



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

CULTIVO DE MILHO (*Zea mays*) INOCULADO SUBMETIDO A ESTRESSE SALINO

GLEYYKA NÓBREGA VASCONCELOS

CAMPINA GRANDE - PB

Fevereiro/2021

GLEYKA NÓBREGA VASCONCELOS
Engenheira Agrícola

CULTIVO DE MILHO (*Zea mays*) INOCULADO SUBMETIDO A ESTRESSE SALINO

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

ORIENTADOR: Prof. Dr. Ronaldo do Nascimento

CAMPINA GRANDE – PB

Fevereiro/2021

V331c Vasconcelos, Gleyka Nóbrega.
Cultivo de milho (*Zea mays*) inoculado submetido a estresse salino /
Gleyka Nóbrega Vasconcelos. - Campina Grande, 2023.
76 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade
Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais,
2021.
"Orientação: Prof. Dr. Ronaldo Nascimento."
Referências.

1. Milho. 2. *Asospirillum brasiliense*. 3. Irrigação. 4. Salinidade. 5.
Milho. 6. Fixação Biológica do Nitrogênio. I. Nascimento, Ronaldo. II.
Título.

CDU 633.15(043)



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE

POS-GRADUACAO EM ENGENHARIA AGRICOLA

Rua Aprígio Veloso, 882, - Bairro Universitário, Campina Grande/PB, CEP 58429-900

FOLHA DE ASSINATURA PARA TESES E DISSERTAÇÕES

**GLEyka
VASCONCELOS**

NÓBREGA

CULTIVO DE MILHO (Zea mays)
INOCULADO SUBMETIDO AESTRESSE
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: 05/02/2021

Ronaldo do Nascimento – Orientador - UAEA/CTRN/UFCG

Maria Sallydelândia Sobral de Farias – Examinadora Interna - UAEA/CTRN/UFCG

Hallyson Oliveira - Examinador Externo - CPF: 08726770440



Documento assinado eletronicamente por **RONALDO DO NASCIMENTO, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 05/02/2021, às 19:19, 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 **HALLYSON OLIVEIRA, Usuário Externo**, em 05/02/2021, às 19:40, 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(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 11/03/2021, às 16:28, 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 **1249815** e o código CRC **1D83C1CE**.

OFEREÇO

A meus pais José e Layne, por todo amor e empenho dedicado à minha Educação.

A minha filha Alice, por ser meu motivo diário para vencer.

A minha avó Lourdes, por ser exemplo de amor e ternura.

DEDICO

A meu avô Laudemiro (In Memoriam), que tanto vibrava com as minhas conquistas.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por toda proteção e providência em minha vida. Ele cuida de mim a todo instante. Em um momento de pandemia mundial, Ele concedeu saúde e proteção a toda minha família. Toda honra e toda Glória seja dada ao nosso senhor nosso Deus.

A Minha filha, Alice, por ser a prova viva do amor de Deus por mim. Agradeço pela sua vida e por ser minha fonte diária de motivação, amor e esperança.

Aos meus pais, José e Layne, que sempre me incentivaram e ensinaram os caminhos para ir em busca dos meus objetivos, e não mediram esforços para me oferecer educação de boa qualidade.

A minha Avó, Lourdes, por todo seu amor, carinho e ternura. Ao meu avô, Laudemiro (*In Memoriam*), que partiu para a eternidade antes de me ver concluindo mais uma etapa da minha vida, mas sei que, está feliz e vibrando pela minha conquista.

As minhas irmãs, Giselly e Katiuscia, por todo apoio ao longo da jornada.

Ao professor, Dr. Ronaldo do Nascimento, pela orientação prestada e ensinamentos repassados ao longo do período de Mestrado.

Aos meus grandes amigos, Raúl Nóbrega, Austro Tavares e Luan Dantas, por seguirem sempre ao meu lado durante a Graduação e Pós-Graduação.

Aos demais amigos, que vivenciaram mais essa etapa da minha vida, agradeço o apoio.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão da bolsa de estudo. A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da UFCG, pelos conhecimentos prestados.

Aos funcionários da Coordenação da Pós e da Graduação em Engenharia Agrícola, Professora Coordenadora Josivanda, Roberto e Michelle, pelo serviço prestado.

Aos demais, que indiretamente ou diretamente contribuíram para a concretização de mais uma etapa da minha vida, o meu agradecimento.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE TABELAS.....	12
1. INTRODUÇÃO	16
2. OBJETIVOS	17
2.1 Geral	17
2.2 Específicos	18
2. REVISÃO DE LITERATURA	18
3.1 Aspectos gerais da cultura do Milho.....	18
3.2 A importância do Nitrogênio para a cultura do milho	19
3.3 Fixação Biológica do Nitrogênio (FBN).....	20
3.4 Gênero <i>Azospirillum brasiliense</i>	21
3.5 Efeitos do estresse salino na cultura do Milho.....	22
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	23
4.2 Localização dos Experimentos.....	23
4.3 Descrição da Cultivar Utilizada nos experimentos.....	24
4.4.1 Variáveis fisiológicas	34
4.5 Análise Estatística.....	36
5 Resultados e Discussões	36
5.1 Teste de Germinação	36
5.2 Experimento em casa de vegetação.....	37
5.2.1 Variáveis de Crescimento	37
5.2.2 Fluorescência da Clorofila a e Índice SPAD	48
5.2.3 Trocas Gasosas.....	54
5.3.4 Teor Relativo de Água e Extravasamento de Eletrólitos	64
6. CONCLUSÕES.....	66
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização do experimento na Universidade Federal de Campina Grande- UFCG, (Campus I), Campina Grande, 2019.

Figura 2- Azo Total- Inoculante com *Azospirillum brasiliense*. Ab V-5 e Ab V-6

Figura 3: Inoculação das Sementes com *Azospirillum brasiliense*.

Figura 4: Sementes da cultivar NS-92 VT PRO distribuídas no papel Germiteste.

Figura 5. Implantação dos drenos e manta geotêxtil nos vasos para drenagem da água.

Figura 6: Correção do pH do solo e manutenção da umidade.

Figura 7: Altura de Planta (AP) do milho em função do desdobramento entre a Inoculação com *Azospirillum brasiliense*: T1 (sem inoculação) e T2 (com inoculação) e os crescentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação: S₁ (0,4dSm⁻¹), S₂ (1,1 dSm⁻¹), S₃ (1,8dSm⁻¹), S₄ (2,5dSm⁻¹) e S₅ (3,2dSm⁻¹), aos 30 DAS (A) e 60 DAS (B).

Figura 8: Diâmetro de Colmo (AP) do milho em função do efeito isolado dos crescentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação S₁ (0,4dSm⁻¹), S₂ (1,1 dSm⁻¹), S₃ (1,8dSm⁻¹), S₄ (2,5dSm⁻¹) e S₅ (3,2dSm⁻¹), aos 30 DAS (A) e 60 DAS (B).

Figura 9: Área Foliar (AF) do milho em função do efeito isolado dos crescentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação S₁ (0,4dSm⁻¹), S₂ (1,1 dSm⁻¹), S₃ (1,8dSm⁻¹), S₄ (2,5dSm⁻¹) e S₅ (3,2dSm⁻¹), aos 30 DAS.

Figura 10: Área Foliar (AP) do milho em função do desdobramento entre a Inoculação com *Azospirillum brasiliense*: T1 (sem inoculação) e T2 (com inoculação) e os crescentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação: S₁ (0,4dSm⁻¹), S₂ (1,1 dSm⁻¹), S₃ (1,8dSm⁻¹), S₄ (2,5dSm⁻¹) e S₅ (3,2dSm⁻¹), aos 30 DAS (A) e 60 DAS (B).

Figura 11. Enrolamento das folhas como mecanismos de defesa da planta de milho submetida ao estresse a salino, para evitar a perda de água e a desidratação.

Figura 12- Número de Folhas (NF) do milho em função do efeito isolado dos crescentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação S₁ (0,4dSm⁻¹), S₂ (1,1 dSm⁻¹), S₃ (1,8dSm⁻¹), S₄ (2,5dSm⁻¹) e S₅ (3,2dSm⁻¹), aos 30 DAS.

