R/PA) do algodoeiro BRS 286 irrigado com águas salinas e submetido a inoculação com *azospirillum*.

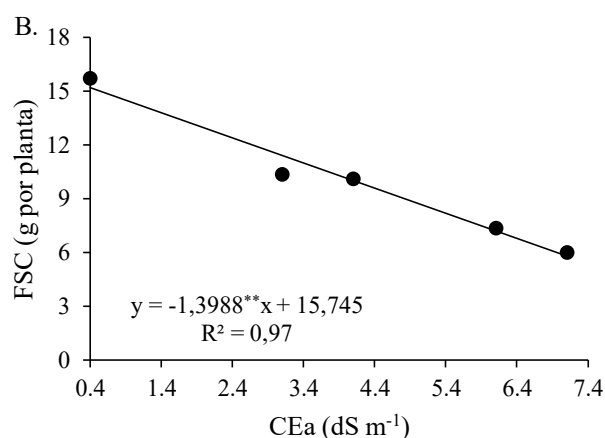
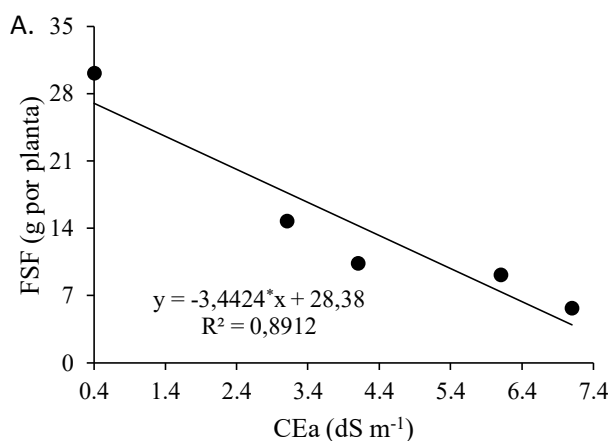
Fonte de variação	GL	Quadrados médios				
		FSF	FSC	FSPA	FSR	R/PA
Níveis Salinos (NS)	4	16,88**	3,81**	18,64**	1,77**	0,03*
Regressão linear	1	61,78**	14,61**	71,45**	5,98**	0,01**
Regressão quadrática	1	3,79 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	2,68 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,003 <sup>ns</sup>
Inoculação (IA)	1	0,08 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>	0,39 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,009 <sup>ns</sup>
Interação (NS × IA)	4	0,92 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	0,71 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>	0,007 <sup>ns</sup>

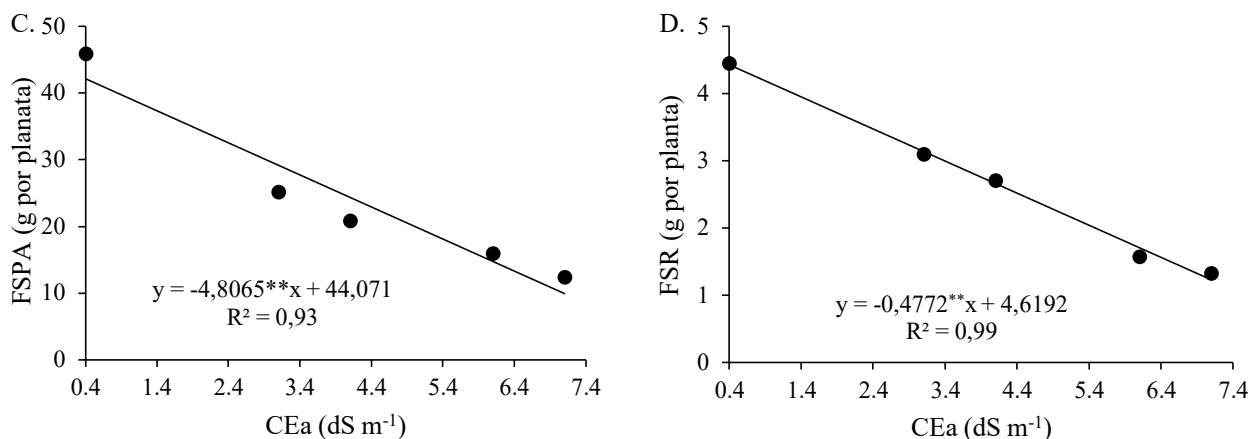
Resíduo	45	1,18	0,09	0,83	0,22	0,01
CV (%)		31,64	10,68	19,46	30,59	30,42

ns, \*, \*\* respectivamente não significativo, significativo a  $p < 0,05$  e  $p < 0,01$ . CV: Coeficiente de variação

Através das equações de regressão obtidas para a fitomassa seca das folhas (FSF) e do caule (FSC) do algodoeiro BRS 286 (Figura 4A e B), nota-se efeito linear decrescente, com diminuição de 12,13 e 8,88%, respectivamente, na FSF e FSC, por aumento unitário da CEa. Ao comparar em termos relativos a FSF e FSC das plantas irrigadas com CEa de  $7,1 \text{ dS m}^{-1}$  em relação as que estavam sob CEa de  $0,4 \text{ dS m}^{-1}$ , constata-se redução de 85,4% (23,1 g por planta) na FSF e 61,8% (9,4 g por planta) para FSC. Resultados semelhantes foram obtidos em pesquisa desenvolvida por Silva et al. (2020), avaliando cultivares de algodoeiro de fibra branca (BRS 368) e colorida (BRS Safira) sob estresse salino ( $1,5$  a  $7,5 \text{ dS m}^{-1}$ ), constataram redução de 4,3% na FSF e 9,5% na FSC por incremento unitário da CEa.