Figura 13. Massa Seca do Colmo (MSC) do milho em função do desdobramento entre a Inoculação com *Azospirillum brasiliense*: T1 (sem inoculação) e T2 (com inoculação) e os crescentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação: S₁ (0,4dSm⁻¹), S₂ (1,1 dSm⁻¹), S₃ (1,8dSm⁻¹), S₄ (2,5dSm⁻¹) e S₅ (3,2dSm⁻¹).

Figura 14: Massa Seca das Folhas (MSF) em função do desdobramento entre a Inoculação com *Azospirillum brasiliense*: T1 (sem inoculação) e T2 (com inoculação) e os crescentes níveis de

condutividade elétrica da água de irrigação: S₁ (0,4dSm⁻¹), S₂ (1,1 dSm⁻¹), S₃ (1,8dSm⁻¹), S₄ (2,5dSm⁻¹) e S₅ (3,2dSm⁻¹).

Figura 15: Massa Seca da Raíz (MSR) do milho em função do desdobramento entre a Inoculação com *Azospirillum brasiliense*: T1 (sem inoculação) e T2 (com inoculação) e os crescentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação: S₁ (0,4dSm⁻¹), S₂ (1,1 dSm⁻¹), S₃ (1,8dSm⁻¹), S₄ (2,5dSm⁻¹) e S₅ (3,2dSm⁻¹).

Figura 16. Fluorescência Inicial (F₀) em função do efeito isolado da Inoculação: T1 (sem inoculação) e T2 (com inoculação com *Azospirillum brasiliense*) (A) e em função do efeito isolado dos crescentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação S₁ (0,4dSm⁻¹), S₂ (1,1 dSm⁻¹), S₃ (1,8dSm⁻¹), S₄ (2,5dSm⁻¹) e S₅ (3,2dSm⁻¹).

Figura 17: Fluorescência Máxima (F_m) em função do desdobramento entre a Inoculação com *Azospirillum brasiliense*: T1 (sem inoculação) e T2 (com inoculação) e os crescentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação: S₁ (0,4dSm⁻¹), S₂ (1,1 dSm⁻¹), S₃ (1,8dSm⁻¹), S₄ (2,5dSm⁻¹) e S₅ (3,2dSm⁻¹).

Figura 18: Eficiência Quântica do Fotossistema II do milho em função do desdobramento entre a Inoculação com *Azospirillum brasiliense*: T1 (sem inoculação) e T2 (com inoculação) e os crescentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação: S₁ (0,4dSm⁻¹), S₂ (1,1 dSm⁻¹), S₃ (1,8dSm⁻¹), S₄ (2,5dSm⁻¹) e S₅ (3,2dSm⁻¹).

Figura 19. Índice SPAD em função do efeito isolado da Inoculação: T1 (sem inoculação) e T2 (com inoculação com *Azospirillum brasiliense*).

Figura 20. Índice SPAD em função do efeito isolado dos crescentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação S₁ (0,4dSm⁻¹), S₂ (1,1 dSm⁻¹), S₃ (1,8dSm⁻¹), S₄ (2,5dSm⁻¹) e S₅ (3,2dSm⁻¹),

Figura 21: Condutância estomática (gs) na folha do milho em função do desdobramento entre a Inoculação com *Azospirillum brasiliense*: T1 (sem inoculação) e T2 (com inoculação) e os crescentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação: S₁ (0,4dSm⁻¹), S₂ (1,1 dSm⁻¹), S₃ (1,8dSm⁻¹), S₄ (2,5dSm⁻¹) e S₅ (3,2dSm⁻¹).

Figura 22. Transpiração (E) da folha do milho em função do desdobramento entre a Inoculação com *Azospirillum brasiliense*: T1 (sem inoculação) e T2 (com inoculação) e os crescentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação: S₁ (0,4dSm⁻¹), S₂ (1,1 dSm⁻¹), S₃ (1,8dSm⁻¹), S₄ (2,5dSm⁻¹) e S₅ (3,2dSm⁻¹).

Figura 23. Fotossíntese Líquida (A) na folha do milho em função do desdobramento entre a Inoculação com *Azospirillum brasiliense*: T1 (sem inoculação) e T2 (com inoculação) e os

crescentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação: S₁ (0,4dSm⁻¹), S₂ (1,1 dSm⁻¹), S₃ (1,8dSm⁻¹), S₄ (2,5dSm⁻¹) e S₅ (3,2dSm⁻¹)

Figura 24: Concentração Interna de CO₂ na folha do milho em função do desdobramento entre a Inoculação com *Azospirillum brasiliense*: T1 (sem inoculação) e T2 (com inoculação) e os crescentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação: S₁ (0,4dSm⁻¹), S₂ (1,1 dSm⁻¹), S₃ (1,8dSm⁻¹), S₄ (2,5dSm⁻¹) e S₅ (3,2dSm⁻¹).

Figura 25. Eficiência do Uso da Água (EUA) na folha do milho em função do desdobramento entre a Inoculação com *Azospirillum brasiliense*: T1 (sem inoculação) e T2 (com inoculação) e os crescentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação: S₁ (0,4dSm⁻¹), S₂ (1,1 dSm⁻¹), S₃ (1,8dSm⁻¹), S₄ (2,5dSm⁻¹) e S₅ (3,2dSm⁻¹).

Figura 26: Eficiência Instantânea de Carboxilação em função do desdobramento entre a Inoculação com *Azospirillum brasiliense*: T1 (sem inoculação) e T2 (com inoculação) e os crescentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação: S₁ (0,4dSm⁻¹), S₂ (1,1 dSm⁻¹), S₃ (1,8dSm⁻¹), S₄ (2,5dSm⁻¹) e S₅ (3,2dSm⁻¹).

Figura 27: Teor Relativo de Água (TRA) em função do efeito isolado dos crescentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação S₁ (0,4dSm⁻¹), S₂ (1,1 dSm⁻¹), S₃ (1,8dSm⁻¹), S₄ (2,5dSm⁻¹) e S₅ (3,2dSm⁻¹).

Figura 28: Extravasamento de Elétrólitos na membrana da folha do milho em função do efeito isolado dos crescentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação S₁ (0,4dSm⁻¹), S₂ (1,1 dSm⁻¹), S₃ (1,8dSm⁻¹), S₄ (2,5dSm⁻¹) e S₅ (3,2dSm⁻¹),

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Níveis crescentes de Condutividade Elétrica das Águas de Irrigação S₁ (04dSm⁻¹); S₂ (1,1dSm⁻¹); S₃ (1,8dSm⁻¹), S₄ (2,5dSm⁻¹); S₅ (3,2dSm⁻¹), utilizada nos experimentos de teste de germinação e experimento em casa de vegetação

Tabela 2: Quantificação dos Sais NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂.6H₂O (Cloreto de Sódio e Cloreto de Magnésio) utilizados para alcançar os crescentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação S₂ (1,1dSm⁻¹); S₃ (1,8dSm⁻¹); S₄ (2,5dSm⁻¹); S₅ (3,2dSm⁻¹), utilizada nos experimentos de teste de germinação e experimento em casa de vegetação

Tabela 3. Análise das propriedades físicas do solo utilizado no experimento.

Tabela 4: Análise das propriedades químicas e determinação da curva de retenção do solo utilizado no experimento.

Tabela 5: Resumo da Análise de Variância referente a Porcentagem de Germinação (G) e Índice de Velocidade de Germinação (IVG) das sementes da Cultivar NS-92 VT PRO de milho, quando submetidos aos Tratamentos T1 (sem inoculação) e T2 (inoculação com *Azospirillum brasiliense*) e submetidas a crescentes níveis de condutividade elétrica (CE) S₁ (0,4 dSm⁻¹), S₂ (1,1dSm⁻¹) e S₃ (3,2dSm⁻¹).

Tabela 6- Análise de Variância das variáveis Altura de Planta (AP), Área Foliar (AF), Número de Folhas (NF) e Diâmetro de Colmo (DC), aos 30 e 60 DAS, das plantas de milho submetidas aos tratamentos T1 (sem inoculação) e T2 (inoculadas com *Azospirillum brasiliense*) e irrigadas com a crescentes níveis de Condutividade Elétrica da água S₁ (04dSm⁻¹); S₂ (1,1dSm⁻¹); S₃ (1,8dSm⁻¹); S₄ (2,5dSm⁻¹); S₅ (3,2dSm⁻¹).

Tabela 7- Análise de Variância das variáveis Massa Seca do Colmo (MSC), Massa Seca das Folhas (MSF) e Massa Seca das Raízes (MSR) das plantas de milho submetidas aos tratamentos T1 (sem inoculação) e T2 (inoculadas com *Azospirillum brasiliense*) e irrigadas com a crescentes níveis de Condutividade Elétrica da água S₁ (04dSm⁻¹); S₂ (1,1dSm⁻¹); S₃ (1,8dSm⁻¹); S₄ (2,5dSm⁻¹); S₅ (3,2dSm⁻¹).

Tabela 8- Análise de Variância das variáveis de Fluorescência da clorofila a: Fluorescência inicial (F₀), Fluorescência Máxima (F_m), Fluorescência Variável (F_v), Eficiência Quântica do Fotossistema II (F_v/F_m) e Índice SPAD das plantas de milho submetidas aos tratamentos T1 (sem inoculação) e T2 (inoculadas com *Azospirillum brasiliense*) e irrigadas com a crescentes níveis de Condutividade Elétrica da água S₁ (04dSm⁻¹); S₂ (1,1dSm⁻¹); S₃ (1,8dSm⁻¹); S₄ (2,5dSm⁻¹); S₅ (3,2dSm⁻¹).

Tabela 9- Análise de Variância das variáveis de Trocas Gasosas: Condutância Estomática (g_s), Transpiração (E), Fotossíntese Líquida (A), Concentração Interna de CO₂ (C_i) das plantas de

milho submetidas aos tratamentos T1 (sem inoculação) e T2 (inoculadas com *Azospirillum brasiliense*) e irrigadas com a crescentes níveis de Condutividade Elétrica da água S₁ (04dSm⁻¹); S₂ (1,1dSm⁻¹); S₃ (1,8dSm⁻¹); S₄ (2,5dSm⁻¹); S₅ (3,2dSm⁻¹).

Tabela 10 - Análise de Variância das variáveis de Eficiência de Uso da Água (EUA) e Eficiência Instantânea de Carboxilação (EiC) das plantas de milho submetidas aos tratamentos T1 (sem inoculação) e T2 (inoculadas com *Azospirillum brasiliense*) e irrigadas com a crescentes níveis de Condutividade Elétrica da água S₁ (04dSm⁻¹); S₂ (1,1dSm⁻¹); S₃ (1,8dSm⁻¹); S₄ (2,5dSm⁻¹); S₅ (3,2dSm⁻¹).

Tabela 11 - Análise de Variância das variáveis de Teor Relativo de Água (TRA) e Extravasamento de Eletrólitos (EE) das plantas de milho submetidas aos tratamentos T1 (sem inoculação) e T2 (inoculadas com *Azospirillum brasiliense*) e irrigadas com a crescentes níveis de Condutividade Elétrica da água S₁ (04dSm⁻¹); S₂ (1,1dSm⁻¹); S₃ (1,8dSm⁻¹); S₄ (2,5dSm⁻¹); S₅ (3,2dSm⁻¹).

VASCONCELOS, G. N. **Cultivo de milho (*Zea mays*) inoculado submetido a estresse salino**. 2021. 76p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Campina Grande, PB.

RESUMO

O milho tem como fator importante o teor de nitrogênio (N) necessário para o seu crescimento e combate aos efeitos do estresse hídrico e salino. Uma forma de substituir em partes o uso de fertilizantes nitrogenados é através da Fixação Biológica do Nitrogênio (FBN), com a inoculação de bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico. Portanto, o objetivo da pesquisa foi avaliar o efeito mitigador da inoculação do milho submetido ao estresse salino com *Azospirillum brasiliense* milho sobre os efeitos deletérios. Para alcançar o objetivo proposto, o experimento foi desenvolvido em duas etapas, sendo elas: Teste de Germinação das sementes da cultivar NS-92, em laboratório, e em seguida, experimento em casa de vegetação, na UFCG, em delineamento inteiramente casualizado (DIC) com esquema fatorial 2x5 com 5 repetições, correspondendo aos tratamentos: Inoculação ou não das sementes de milho, e cinco níveis de CEa (0,4; 1,1; 1,8; 2,5; 3,2 dSm⁻¹). As análises de crescimento realizadas aos 30 e 60 dias após a semeadura (DAS) foram: Altura de Planta (AP), Área Foliar (AF), Número de Folhas (NF), Diâmetro de Caule (DC). A Massa Seca do Caule (MSC), Folhas (MSF) e das Raízes (MSR), foram feitas ao final do ciclo. As análises de Trocas Gasosas, Fluorescência da clorofila a, Índice SPAD, Teor Relativo de Água (TRA) e Extravasamento de Eletrólitos (EE), aos 80 DAS. Com relação aos resultados, a associação da Inoculação e a Salinidade não apresentaram efeito sobre a germinação das plântulas de milho. Os crescentes níveis da água de irrigação afetaram negativamente AF (30 DAS), DC (30 e 60 DAS) e MSF. A interação dos Fatores Inoculação x Salinidade afetaram a AP (30 e 60 DAS) e AF (60 DAS), MSC e MSR, em que a inoculação promoveu incrementos nas plantas, quando comparadas com as plantas não inoculadas. As plantas não inoculadas sofreram danos na fluorescência da clorofila a e nas trocas gasosas do nível salino S₂. Já para as plantas inoculadas, os danos causados no aparato fotossintético e na fluorescência ocorreram a partir do nível S₄, com influência positiva da inoculação. A inoculação com o *Azospirillum brasiliense* promoveu incremento de 3% no índice SPAD. E o TRA e o EE foram afetados negativamente com o aumento da Salinidade.

PALAVRAS CHAVES: *Azospirillum brasiliense*, Irrigação, Salinidade.

VASCONCELOS, G. N. **Cultivation of inoculated maize (*Zea mays*) submitted to saline stress**. 2021. 76p. Dissertation (Master in Agricultural Engineering). Federal University of Campina Grande, Center for Technology and Natural Resources. Campina Grande, PB.

ABSTRACT

Maize has as an important factor the nitrogen (N) content necessary for its growth and combating the effects of water and saline stress. One way to partially replace the use of nitrogen fertilizers is through Biological Nitrogen Fixation (BNF), with the inoculation of atmospheric nitrogen-fixing bacteria. The objective of the research was to evaluate the mitigating effect of the inoculation of corn subjected to saline stress with *Azospirillum brasiliense* corn on the deleterious effects. -92, in the laboratory, and then experiment in a greenhouse, in a completely randomized design (DIC) with a 2x5 factorial scheme with 5 replications, corresponding treatments: Inoculation or not of corn seeds, and five levels of ECa (0.4; 1.1; 1.8; 2.5; 3.2 dSm⁻¹). The growth analyzes performed at 30 and 60 days after sowing (DAS) were: Plant Height (AP), Leaf Area (AF), Number of Leaves (NF), Stem Diameter (DC). The Dry Mass of Stem (MSC), Leaves (MSF) and Roots (MSR) were performed at the end of the cycle. Analyzes of Gas Exchange, Chlorophyll a Fluorescence, SPAD Index, Relative Water Content (TRA) and Electrolyte Leakage (EE) were performed at 80 DAS. The association of Inoculation and Salinity had no effect on the germination of corn seedlings. Increasing irrigation water levels negatively affected AF (30 DAS), DC (30 and 60 DAS) and MSF. The interaction of the Factors Inoculation x Salinity showed effects on AP (30 and 60 DAS) and AF (60 DAS), MSC and MSR, where the inoculation promoted increments in the plants, when compared with the non-inoculated plants. Non-inoculated plants suffered damage to chlorophyll a fluorescence and gas exchange at saline level S2. As for the inoculated plants, the damage caused to the photosynthetic apparatus and fluorescence occurs from the S4 level, with a positive influence of inoculation being verified. Inoculation with *Azospirillum brasiliense* promoted a 3% increase in the SPAD index. TRA and EE were negatively affected by increasing Salinity.