As reduções da FSF e FSC (Figuras 4A e B) podem estar relacionadas aos efeitos deletérios do estresse salino, uma vez que altas concentrações de sais afetam negativamente os aspectos fisiológicos da planta, promovendo alterações iônicas, osmóticas, hormonais e nutricionais, ocasionando redução no crescimento e, conseqüentemente, na acumulação de biomassa (Sá et al., 2019).





\* e \*\* Significativo a  $p \leq 0,05$  e  $0,01$  respectivamente.

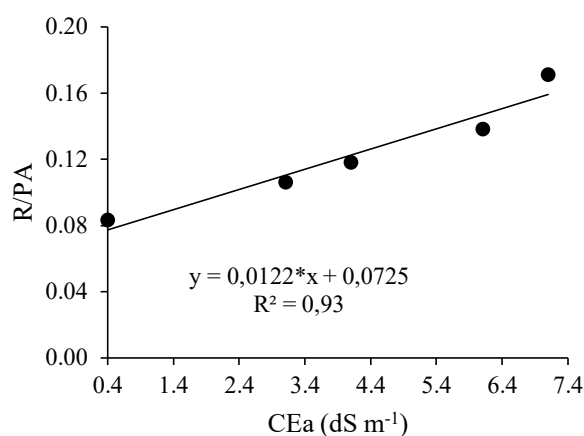
**Figura 4.** Fitomassa seca de folha - FSF (A), de caule – FSC (B), da parte aérea – FSPA (C) e da raiz - FSR (B) do algodoeiro BRS 286 em função da condutividade elétrica da água – CEa.

A fitomassa seca da parte aérea (Figura 4C) e a fitomassa seca da raiz (Figura 4D) do algodoeiro apresentaram efeito semelhante ao observado para FSF e FSC, isto é, redução com incremento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação. De acordo com as equações de regressão, constata-se que as plantas irrigadas com CEa de  $7,1 \text{ dS m}^{-1}$  obtiveram redução de 76,4% (32,2 g) na FSPA e 72,2% (3,2 g) na FSR quando comparadas as plantas cultivadas com menor nível salino ( $0,4 \text{ dS m}^{-1}$ ).

Em um estudo conduzido por Capitulino et al. (2017) utilizando a cultivar de algodão BRS Topázio sob estresse salino ( $1,5$  a  $6,0 \text{ dS m}^{-1}$ ), os autores atribuíram a redução do acúmulo de fitomassa aos efeitos negativos da salinidade, que estão associados à sua interferência nos processos de assimilação líquida de  $\text{CO}_2$ , de translocação de carboidratos para tecidos drenos e no desvio de fontes de energia para outros processos, tais como: ajustamento osmótico, síntese de solutos compatíveis, reparo de danos causados pela salinidade e manutenção dos processos metabólicos básicos. Além disso, as reduções na fitomassa seca da raiz em condições salinas levam a uma menor absorção de água e nutrientes, como consequência da diminuição da zona de absorção radicular, levando a estresses que afetarão a produção (Kong et al., 2017).

A relação raiz/parte aérea (R/PA) do algodoeiro aumentou com o incremento da condutividade da água. De acordo a equação de regressão (Figura 5), verifica-se que as plantas irrigadas com CEa de  $7,1$  obtiveram a maior R/PA (0,16), já as plantas cultivadas com CEa de  $0,4$  registraram o menor valor na R/PA (0,08). A relação raiz/parte aérea

indica o nível de contribuição das reservas armazenadas no sistema radicular no favorecimento do crescimento da parte aérea (Soares et al., 2013).



\* e \*\* Significativo a  $p \leq 0,05$  e  $0,01$  respectivamente.

**Figura 5.** Relação raiz/parte aérea - R/PA do algodoeiro BRS 286 em função da condutividade elétrica da água – CEa.

Em diversos estudos, a importância da relação raiz/parte aérea das plantas cultivadas sob estresse salino tem sido motivo de controvérsias. Um maior crescimento do sistema radicular pode favorecer à exploração de um volume maior do solo, favorecendo a absorção de água e de elementos essenciais, sendo particularmente importante em solos que apresentam limitada capacidade de fornecimento de nutrientes (Marschner, 1995), podendo beneficiar o crescimento das plantas.

Entretanto, um maior crescimento radicular, sob condições de salinidade, também pode levar a uma maior absorção de íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$ , em níveis tóxicos, e o seu consequente carregamento para a parte aérea, prejudicando o crescimento da planta como um todo (Lacerda, 2000).

Verifica-se, de acordo com o resumo de análise de variância (Tabela 5), que os níveis de salinidade da água de irrigação afetaram significativamente ( $p < 0,01$ ) o número de capulho, o número de sementes, a massa de sementes e a massa de algodão em pluma. Já a inoculação com *azospirillum* influenciou de forma significativa o NC e MS. Os componentes de produção do algodoeiro não exibiram efeito significativo para interação entre os fatores em estudo (NS  $\times$  IA).

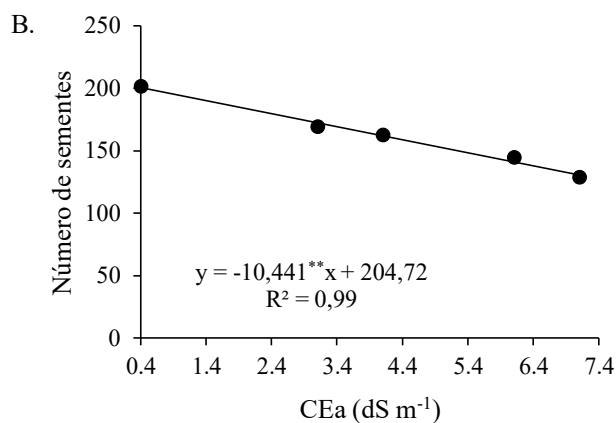
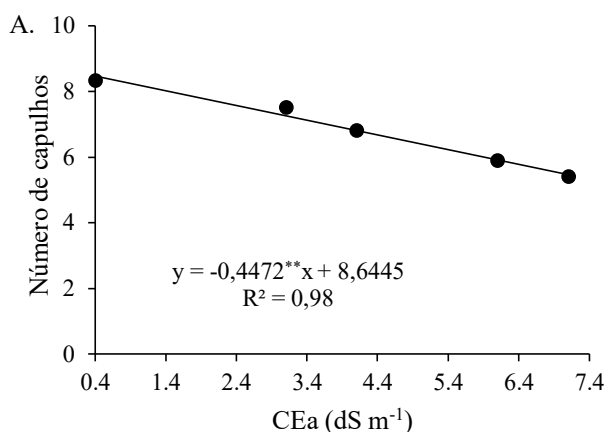
**Tabela 5.** Resumo da análise de variância referente à número de sementes (NF), massa de sementes (MS), número de capulhos (NC) e massa de algodão em pluma (MAP) do algodoeiro BRS 286 irrigado com águas salinas e submetido a inoculação com *azospirillum*.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios			
		NC	NS	MS	MAP
Níveis Salinos (NS)	4	18,77**	9148,01**	179,16**	88,27**
Regressão linear	1	66,28**	36272,49**	696,87**	347,12**
Regressão quadrática	1	0,88 <sup>ns</sup>	6,56 <sup>ns</sup>	15,51 <sup>ns</sup>	5,44 <sup>ns</sup>
Inoculação (IA)	1	9,61*	1297,35 <sup>ns</sup>	49,19**	13,02 <sup>ns</sup>
Interação (NS × IA)	4	1,11 <sup>ns</sup>	1025,18 <sup>ns</sup>	12,92 <sup>ns</sup>	3,04 <sup>ns</sup>
Resíduo	45	1,61	631,83	4,88	3,04
CV (%)		18,71	15,58	14,44	16,44

<sup>ns</sup>, \*, \*\* respectivamente não significativo, significativo a  $p < 0,05$  e  $p < 0,01$ . CV: Coeficiente de variação

O aumento da salinidade da água de irrigação reduziu o número de capulhos (Figura 6A) e o número de sementes (Figura 6B) do algodoeiro BRS 286. Constata-se, que as plantas irrigadas com CEa de  $7,1 \text{ dS m}^{-1}$  obtiveram redução de 35,4% (3 capulhos) no NC e 34,9% (70 sementes) no NS, quando comparados com as plantas cultivadas sob menor salinidade ( $0,4 \text{ dS m}^{-1}$ ). Esses resultados estão de acordo com os obtidos por Silva et al. (2017), que trabalhou com a cultivar BRS Topázio, sob irrigação com água salinizada ( $1,5$  a  $6,0 \text{ dS m}^{-1}$ ), constataram que o número de capulhos por planta diminuiu 12,83% por incremento unitário da salinidade.

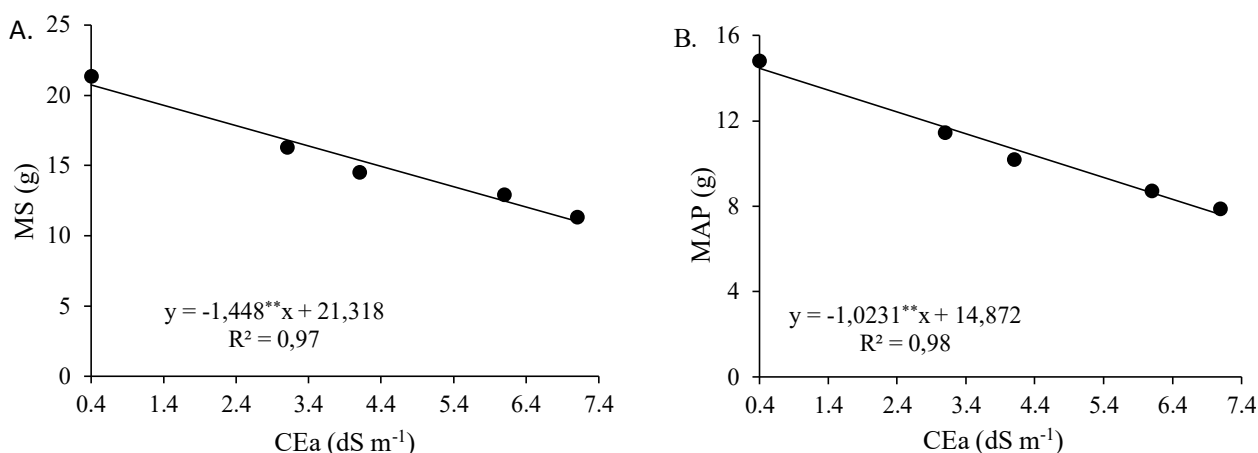
As reduções observadas no número de capulhos e no número de sementes com o aumento da salinidade da água de irrigação, pode ser atribuído à redução do potencial osmótico causado pela concentração de sais solúveis no solo e distúrbios metabólicos, principalmente relacionados à absorção de água e nutrientes pelas plantas (Oliveira et al., 2012; Silva et al., 2020).