KEY WORDS: *Azospirillum brasiliense*, Irrigation, Salinity.

1. INTRODUÇÃO

A cultura do milho é uma das cadeias mais importantes mundialmente, tanto do ponto de vista econômico como social, além de estar inserida de forma indispensável na estrutura da cadeia produtiva do agronegócio brasileiro. Sobre o assunto, Contini et al. (2019) afirmam que, além da relevância no aspecto de segurança alimentar, na alimentação humana e, em especial, animal, é possível produzir com o milho uma infinidade de produtos, tais como, combustíveis, bebidas, polímeros e etc.

A safra brasileira 2018/2019 teve um crescimento de 23,9% em relação à anterior, totalizando uma produção de 99,984 milhões de toneladas, segundo o levantamento feito pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2019). O estudo relatou também, o aumento de 5% da área plantada no território nacional.

Segundo a FAO (2015), no ano de 2050, a população mundial será de 9 bilhões de habitantes, e isso resultará em uma demanda maior de alimentos, algo estimado em torno de 60% para atender o setor alimentício.

Nesse âmbito, a agricultura brasileira se destaca entre as maiores do mundo e representa uma fonte de alimentos e de matéria-prima para muitos países (Delgado & Bergamasco, 2017). Essas sucessivas quebras de recordes nas safras brasileiras demonstram a importância do agronegócio para a economia nacional. Nesse setor, a agricultura irrigada cresce em taxas elevadas. Os sistemas irrigados, por exemplo, permitem a produção de três safras por ano (safra, safrinha e safra de inverno) e apresentam enormes vantagens comparativas com os cultivos de sequeiro (Guimarães & Landau, 2015).

No entanto, existem fatores limitantes que prejudicam a produção agrícola, impedindo que esses números sejam ainda maiores. Os principais problemas enfrentados pela agricultura no Brasil são: solos degradados, inférteis, variabilidade climática resultando em limitação pluviométrica, desertificação, salinidade do solo e da água, etc. Para Castro & Santos (2020), a salinidade dos solos é um dos problemas que mais contribui para degradação dos solos das regiões susceptíveis a desertificação.

O processo de salinização, por sua vez, envolve a concentração de sais solúveis na solução do solo e resulta na formação dos solos salinos, provenientes da acumulação de sais solúveis de Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ nos horizontes do solo. Os principais sais encontrados são: cloretos e sulfatos de Na^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} , sendo que, os carbonatos e nitratos em quantidades reduzidas (Pedrotti et al., 2015). Segundo Pereira et al. (2019), a salinidade pode afetar as plantas de

diversas maneiras, provocando estresse hídrico, toxicidade iônica, distúrbios nutricionais, estresse oxidativo, alterações nos processos metabólicos, entre outros.

Nesse contexto, o nitrogênio se destaca como um dos nutrientes mais significativos para as plantas, pois, desempenha função estrutural e faz parte de diversos compostos orgânicos vitais para o vegetal, como aminoácidos, proteínas, prolina, entre outros, elevando a capacidade de ajustamento osmótico das plantas à salinidade e aumentando a resistência das culturas ao estresse hídrico e salino (Oliveira et al, 2014; Parida & Das, 2005).

No Brasil, a fonte mais empregada de nitrogênio ainda é a ureia, principalmente, por apresentar maior concentração de nitrogênio por quilograma de produto. No entanto, é a fonte que pode ser mais facilmente perdida por volatilização da amônia (N-NH₃) como resultado da baixa eficiência de uso pelas culturas (Galindo et al. 2018; Cui et al. 2010; Linquist et al. 2013; Abalos et al. 2014)

Sobre o assunto, Spolaor et al. (2016), destacam entre as alternativas existentes para aumentar a eficiência do uso de fertilizantes químicos, podendo levar à diminuição da quantidade aplicada em ambientes de produção agrícola, o uso de inoculantes que contêm bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCV). E a Embrapa (2015), afirma que bactérias benéficas à cultura do milho, como o *Azospirillum brasiliense*, podem trazer ganhos consistentes para o agricultor sem a necessidade de grandes investimentos com fertilizantes químicos, particularmente, os nitrogenados.

Diversos estudos confirmam a influência positiva do *Azospirillum brasiliense* na cultura do milho. No experimento de Mazzuchelli, Sossai e Araújo (2014), constatou-se um aumento de 21,9% na produtividade com o uso de *A. brasiliense*. E também pesquisas conduzidas pela Embrapa soja em Londrina-PR e pela Embrapa Milho e Sorgo em Sete Lagoas-MG, revelam que pode haver uma redução de até 25% no uso de fertilizantes.

Atualmente, existem estudos que comprovam o efeito satisfatório da inoculação do *Azospirillum* na produtividade do milho. Contudo, há poucas pesquisas sobre a ação dessa inoculação em cultivos de milho irrigado com água salina. Dessa forma, surge a necessidade de estudos sobre o possível efeito atenuante da inoculação no milho submetido ao estresse salino.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar o efeito da inoculação da bactéria *Azospirillum brasiliense* na cultura do milho (NS-92 VT PRO) como atenuante do estresse salino quando cultivado com crescentes níveis de

condutividade elétricas da água de irrigação, durante as fases de germinação e crescimento, e sob seus parâmetros fisiológicos.

2.2 Específicos

- Determinar a Porcentagem de Germinação (G) e o Índice de Velocidade de Germinação (IV) das sementes da cultivar de milho NS- 92, durante a fase de germinação, dentro do tratamento T1 (sem inoculação) e do tratamento T2 (inoculadas *Azospirillum brasiliense*) e irrigadas com diferentes níveis de condutividade elétrica de água de irrigação;
- Avaliar e comparar os parâmetros de crescimento da cultivar de milho NS-92, dentro do tratamento T1 (sem inoculação) e do tratamento T2 (inoculado com inoculação *Azospirillum brasiliense*) quando irrigadas com diferentes níveis de condutividade elétrica de água de irrigação;
- Avaliar e comparar as respostas fisiológicas através da fluorescência da clorofila a, Índice SPAD e as de trocas gasosas da cultivar de milho NS-92, dentro do tratamento T1 (sem inoculação) e do tratamento T2 (inoculado com inoculação *Azospirillum brasiliense*) quando irrigadas com diferentes níveis de condutividade elétrica de água de irrigação.

2. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Aspectos gerais da cultura do Milho.

O milho (*Zea mays L.*) é uma gramínea anual, originária da região que hoje é compreendida como sul do México e norte da Guatemala. É conhecido mundialmente por ser um cereal com alto valor nutritivo, presente na alimentação humana e na ração animal (Kluge, 2016).

Sua importância econômica está relacionada as várias formas possíveis de utilização, por causa da sua composição química e seu alto valor nutricional, ou mesmo para usos industriais e energéticos. No campo das indústrias, pode ser aplicado na produção de alimentos básicos (fubás, farinhas, canjicas e óleos) ou de produtos mais elaborados, na produção de balas, gomas e doces, aromas, essências, sopas desidratadas, produtos achocolatados, corantes, refrigerantes, cervejas, molhos etc. Ultrapassando a fronteira alimentícia, os amidos industriais derivados do milho podem ser usados na produção de papelão, adesivos e fitas gomadas. E energeticamente, o etanol produzido a partir do milho também tem importância global (Kleinschmitt, 2018)

O milho é uma planta C4 de alta exigência nutricional, a qual é baseada na aplicação de fertilizantes nitrogenados. É uma monocotiledônea de caule delgado, que pode chegar a dois

metros de altura. Seu fruto é cilíndrico, com grãos de tamanho médio inseridos em fileiras no sabugo, formando espigas e revestidos por um pericarpo (Embrapa, 2011).