\* e \*\* Significativo a  $p \leq 0,05$  e  $0,01$  respectivamente.

**Figura 6.** Número de capulhos - NC (A) e número de sementes - NS (B) do algodoeiro BRS 286 em função da condutividade elétrica da água – CEa.

A salinidade da água de irrigação afetou negativamente a massa de sementes do algodoeiro BRS 286 (Figura 7A). Nota-se, redução de 6,79% por incremento unitário da CEa. Ao comparar em termos relativos a massa das sementes da plantas irrigadas com água de 7,1 dS m<sup>-1</sup> em relação as cultivadas com CEa de 0,4 dS m<sup>-1</sup>, constata-se uma redução de 46,8% (9,7 g). Tal resposta, pode ocorrer devido ao acúmulo de íons de sal no solo (Zhu et al., 2021), que diminuiu a absorção de íons K<sup>+</sup> e Ca<sup>2+</sup> (Tester; Davenport, 2003) levando a uma redução no rendimento em massa de sementes.



**Figura 7.** Massa de sementes - MS (A) e massa de algodão em pluma - MAP (B) do algodoeiro BRS 286 em função da condutividade elétrica da água – CEa.

A massa de algodão em pluma do algodoeiro BRS 286 reduziu linearmente com o incremento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação. De acordo com a equação de regressão (Figura 7B), constata-se que as plantas irrigadas com CEa de 7,1 dS m<sup>-1</sup> alcançaram o menor valor em MAP (7,61 g), correspondendo a uma redução de 43,4% (6,85 g) em relação as plantas cultivadas sob menor salinidade (0,4 dS m<sup>-1</sup>).

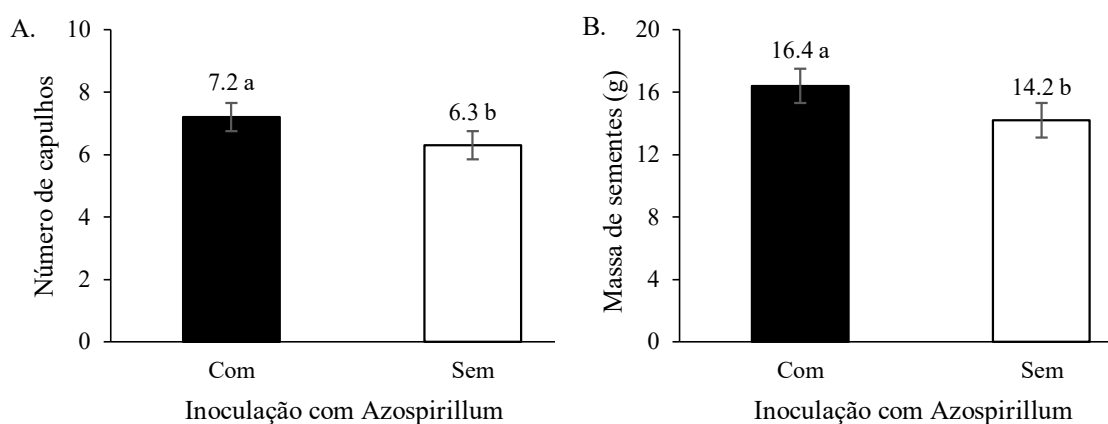
Corroborando com o presente estudo, Soares et al. (2018), utilizando diferentes genótipos de algodão sob níveis de salinidade da água de irrigação e estratégias de manejo, também encontraram uma redução na massa de algodão em pluma em resposta à salinidade da água, o que foi atribuído à menor absorção de água pelas plantas sob estresse salino, devido ao solo mais baixo potencial da água.

De acordo com a metodologia proposta por Fageria et al. (1997) e levando em consideração a redução da massa de algodão em pluma nas plantas irrigadas com água de

maior salinidade ( $7,1 \text{ dS m}^{-1}$ ) em relação ao menor nível salino ( $0,4 \text{ dS m}^{-1}$ ), o algodoeiro BRS 286 pode ser classificado como moderadamente sensível de acordo com o critério de redução no rendimento relativo.

De acordo com o teste de comparação de médias para o número de capulhos (Figura 8A) e massa de sementes (Figura 8B), nota-se que as plantas que receberam tratamento de inoculação com *Azospirillum* se destacaram-se com o maior valor de NC e MS. Ao comparar o NC e a MS das plantas inoculadas em relação as que não receberam inoculação de *Azospirillum*, nota-se aumento de 14,6% (0,9 capulhos) para NC e 15,5% (2,2 g) para MS.

O aumento do número de capulhos e da massa de sementes das plantas inoculadas com *Azospirillum* pode ser atribuído a diversos mecanismos. No entanto, a fixação biológica de nitrogênio (Morais et al., 2012) e a síntese de fitormônios (Cassan et al., 2009) parecem ser os mecanismos mais prováveis. Existem algumas vantagens, como um uso eficiente de nutrientes, aumento da absorção e aumento da concentração de nitrogênio (N) e outros elementos minerais nas plantas (Dobbelaere et al., 2002; Moutia et al., 2010).



Médias seguidas por letras diferentes apresentam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ). Barras na vertical representam o erro padrão da média ( $n=6$ ).

**Figura 9.** Número de capulhos - NC (A) e Massa de sementes - MS (B) do algodoeiro BRS 286 em função da inoculação com *Azospirillum*.

## 6. CONCLUSÕES

A irrigação com água de condutividade elétrica acima de 0,4 dS m<sup>-1</sup> afeta negativamente o crescimento do algodoeiro BRS 286, aos 110 e 140 dias após o semeio. Entretanto, a inoculação com azospirillum favorece o crescimento em diâmetro de caule, número de folhas e área foliar;

O acúmulo de fitomassa do algodoeiro é reduzido com incremento da condutividade elétrica da água de irrigação. Sendo a variável fitomassa seca de folha a mais prejudicada pelo estresse salino;

O número de capulhos, o número de sementes, a massa de sementes e a massa de algodão em pluma são reduzidos drasticamente pela irrigação com águas salina, alcançando os menores valores sob irrigação com CEa de 7,1 dS m<sup>-1</sup>;

A inoculação com Azospirillum não influencia e nem mitiga os efeitos deletérios da salinidade da água de irrigação sobre os componentes de produção do algodoeiro BRS 286;

O algodoeiro BRS 286 pode ser classificado como moderadamente sensível de acordo com o critério de redução no rendimento relativo.

## 7. REFERÊNCIAS

- ABRAPA – Associação brasileira de produtores de algodão. Números do algodão. Disponível em: <http://www.abrapa.com.br/Paginas/atualizacao.aspx>. Acesso em 01 de maio de 2020.
- ABRAPA – Associação brasileira de produtores de algodão. Números do algodão. Disponível em: <http://www.abrapa.com.br/estatisticas/Paginas/default.aspx>. Acesso em 05 de dezembro de 2019.
- ACOSTA-MOTOS, J. R.; ORTUÑO, M. F.; BERNAL-VICENTE, A.; DIAZ-VIVANCOS, P.; SANCHEZ-BLANCO, M. J.; HERNANDEZ, J. A. Plant responses to salt stress: adaptive mechanisms. **Agronomy**, v.7, n.1, p.1-38, 2017.
- ALVARENGA, C. F de S.; SILVA, E. M. da; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; LIMA, G. S. de; SILVA, L. de A. Morfofisiologia de aceroleira irrigada com águas salinas sob combinações de doses de nitrogênio e potássio. **Revista de Ciências Agrárias**, v.42, n.1, p.191-200, 2019.
- ARAÚJO, A. E. Efeito da pandemia COVID-19 no setor algodoeiro brasileiro. **The ICAC Recorder**, v.38, p.71-75, 2020.

- BARASSI, C. A.; SUELDO, R. J.; CREUS, C. M.; CARROZZI, L. E.; CASANOVAS, W. M.; PEREYRA, M. A. **Potencialidad de Azospirillum en optimizer el crecimiento vegetal bajo condiciones adversas**. In: CASSÁN, F. D.; GARCIA DE SALAMONE, I. (Ed.) *Azospirillum sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina*. 1. ed. Córdoba: Asociación Argentina de Microbiología, p.49-59, 2008.
- BASHAN, Y.; DE-BASHAN, L. E. How the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* promotes plant growth - a critical assessment. **Advances in Agronomy**, v.108, n.1, p.77-136, 2010.
- BATISTA, M. J.; NOVAES, F.; SANTOS, D. G.; SUGUINO, H. H. **Drenagem como Instrumento de Dessalinização e Prevenção da Salinização de Solos**. 2.ed., rev. e ampliada. Brasília: CODEVASF, 216p, 2002.
- BELTRÃO, N. E. M. **Fisiologia da produção do algodoeiro**. Campina Grande: Embrapa algodão, 2006. (Embrapa Algodão. Circular Técnica, 94).
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas, noções básicas**. 2.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41p.
- BEZERRA, B. G.; BEZERRA, J. R. C.; SILVA, B. B.; SANTOS, C. A. C. Surface energy exchange and evapotranspiration from cotton crop under full irrigation conditions in the Rio Grande do Norte State, Brazilian Semi-Arid. **Bragantia**, v.74, n.1, p.120-128, 2015.
- BOSCO, M. R. O.; OLIVEIRA, A. B.; HERNANDEZ, F. F. F. Influência do estresse salino na composição mineral da berinjela. **Revista Ciência Agrônômica**, v.40, n.2, p.157-164, 2009.
- BRAY, E. A.; BAILEY-SERRES, J.; WERETILNYK, E. Responses to abiotic stresses. In: BUCHANAN, B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. L. (Eds.). **Biochemistry and molecular biology of plants**, 2000. p.1158-1203.
- BRITO, M. E. B.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; MELO, A. S.; SOARES FILHO, W. D. S.; SANTOS, R. T. Sensibilidade à salinidade de híbridos trifoliados e outros porta-enxertos de citros. **Revista Caatinga**, v.27, n.1, p. 17-27, 2014.
- CAPITULINO, J. D.; AZEVEDO, C. A. V.; LIMA, G. S.; SILVA, A. A. R.; VELOSO, L. L. S. A.; GHEYI, H. R.; LIMA, V. L. A. Growth and production of colored fiber cotton (*Gossypium hirsutum*'L.) subjected to salt stress and potassium fertilization. **Australian Journal of Crop Science**, v.14, n.10, p.1595-1600, 2020.