O *Zea mays L.* por ser uma planta de metabolismo C4, apresenta uma alta capacidade de aproveitamento da luz e CO₂ durante o processo fotossintético, sendo este responsável pela maior produção de matéria seca (MS) no grão, aproximadamente 90 % de MS. Seu estágio vegetativo inicia-se após a emergência da plântula e se encerra com a emissão do pendão, aproximadamente de 8 a 10 semanas, assim após o pendoamento a planta cessa seu crescimento e por quatro dias libera as espigas para a fecundação cruzada (Rocha, 2019).

A produção do milho no Brasil se caracteriza pela divisão da produção em duas épocas de plantio. O plantio de verão ou primeira safra, que é na época tradicional, durante o período chuvoso, que varia entre fins de agosto na região sul, até os meses de outubro e novembro no Sudeste e Centro-Oeste (no Nordeste esse período ocorre no início do ano). O plantio de milho safrinha refere-se ao milho de sequeiro, plantado de fevereiro a março (Silva, 2014). No entanto, as maiores limitações para o seu cultivo na região nordeste estão relacionadas com a baixa disponibilidade de água de boa qualidade durante seu ciclo.

Os números publicados 10º Levantamento da Safra de Grãos 2018/2019, pela Companhia de Abastecimento Nacional (CONAB), apontam uma produtividade de grãos no país de 6% superior aos 227,6 milhões de toneladas colhidas na última safra de grãos, sendo o milho o principal destaque. Embora a produção do cereal primeira safra deva atingir 26,2 milhões de toneladas - uma redução de 2,1%, a produção do milho segunda safra deve atingir uma produção recorde de 73,1 milhões de toneladas. Resultado que, se confirmado, significará um acréscimo de 35,6% em comparação à safra de 2017/18.

3.2 A importância do Nitrogênio para a cultura do milho

A assimilação do nitrogênio é um processo vital que controla o crescimento e o desenvolvimento das plantas e tem efeitos marcantes sobre a fitomassa e a produtividade final das culturas (Toledo et al., 2010; Lam et al., 1996).

Para que possa expressar todo seu potencial produtivo, a cultura do milho necessita que suas exigências nutricionais sejam plenamente atendidas, em razão da considerável quantidade de nutrientes extraída do solo. Dentre os nutrientes minerais, o nitrogênio (N) é o mais exigido pela cultura (Raasch et al., 2016). Segundo Ferreira et al. (2019), a cultura do milho necessita incorporar cerca de 25kg/há de nitrogênio para produzir uma tonelada de grãos.

As exigências de N variam consideravelmente com os diferentes estádios de desenvolvimento da planta, sendo mínimas nos estádios iniciais, aumentando com a elevação

da taxa de crescimento e alcançando um pico durante o florescimento até o início da formação dos grãos. Além do seu efeito sobre a produtividade, o N interfere em diversas outras características da planta relacionadas ao crescimento e desenvolvimento, as quais direta ou indiretamente, afetam a produtividade da cultura (Okumura et al., 2011).

O N é o nutriente mineral que exerce maior influência na produtividade de grãos e também o que mais onera o custo de produção (Silva et al., 2005). Ele é fundamental para o estabelecimento e a duração da área foliar, bem como para a formação das espigas (Sangoi et al., 2015).

Os sintomas visuais de sua deficiência no milho são tipicamente o aparecimento de folhas amareladas no baixeiro das plantas - ou seja, clorose da ponta para a base em forma de 'V', seguida de secamento, começando na ponta das folhas mais velhas e progredindo ao longo da nervura principal. Entretanto, quando esses sintomas são percebidos, normalmente as plantas já estão num grau de deficiência severa e a produtividade já foi afetada. (Resende & Shiratsuchi, 2016).

É importante salientar que, geralmente, os solos brasileiros não são bons fornecedores de N, por isso, é necessária a aplicação da adubação nitrogenada nas culturas agrícolas mais exigentes. Contudo, a eficiência da adubação depende, dentre outros fatores, das condições climáticas, do tipo de solo e da capacidade de extração de nutrientes pelas plantas durante o cultivo (Raasch et al., 2016). Atualmente, se faz a adubação nitrogenada na cultura do milho em duas etapas; a primeira na semeadura em que se fornece uma parte da dose de N e a segunda etapa quando a planta apresentar o estágio V4 até V8, aplicando-se o restante (Mortate et al., 2018).

3.3 Fixação Biológica do Nitrogênio (FBN)

O nitrogênio (N) é o elemento químico mais abundante da atmosfera, se encontra predominantemente como nitrogênio molecular (N_2) (Rodrigues et al., 2017). Apesar disso, é o nutriente mais limitante ao crescimento das plantas. Isso ocorre porque o N_2 não pode ser usado 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. (2010) explicam que, as plantas podem obter o N necessário ao seu crescimento a partir de quatro fontes, a citar: 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).

Os fertilizantes nitrogenados como fontes de N se encontram, em grande parte, na forma amídica, amoniacal e/ou nítrica. Dessa forma, possuem diferentes níveis de eficiência, em função das rotas de absorção pelas plantas e das perdas para o sistema (volatilização e lixiviação) (Ferrari et al., 2016).

O fertilizante nitrogenado mais buscado no Brasil e no mundo é a ureia, pela sua elevada concentração de nitrogênio (N) que, reduz o custo de transporte além possuir alta solubilidade e facilidade de mistura com outras fontes. No entanto, ela possui elevada suscetibilidade à volatilização de amônia (NH₃), um tipo de perda que é mais intensificada em países de regiões tropicais, como o Brasil, onde há predomínio de altas temperaturas na maior parte do ano (Frazão et al., 2014). Além disso, o seu manejo incorreto é o que mais interfere na produtividade e mais onera no custo de produção (Kappes et al., 2012).

Sobre o assunto, Arantes et al. (2017) destacam que, a fixação biológica de nitrogênio é uma fonte alternativa desse nutriente, processo que ocorre por micro-organismos capazes de fixar o N₂, sendo ao lado da fotossíntese um dos processos naturais mais importantes do planeta.

A FBN é feita 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, 2018).

A presença de um complexo enzimático apropriado (denominado nitrogenase), capaz de reduzir o N₂ a NH₃, é que permite que os micro-organismos diazotróficos sejam capazes de realizar a FBN (Silva, 2015).

Dentre os micro-organismos fixadores de N encontrados em associações com gramíneas, as espécies do gênero *Azospirillum* constituem um dos grupos mais estudados. Assim, estudos sobre o potencial uso dessa bactéria em promover o crescimento de plantas de milho quando em associação com a adubação nitrogenada devem ser conduzidos permitindo uma melhor eficiência no uso dessa tecnologia (Morais et al., 2015).

3.4 Gênero *Azospirillum brasiliense*

Em razão da alta demanda da cultura do milho em nitrogênio e à importância do nutriente para se atingir bons níveis de produtividade, torna-se importante a busca de mecanismos que possam maximizar o uso e a assimilação de N pelas plantas. Sendo assim, a inoculação com microrganismos capazes de fixar nitrogênio atmosférico em gramíneas pode ser uma boa alternativa, apesar de não substituir por completo a aplicação de N via fertilizantes. A bactéria *Azospirillum brasiliense* é uma bactéria de vida livre no solo, que apresenta capacidade de

fixação biológica de nitrogênio associativa com as plantas (Cadore et al., 2016). Ela promove o crescimento das plantas através da fixação de nitrogênio, produção de fitormônios, melhoria geral do crescimento radicular e aumento da absorção de minerais e água, solubilização de fosfato, entre outros mecanismos propostos (Cardozo, 2017).

O maior desenvolvimento das raízes pela inoculação com *A. brasiliense* pode implicar em vários outros efeitos, pois há evidências de incrementos na absorção da água e minerais, maior tolerância a estresses como salinidade e seca, o que resulta em uma planta mais tolerante (Glitz et al., 2017). 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. E Camilo et al. (2017), observaram o ganho de produtividade de milho de até 17% , e que o uso da inoculação *Azospirillum* pode ser considerado como uma alternativa de sustentabilidade econômica e ambiental.

3.5 Efeitos do estresse salino na cultura do Milho.

Segundo Schossler et al. (2012), a salinidade pode ser definida como a situação de excesso de sais solúveis, sódio trocável ou ambos em horizontes ou camadas superficiais, afetando o desenvolvimento vegetal.

A salinidade e a sodicidade são condições do solo que ocorrem, principalmente, nas regiões áridas e semiáridas do mundo. A precipitação pluviométrica limitada nessas regiões associada à baixa atividade bioclimática, menor grau de intemperização, a drenagem deficiente e água de má qualidade, conduzem à formação de solos com alta concentração de sais. Por outro lado, o excesso de sais, os altos teores de sódio trocável, o alto pH, as propriedades físicas indesejáveis e a reduzida disponibilidade de nutrientes limitam o desenvolvimento das culturas em tais solos. Nesse cenário, as culturas desenvolvidas, invariavelmente, sofrem desordens nutricionais (Holanda et al., 2017).

A resposta das plantas à salinidade acontece em duas fases distintas. A primeira é rápida, pois ocorre imediatamente após o contato com a salinidade, chamada fase osmótica, em que o sal atinge as raízes diminuindo o potencial osmótico da relação solo-planta, com conseqüente, redução do crescimento da parte aérea pela falta de água. A segunda fase, que ocorre lentamente, é a fase iônica, quando o sal atinge a parte aérea da planta em altas concentrações causando toxicidade e, nesse caso, se a velocidade da toxicidade e morte foliar forem maiores

que a produção de novas folhas, a fotossíntese é prejudicada e, com isso, a produção de carboidratos, o que ocasionará a redução do crescimento e produtividade (Chiconato, 2016).

De acordo com Ayres & Westcoat (1999), o milho (*Zea mays L.*), é uma cultura moderadamente sensível a salinidade, sendo mais sensível ao estresse salino no período vegetativo e mais tolerância na época de floração, apresentando salinidade limiar da água de 1,1 dS m⁻¹ e do solo de 1,7 dS m⁻¹.

Vários trabalhos reportam os efeitos deletérios do estresse salino sobre o crescimento do milho. A exemplo de Neto et al. (2016) analisando a qualidade fisiológicas de sementes de milho de quatro cultivares (P3844H, 30F53YH, AL-Bandeirantes e Crioula) sob estresse salino, concluíram que, o aumento do nível salino reduziu a germinação total, especialmente, das cultivares P3844H e AL-Bandeirantes que se mostraram mais sensíveis a salinidade. Já a cultivar 30f53YHfoi a mais tolerante em todas as variáveis analisadas no estudo.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.2 Localização dos Experimentos.

Os experimentos foram desenvolvidos no período de outubro de 2019 a março de 2020, na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus I, Campina Grande, coordenadas 7° 13' 51" Sul, 35° 52' 54" Oeste, e altura média de 550m (Figura 1). Segundo a Classificação de Koppen, o tipo de clima encontrado é As', correspondendo a quente e úmido, com chuva de outono-inverno.



Figura 1. Localização do experimento na Universidade Federal de Campina Grande- UFCG, (Campus I), Campina Grande, 2019.

O teste de germinação e vigor de sementes feito no Laboratório de Fisiologia Vegetal da Universidade Federal de Campina Grande- UFCG, campus I, no período de 16 a 30 de outubro de 2019. Já o Experimento de Campo em ambiente protegido na Universidade Federal de Campina Grande -PB, Campus I, pertencente ao Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN). O período de Condução do Experimento foi de 5 de dezembro de 2019 à 17 de março de 2020.

4.3 Descrição da Cultivar Utilizada nos experimentos.

Foram escolhidas sementes híbridas de milho da cultivar NS-92 VT PRO adquiridas juntamente ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Mato Grosso – IFMT.

A linha VT PRO possui 3 gerações, é resistente a lepidópteros (pragas de milho), fornecendo o controle da broca-do-colmo e a supressão da lagarta-do-cartuxo e da lagarta-da-espiga. A tecnologia usada tem potencial para a redução do uso de inseticidas para o controle de pragas, o que promove outros benefícios ambientais indiretos, associados ao menor uso de compostos químicos na lavoura.

4.4 Inoculação das Sementes com *Azospirillum brasilense*.

As sementes foram inoculadas com *Azospirillum brasilense* contendo as estirpes Ab- V5 e Ab- V6 (Figura 2 A e B), cedidas pela Total Biotecnologia e Indústria e Comércio, Curitiba – Pr.



Figura 2 (A) e (B)- Azo Total- Inoculante com *Azospirillum brasilense*.Ab V-5 e Ab V-6.

A dosagem aplicada foi a recomendada pelo fabricante, que é de 100mL do inoculante para um total de 60000 sementes. Para o teste de germinação e vigor de sementes e para o

experimento de campo, a dosagem foi ajustada de acordo com a quantidade de sementes para as respectivas realizações.

A metodologia indicada pela empresa para a inoculação das sementes consta em misturá-las à substância até que todas sejam envolvidas por uma camada uniforme de inoculante (Figura 3). Todo o processo de inoculação ocorreu no Laboratório de Fisiologia Vegetal (LFV-UFCG), para o teste de germinação e vigor das sementes, bem como para a semeadura do experimento em casa de vegetação.



Figura 3: Inoculação das Sementes com *Azospirillum brasiliense*.

4.4 Preparo e Manejo das Águas Salinas para irrigação.

As águas salinas para a irrigação dos experimentos foram preparadas a partir da Condutividade Elétrica da Água de Abastecimento da Cidade de Campina Grande. Uma amostra foi coletada e levada ao Laboratório de Irrigação e Drenagem, localizado na Universidade Federal de Campina Grande- LEID/UFCG, e feita a leitura da condutividade elétrica através de um condutivímetro de bancada, o qual marcou o valor de $0,4 \text{ dSm}^{-1}$. A Tabela 1 refere-se aos níveis salinos para a irrigação no experimento.

Tabela 1: Níveis crescentes de Condutividade Elétrica das Águas de Irrigação S₁ (0,4dSm⁻¹); S₂ (1,1dSm⁻¹); S₃ (1,8dSm⁻¹); S₄ (2,5dSm⁻¹); S₅ (3,2dSm⁻¹) utilizada nos experimentos de teste de germinação e experimento em casa de vegetação

Tratamento	CEa (dS m ⁻¹)
S ₁	0,4
S ₂	1,1
S ₃	1,8
S ₄	2,5
S ₅	3,2

O tratamento S₁ (0,4 dSm⁻¹) foi chamado de Testemunha, pois não houve adições de sais. Já o tratamento S₂ (1,1 dSm⁻¹), corresponde a salinidade limiar para a cultura do milho, conforme determinada pela literatura, com o nível máximo de sal tolerado pela cultura. Os demais níveis salinos foram estabelecidos obedecendo a diferença entre os valores de condutividade elétrica entre os tratamentos S₁ e S₂, resultando em um acréscimo de 0,7dSm⁻¹, entre os níveis salinos superiores.

Os níveis de condutividade elétrica (1,1; 1,8; 2,5 e 3,2 dSm⁻¹) foram formulados dissolvendo os sais NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂.6H₂O (Cloreto de Sódio e Cloreto de Magnésio, respectivamente), na proporção equivalente de 7:2:1 entre Na:Ca:Mg, na água de abastecimento (0,4 dSm⁻¹). Essa proporção entre os sais é a mais comumente encontrada nas águas do semiárido Nordeste. E a quantificação dos sais seguiu a metodologia proposta por Richards (1954) através da Equação 1.

$$\text{Sal(g)} = ((\text{Fator} \times \text{Vol} \times \text{PS}) \times \text{CE}_f - \text{CE}_i) / 1000 \quad (1)$$

Em que:

Fator = Número determinado pela Metodologia (NaCl = 585; CaCl₂= 685; MgCl₂= 1015)

Vol= Volume de água a ser preparado;

PS: Proporção de cada Sal;

CE_f= Condutividade Elétrica a qual deseja-se obter;

CE_i= Condutividade Elétrica inicial da água utilizada.