- CAPITULINO, J. D.; SILVA, A. A. R.; LIMA, G. S.; NOBREGA, R. A.; NASCIMENTO, H. M.; SOARES, L. L. A. Aspectos fisiológicos e crescimento do algodoeiro 'BRS topázio' cultivado com águas salinas e adubação potássica. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.12, n.2, p. 267-272, 2017.
- CASSÁN, F.; CONIGLIO, A.; LÓPEZ, G.; MOLINA, R.; NIEVAS, S.; DE CARLAN, C. L. N.; MORA, V. Everything you must know about Azospirillum and its impact on agriculture and beyond. *Biology and Fertility of Soils*, v.56, n.4, p.461-479, 2020.
- CASSAN, F.; PERRIG, D.; SGROY, V.; MASCIARELLI, O.; PENNA, C.; LUNA, V. Azospirillum brasilense Az39 and Bradyrhizobium japonicum E109, inoculated singly or in combination, promote seed germination and early seedling growth in maize (*Zea mays* L.) and soybean (*Glycine max* L.). **European Journal of Soil Biology**, v.45, n.1, p.28-35, 2009.
- CHAMEKH, Z.; AYED, S.; SAHLI, A.; AYADI, S.; HAMMEMI, Z.; JALLOULI, S.; AMARA, H. Effect of salt stress on the flag leaf area and yield components in twenty five durum wheat genotypes (*Triticum turgidum ssp. durum*). **Journal of New Sciences**, v.6, n.3, p.1-9, 2014.
- COSTA, J. N da; ALMEIDA, F. A. C.; SANTANA, J. C. F. de; COSTA, I. L. L. da; WANDERLEY, M. J. R.; SANTANA, J. C. da S. **Técnicas de colheita, processamento e armazenamento do algodão**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. 14p. (Embrapa Algodão. Circular Técnica, 87)
- DANIEL, V. C.; SEVILHA, R. R.; SILVA, F. F.; ZONETTI, P. C. Germinação e crescimento de plântulas de algodão colorido sob condições de estresse salino. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v.4, n.2, p.321-333, 2011.
- DHIVYA, R.; AMALABALU, P.; PUSHPA, R.; KAVITHAMANI, D. Variability, heritability and genetic advance in upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.). **African Journal of Plant Science**, v.8, n.1, p.1-5, 2014.
- DIAS, A. S.; LIMA, G. S.; GHEYI, H. R.; MELO, A. S.; SILVA, P. C. C.; SOARES, L. A. A.; SILVA, S. S. Effect of combined potassium-phosphorus fertilization on gas exchange, antioxidant activity and fruit production of West Indian cherry under salt stress. **Arid Land Research and Management**, v. 12, n.1 p.1-18, 2021.
- DIAS, N. S.; BLANCO, F. F. **Efeito dos sais no solo e nas plantas**. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza, INCTA Sal, p. 151-161, 2016.

- DOBBELAERE, S.; CROONENBORGH, A.; THYS, A.; PTACEK, D.; OKON, Y.; VANDERLEYDEN, J. Effect of inoculation with wild type *Azospirillum brasilense* and *A. irakense* strains on development and nitrogen uptake of spring wheat and grain maize. **Biology and Fertility of Soils**, v.36, n.1, p.284-297, 2002.
- DÖBEREINER, J.; DAY, J. M. **Associative symbiosis in tropical grasses: characterization of microorganisms and dinitrogen-fixing sites**. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NITROGEN FIXATION, 1976, Pullman; Proceedings. USA: Washington State University Press, 1976. 2 v.
- FAGERIA, N. K.; GHEYI, H. R. **Melhoramento genético das culturas e seleção de cultivares**. In: Gheyi, H. R.; Queiroz, J. E.; Medeiros, J. F. (ed.). Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada. Campina Grande: UFPB, 1997. p. 365-385.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v.37, n.1, p.529-535, 2019.
- FLORES, H. E.: Polyamines and plant stress. In: Alscher, R.G., Cumming, J.R. (ed.): **Responses in Plants: Adaptation and Acclimation Mechanism**. p. 217-239, 1990.
- FURTADO, R. F.; MANO, A. R. O.; ALVES, C. R.; FREITAS, S. M.; MEDEIROS FILHO, S. Efeito da salinidade na germinação de sementes de algodão. **Revista Ciência Agronômica**, v.38, n.2, p.224-227, 2007.
- GARCIA, G. O.; FERREIRA, P. A.; MIRANDA, G. V. Teores foliares dos macronutrientes catiônicos e suas relações com o sódio em plantas de milho sob estresse salino. **IDESIA**. v. 25, n.3, p. 93-106, 2007.
- GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.; GOMES FILHO, F. E. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSal, 2010.
- GOMES, K. R. AMORIM, A. V.; FERREIRA, F. J.; FILHO, F. L. A.; LACERDA, C. F.; GOMES-FILHO, E. Respostas de crescimento e fisiologia do milho submetido a estresse salino com diferentes espaçamentos de cultivo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.4, p.365-370, 2011.
- GOSWAMI, M.; SURESH, E. K. A. Plant growth-promoting rhizobacteria alleviators of abiotic stresses in soil: a review. **Pedosphere**, v.30, n.1, p.40-61, 2020.
- GRIMES, D. W.; CARTER, L. M. A linear rule for direct nondestructive leaf area measurements. **Agronomy Journal**, v.3, p.477-479, 1969.
- GUIMARÃES, M. J.; SIMÕES, W. L.; TABOSA, J. N.; SANTOS, J. E. D.; WILLADINO, L. Cultivation of forage sorghum varieties irrigated with saline effluent

- from fish-farming under semiarid conditions. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, p. 461-465, 2016.
- HUNGRIA, M. **Inoculação com Azospirillum brasilense: inovação em rendimento abaixo custo**. Londrina: Documentos Embrapa Soja, 2011.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção agrícola municipal ano de 2020. Available on: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1612>>. Accessed on: Set. 2021.
- KONG, X.; LUO, Z.; DONG, H.; LI, W.; CHEN, Y. Non-uniform salinity in the root zone alleviates salt damage by increasing sodium, water and nutrient transport genes expression in cotton. **Scientific Reports**, v.7, n.1, p.1-13, 2017.
- KRAVCHIK, M.; BERNSTEIN, N. Effects of salinity on the transcriptome of growing maize leaf cells point at cell-age specificity in the involvement of the antioxidative response in cell growth restriction. **Kravchik and Bernstein BMC Genomics**, v.14, n.1, p.24, 2013.
- LACERDA, C. F. **Crescimento e acúmulo de solutos orgânicos e inorgânicos em dois genótipos de sorgo forrageiros submetidos a estresse salino**. 2000. 163 f. Tese (Doutorado Fisiologia Vegetal) -Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMA, Artes e textos, 2000. 531p.
- LIMA, G. S.; DIAS, A. S., SOARES, L. A. A.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; SILVA, A. A. R. Eficiência fotoquímica, partição de fotoassimilados e produção do algodoeiro sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista de Ciências Agrárias**, v.42, n.1, p.214-225, 2019.
- LIMA, G. S.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; SOARES, L. A. A.; FERNANDES, P. D.; FURTADO, G. F. Trocas gasosas, pigmentos cloroplastídicos e dano celular na mamoneira sob diferentes composições catiônica da água. **Irriga**, v.22, n.4, p.757-774, 2017.
- LIMA, L. A.; OLIVEIRA, F. D. A.; ALVES, R. C.; LINHARES, P. S. F.; MEDEIROS, A. M. A.; BEZERRA, F. M. S. Tolerância da berinjela à salinidade da água de irrigação. **Revista Agroambiente**, v.9, n.1, p. 27-34, 2015.
- MANSOUR, M.M.F.; SALAMA, K.H.A. Cellular basis of salinity tolerance in plants. **Environmental and Experimental Botany**, v.52, n.2, p.113-122, 2004.
- MANTOVANI, A. A method to improve leaf succulence quantification. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.42, n.1, p.9-14, 1999.

- MARIJUAN, M. P.; BOSCH, S. M. Ecophysiology of invasive plants: osmotic adjustment and antioxidants. **Trends in plant science**, v.18, n.12, p.660-666, 2013.
- MARQUES, D. M.; MAGALHÃES, P. C.; MARRIEL, I. E.; GOMES, C. C.; SILVA, A. B.; SOUZA, T. C. Gas Exchange, Root Morphology and Nutrients in Maize Plants Inoculated with *Azospirillum brasilense* Cultivated Under Two Water Conditions. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.64, n.1, p.1-11, 2021.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. London: London Academic Press, 1995. 899p.
- MARTINS, J. B.; SANTOS JÚNIOR, J. A.; BARTUSCH, V. P.; GHEYI, H. R.; BEZERRA NETO, E.; SILVA, M. M. D. Water relations in parsley plants cultivated in brackish nutrient solutions of different cationic natures. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.23, n.9, p.662-668, 2019.
- MEDEIROS, J. F.; LISBOA, R. A.; OLIVEIRA, M. Caracterização das águas subterrâneas usadas para irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.3, p.469-472, 2003.
- MORAIS, R. F.; QUESADA, D. M.; REIS, V. M.; URQUIAGA, S.; ALVES, B. J.; BODDEY, R. M. Contribution of biological nitrogen fixation to elephant grass (*Pennisetum purpureum Schum.*). **Plant and Soil**, v.356, n.1, p.23-34, 2012.
- MOUTIA, J. F. Y.; SAUMTALLY, S.; SPAEPEN, S.; VANDERLEYDEJN, J. Plant growth promotion by *Azospirillum* sp. In sugar cane is influenced by genotype and drought stress. **Plant and Soil**, v.337, n.1, p.233-242, 2010.
- OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, F. R. A.; FREIRE, A. G.; SOARES, L. C. S. Produção do algodoeiro em função da salinidade e tratamento de sementes com regulador de crescimento. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, n.2, p.279-287, 2012.
- OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA, M. K. T.; SILVA, R. C. P.; SILVA, O. M. dos P.; MAIA, P. DE M. E.; CÂNDIDO, W. dos S. Crescimento de mudas de moringa em função da salinidade da água e da posição das sementes nos frutos. **Revista Árvore**, v.37, n.1, p. 79-87, 2013.
- OLIVEIRA, H.; NASCIMENTO, R.; NASCIMENTO, E. C. S., LIMA, R. F.; BEZERRA, C. V. C. Emergence and growth of maize submitted to inoculant doses associated with saline water irrigation. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.50, n.1, e5454, 2021.