Os cálculos para determinação das quantidades em gramas (g) dos sais para os níveis salinos S₂, S₃, S₄ e S₅, foram realizados no software Excel, a partir da Equação 1, e os valores descritos na Tabela 2.

Tabela 2: Quantificação dos Sais sais NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂.6H₂O (Cloreto de Sódio e Cloreto de Magnésio) utilizados para alcançar os crescentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação S₂ (1,1dSm⁻¹); S₃ (1,8dSm⁻¹); S₄ (2,5dSm⁻¹); S₅ (3,2dSm⁻¹), utilizada nos experimentos de teste de germinação e experimento em casa de vegetação

Sal	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅
NaCl,	51,59g	143,32g	214,98g	286,65g
CaCl ₂ .2H ₂ O	17,26g	47,95g	71,92g	95,9g
MgCl ₂ .6H ₂ O	12,78g	35,52	53,28g	71,05g

Os sais foram pesados em balanças de precisão, separados e identificados para os respectivos níveis salinos. Em seguida, foram adicionados em água de abastecimento para dissolução para atingir a condutividade elétrica desejada (Figura 6 B). Para o processo foram necessárias quatro bombonas plásticas para armazenar as águas dos sais S₂, S₃, S₄ e S₅, com capacidade de 250 litros, com exceção da bombona que armazenou a água salina S₂, que possuía capacidade para 180 litros.

4.4 Teste de Germinação e Vigor de Sementes

O teste de germinação e vigor Sementes seguiu as Regras de Análises de Sementes, desenvolvido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2009). O esquema fatorial do teste de germinação foi 2x3 com três repetições, sendo os fatores: 2 tratamentos com Inoculação: T1 (sem inoculação) e T2 (com a inoculação da bactéria *Azospirillum brasiliense*) e 3 de condutividade elétrica na água de irrigação (S₁ = 0,4 dSm⁻¹, S₂ = 1,1 dSm⁻¹ e S₃= 3,2 dSm⁻¹).

O Papel Germiteste foi usado para a germinação das sementes. Para cada repetição três folhas do papel, as quais foram umedecidas com as respectivas soluções salinas a uma proporção de 2.5x ao peso do total de folhas. Para cada repetição, 25 sementes da cultivar NS-92 VT PRO (Figura 4), totalizando 750 sementes, correspondendo 375 do tratamento T1 (não inoculadas) e 375 do tratamento T2 (inoculadas com o *Azospirillum brasiliense*).

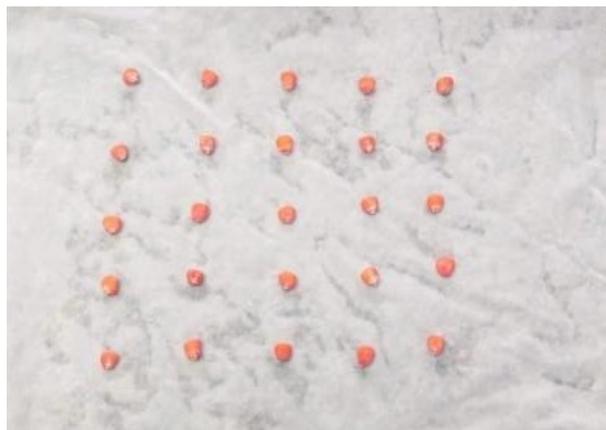


Figura 4: Sementes da cultivar NS-92 VT PRO distribuídas no papel Germiteste.

Para a inoculação das sementes foi necessário o ajuste da dosagem recomendada pelo fabricante para atender proporcionalmente, as sementes do teste. Ao final dos cálculos, a dosagem do inoculante para as 375 sementes do tratamento T2 foi de 6,25ml

As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, depois devidamente dobradas, bem fechadas e identificadas, e por último, colocadas em estufas incubadoras BOD reguladas com temperatura de 30°C. A escolha da temperatura foi baseada na temperatura média do semiárido Paraibano. Os registros das contagens foram avaliados diariamente até os 15 após a semeadura.

4.5 Experimento em casa de vegetação.

4.5.1 Delineamento Experimental.

O experimento foi desenvolvido em delineamento inteiramente casualizado (DIC) com esquema fatorial duplo, 2x5 com cinco repetições totalizando 50 unidades experimentais. Os fatores foram compostos pelos Tratamentos: T1 (sem inoculação das sementes com a bactéria *Azospirillum brasiliense*), e T2 (com a inoculação das sementes com a bactéria *Azospirillum brasiliense*) 5 níveis de condutividade elétrica da água de irrigação ($S_1 = 0,4 \text{ dS m}^{-1}$; $S_2 = 1,1 \text{ dS m}^{-1}$; $S_3 = 1,8 \text{ dS m}^{-1}$; $S_4 = 2,5 \text{ dS m}^{-1}$ e $S_5 = 3,2 \text{ dS m}^{-1}$) propostos a partir da diferença entre a condutividade elétrica da água de abastecimento e a condutividade elétrica da salinidade limiar da cultura do Milho.

4.5.2 Inoculação das sementes e Semeadura.

Foram semeadas 3 sementes para garantir a germinação das parcelas dos tratamentos, sendo necessárias 150 sementes ao todo, correspondendo 75 sementes do tratamento T1, ou seja, sem a inoculação, e 75 sementes do tratamento T2, com inoculação com *Azospirillum brasiliense*.

Também foi preciso realizar o ajuste da dosagem do inoculante para as sementes no tratamento T2, com 1,25ml do inoculante, para atender a dosagem necessitada. As sementes foram inoculadas com *Azospirillum brasiliense* contendo as estirpes Ab- V5 e Ab- V6. O processo se deu no Laboratório de Fisiologia Vegetal- LFV/UFCG, e logo em seguida, a semeadura.

4.5.3 Tratos Culturais.

O espaçamento adotado seguiu as práticas de redução de 80cm para 50cm entre as linhas do milho e entre plantas. Essa redução busca melhorar o aproveitamento da área, além de favorecer o aproveitamento da radiação, a umidade do solo e dificultando o desenvolvimento das plantas daninhas. Boiago et al. (2017) realizaram um estudo, comparando dois espaçamentos entrelinhas diferentes (45 e 80cm) em cinco híbridos de milho, e houve aumento significativo da produtividade ao reduzir o espaçamento para 45cm.

As plantas foram cultivadas em recipientes plásticos (vasos) de polietilenos com capacidade de 20l. Em cada base dos vasos uma camada de brita e uma manta geotêxtil, juntamente com uma mangueira transparente de 4mm de diâmetro e um recipiente plástico de garrafa pet com capacidade de 2l, com o objetivo de desobstruir e facilitar a drenagem da água, bem como coletar o volume total de água que foi drenado (Figura 5).



Figura 5. Implantação dos drenos e manta geotêxtil nos vasos para drenagem da água

Para análise química e física o solo escolhido foi levado ao Laboratório de Solos do Departamento de Solos e Engenharia Rural do Centro de ciências agrárias, localizado na Universidade Federal da Paraíba (CCA UFPB), campus II, na cidade de Areia –PB.

A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos através das análises química e fertilidade do solo.

Tabela 3. Análise das propriedades físicas do solo utilizado no experimento.

pH	P	S-SO ₄ ⁻²	K ⁺	Na ⁺	H ⁺ + Al ³⁺	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	CTC	M.O	
H ₂ O (1:2,5)	---	mg/dm ³	---	-----cmol./dm ³ -----								g/kg-----
5,1	2,91	-	32,01	0,04	7,46	0,90	1,40	1,37	2,89	10,35	16,24	

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

O pH do solo necessitou de correção por apresentar o valor de 5,1, sendo classificado como Solo Ácido e impróprio para um bom desenvolvimento e crescimento das plantas. Segundo Barros & Calado (2014), o milho prefere solos de textura mediana, de franco a franco-limoso no horizonte superficial (A) e tolera pH entre 5 a 8, no entanto, solos de pH 5 podem apresentar teores de alumínio e ferro que são tóxicos para as plantas. Para que a cultura atinja a sua produção potencial, corrigir a acidez é de extrema importância, pelos efeitos que provoca na neutralização do alumínio e do manganês que são elementos tóxicos. A Embrapa (2012) afirma que, a cultura do milho se desenvolve melhor em solos fracamente ácidos ou neutros.