- PINHEIRO, F. W. A.; NOBRE, R. G.; SOUZA, L. P.; ALMEIDA, L. L. DE S.; MELO, E. N.; BONIFÁCIO, B. F. Crescimento de mudas de aceroleira" CMI 102" irrigadas com águas salinizadas e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 12, n.4, p. 2632 – 2643, 2018.
- RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: U.S, Department of Agriculture, 1954. 160p.
- SÁ, F. V. S., SOUTO, L. S.; PAIVA, E. P.; TORRES, S. B.; OLIVEIRA, F. A. Initial development and tolerance of pepper species to salinity stress. **Revista Caatinga**, v.32, n.3, p.826-833, 2019.
- SANTOS, B.; FERREIRA, P. A.; OLIVEIRA, F. G.; BATISTA, R. O.; COSTA, A. C.; CANO, M. A. Produção e parâmetros fisiológicos do amendoim em função do estresse salino. **Idesia**, v.30, n.2, p.69-74, 2012.
- SANTOS, J. B.; GHEYI, H. R.; LIMA, G. S.; XAVIER, D. A.; CAVALCANTE, L. F.; CENTENO, C. R. M. Morfofisiologia e produção do algodoeiro herbáceo irrigado com águas salinas e adubado com nitrogênio. **Comunicata Scientiae**, v.7, n.1, p.86-96, 2016.
- SEIDO, S. L.; SOUSA, L. P.; SILVA, M. J.; DONZELI, V. P.; QUEIROZ, S. O. P. Rizobactérias promotoras de crescimento em melão sob estresse salino. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.14, n.1, 5623, 2019.
- SEVERINO, L.S.; RODRIGUES, S.M.M.; CHITARRA, L.G.; LIMA FILHO, J.; CONTINI, E.; MOTA, M.; MARRA, R.; ARAÚJO, A. Produto: Algodão. Parte 01: **Caracterização e Desafios Tecnológicos Série Desafios do Agronegócio Brasileiro (NT3)**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 29 p., 2019.
- SILVA, A. A. R.; LIMA, G. S.; AZEVEDO, C. A. V.; SOARES, L. A. A.; GHEYI, H. R.; OLIVEIRA, R. C. Potassium fertilization in the cultivation of colored cotton irrigated with saline water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.21, n.9, p.628-633, 2017.
- SILVA, A. A. R.; PEREIRA, M. C. A.; VELOSO, L. L. S. A.; NASCIMENTO, R.; NASCIMENTO, E.; BEZERRA, C. V. C.; LIMA, R. F. Root biomass and production of cotton cultivars subjected to saline water irrigation. **Australian Journal of Crop Science**, v.14, n.6, p.965-970, 2020.
- SILVA, A. A. R.; PEREIRA, M. C. A.; VELOSO, L. L. S. A.; NASCIMENTO, R.; NASCIMENTO, E. C. S.; BEZERRA, C. V. C.; BATISTA, M. C.; LIMA, R. F.

- Root biomass and production of cotton cultivars subjected to saline water irrigation. **Australian Journal of Crop Science**, v.14, n.6, p.965-970, 2020.
- SILVA, A. A. R.; VELOSO, L. L. S. A.; NASCIMENTO, R.; NASCIMENTO, E.; BEZERRA, C. V. C.; PEREIRA, M. C. A. Gas exchanges and growth of cotton cultivars under water salinity. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.23, n.6, p.393-399, 2019.
- SILVA, A. R.; BEZERRA, F. T. C.; CAVALCANTE, L. F.; PEREIRA, W. E.; ARAÚJO, E.; ARAÚJO, L. M.; BEZERRA, M. A. F. Frequency of irrigation with saline water in sugar-apple seedlings produced on substrate with polymer. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n.7, p.825-830, 2018.
- SILVA, E. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; ARAÚJO, F. P.; MELO N. F.; AZEVEDO NETO. Physiologi- Physiological responses to salt stress in Young umbu plants. **Enviromental and Experimental Botany**, v.63, p. 147-157, 2008.
- SILVA, E. N.; RIBEIRO, R. V.; SILVA, S. L. F.; VIÉGAS, R. A.; SILVEIRA, J. A. G. Salt stress induced damages on the photosynthesis of physic nut young plants. **Scientia Agrícola**, v.68, n.1, p.62-68, 2011.
- SILVA, I. R. J.; JARDIM, A. M. R. F.; BARROSO NETO, J.; LEITE, M. L. M. V. Estresse salino como desafio para produção de plantas forrageiras. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v.11, n.3, p.127-139, 2018.
- SILVA, J. L. A.; MEDEIROS, J. F.; ALVES, S. S. V.; OLIVEIRA, F. A.; SILVA J. M. S.; NASCIMENTO, I. B. Uso de águas salinas como alternativa na irrigação e produção de forragem no semiárido nordestino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.18, p. S66–S72, 2014.
- SILVA, R. S.; FARIAS, F. J.; TEODORO, P. E.; CAVALCANTI, J. J.; CARVALHO, L. P. D.; QUEIROZ, D. R. Phenotypic adaptability and stability of herbaceous cotton genotypes in the Semiarid region of the Northeast of Brazil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.24, n. n.6, p.800-805, 2020.
- SOARES, L. A. A.; FERNANDES, P. D.; LIMA, G. S.; BRITO, M. E. B.; NASCIMENTO, R D, ARRIEL, N. H. C. Physiology and production of naturally-colored cotton under irrigation strategies using salinized water. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.53, n.6, p.746-755, 2018.
- SOARES, L. A. A.; LIMA, G. S.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; PEREIRA, F. H. F. Fisiologia e acúmulo de fitomassa pela mamoneira submetida a estresse salino e