O método escolhido para a correção do solo foi a Calagem, que segundo Guarconi (2017), é a técnica mais adequada e econômica para corrigir a acidez dos solos, elevando seu pH, reduzindo a toxidez de elementos químicos como o Al³⁺ e aumentando diretamente os teores no solo dos nutrientes Ca²⁺ e Mg²⁺. O autor ainda explica que a calagem, que nada mais é do que a ação de aplicar calcário ao solo, seja de forma incorporada ou em superfície, melhora, como consequência da redução na acidez, suas características químicas e propriedades, aumentando a disponibilidade de nitrogênio, de fósforo e de potássio, a CTC efetiva (t), a atividade de microrganismos e a colonização micorriza.

A determinação da quantidade de calcário necessária por vaso foi calculada através do critério da saturação por bases, proposta por Cattani & Gallo (1955) e discutida detalhadamente por Raij et al. (1983). Esse método tem seu princípio de recomendação baseado na relação existente entre a saturação por bases (V) e a acidez ativa dos solos. A Equação 2 aplicada para determinar a recomendação da calagem por vaso.

$$NC = (Ve - Va) T/100 \quad (2)$$

Em que:

NC = necessidade de calagem em toneladas por hectare (t.ha⁻¹);

VE = saturação por bases desejada, em %;

VA = saturação por bases atual, em %;

T = CTC a pH 7,0;

f = fator de correção do PRNT do calcário, $f = 100/\text{PRNT}$.

Após os cálculos de acordo com as informações da análise de solo, determinou-se uma proporção de 42 gramas de calcário por vaso. Aproximadamente 1000 kg de solo proveniente do município de Lagoa Seca. Para correção utilizou-se o Calcário Calcítico com maior concentração de óxido de cálcio (CaO) e baixo teor de óxido de magnésio (MgO). Antes de cada vaso ser preenchido com o volume de solo, foi feito o processo de destorroamento e peneiramento para homogeneizar as partículas do solo para ser possível retirar as possíveis impurezas do solo. A calagem foi aplicada em cada vaso adicionando as 42 gramas de calcário. Em seguida, foi feita uma irrigação até o solo atingir a capacidade de campo, para que ocorra a reação do calcário com a água e neutralize o pH do solo.

Os vasos foram cobertos com sacos plásticos para evitar a perda de água do solo por evaporação, mantendo assim, por mais tempo a umidade do solo e intensificando a reação do produto. O período de correção do pH do solo foi de 30 dias com mantendo uma irrigação a cada 4 dias (Figura 6).



Figura 6: Correção do pH do solo e manutenção da umidade

Ao final desse período, foi verificado o pH de uma amostra de solo com um valor de 6,7, faixa que responde satisfatoriamente para a cultura do milho, por apresentar acidez fraca, chegando próximo a um solo neutro.

Através da análise física se chegou na classe textural e a curva de retenção de água do solo em questão (Tabela 4).

Tabela 4: Análise das propriedades químicas e determinação da curva de retenção do solo utilizado no experimento.

Areia	Silte	Argila	Densidade do solo < 0,002 mm	Densidade de partícula	Porosidade total	UMIDADE					CLASSE TEXTURAL			
						0,1	0,03	0,10	0,30	0,50	1,00	1,50		
2 - 0,05 Mpa	0,05 - 0,002 mm													
----- g/kg	----- g/cm3	----- g/cm3	----- m3 /m3	----- g/kg	----- g/kg	----- g/kg	----- g/kg	----- g/kg	----- g/kg	----- g/kg	----- g/kg	----- g/kg	----- g/kg	----- g/kg
686	118	196	-	-	-	164	109	100	95	93	90	81	Franco Arenosa	

É de extrema importância o conhecimento das diferentes proporções das partículas do solo para a determinação do manejo do solo, além de influenciar diretamente sobre a movimentação de água no solo, aeração, entre outros fatores.

Através da análise física, o solo foi classificado com Franco Arenoso, contendo em maioria partículas de areia (68,6%), seguidas de partículas de argilas (19,6%) e silte (18%). Martins et al. (2016), em seu estudo com a cultura do milho, aplicando bioestimulantes em sementes cultivadas em solos de diferentes texturas, concluíram que, solo de textura predominantemente arenosa proporciona maior desenvolvimento inicial das plantas de milho quando comparado ao de textura muito argilosa em vasos. Isso deve-se ao fato da capacidade de retenção de água no solo de cada classe textural. Solos arenosos possuem a menor capacidade de retenção de água, por possuírem poros maiores e espaçados entre si, permitindo o fluxo de água entre eles, porém, em comparação aos solos muito argilosos, a movimentação da água fica comprometida, devido aos seus poros muito pequenos e irregulares, que ocasionam lento movimento de ar e água no solo, comprometendo o desenvolvimento das plantas.

A curva de retenção determinou a estimativa da disponibilidade de água no solo para as plantas. Através dela foi possível saber a quantidade máxima de armazenamento de água (capacidade de campo “CC”), o armazenamento mínimo de água (ponto de murcha permanente “PMP”) e também o ponto de Saturação do solo. Esses resultados foram obtidos após a amostra de solo ser submetida a tensões de 0,1; 0,03; 0,10; 0,30; 0,50; 1,00 e 1,50 MPa.

A umidade para a capacidade de campo na tensão de 0,30MPa foi de 95g/Kg de solo, convertendo para mL, 95mL/kg. A capacidade do vaso foi de 18kg de solo, portanto, a quantidade de água necessária para que o solo contido no vaso atinja a sua capacidade de campo é de 1710 mL ou 1,7L

4.5.4 Manejo de Adubação.

Após a correção do solo foi feita adubação com NPK conforme a recomendação de adubação para ensaios em vasos, proposta por Novais et al. (1991), que indicam que, a cada kg de solo, adiciona-se 100, 300, 150 mg de nitrogênio, fósforo e potássio, para atender as demandas desses nutrientes, ajustando esses valores para gramas, respectivamente, 0,1g de nitrogênio, 0,3g de fósforo e 0,15g de potássio. Por fim, a proporção necessária para a capacidade de 18kg de solo em cada vaso, é de 1,8g de N, 5,4g de P e 2,7g de K.

A fonte nitrogenada usada foi a Ureia, contendo 46% de Nitrogênio em sua constituição, isso implica que, em 1g de Ureia contém 0,46g de nitrogênio. Logo, para obter 1,8g do nutriente, 3,6g de Ureia por vaso, para atender a demanda necessária. A adubação nitrogenada foi parcelada em 3 aplicações (1/3), cada uma com a dosagem de 1,2g de ureia: A primeira, chamada adubação de fundação antes da semeadura, a segunda na fase de crescimento 20 DAS e a última, na fase de floração.

A fonte de fósforo foi o Superfosfato Simples, que contém 20% de P₂O₅. Logo, para atender a demanda de 5,4g Fósforo, foram 27g de P₂O₅, por vaso. O adubo possui forma granular que dificultaria o processo de absorção do nutriente. Por isso, ocorreu o processo de trituração do nutriente para diminuir o tamanho das partículas, transformando-os em pó, facilitando assim, a reação do superfosfato com a água, com isso, a absorção do nutriente.

A fonte Potássio foi o Cloreto de Potássio (KCl), que contém 58% de K₂O (Óxido de Potássio). Para atingir os 2,7g de K utilizou-se 4,65g do composto por vaso. Após a adubação, foi realizada uma irrigação levando o solo a capacidade de campo (CC), e aguardou-se um período de cinco dias para semeadura.

4.6 Variáveis Analisadas.

4.6.1 Variáveis de Germinação

- **Porcentagem de germinação (G)**, que corresponde a porcentagem de plântulas normais obtidas aos 14 dias após a semeadura através da Equação 3 (Laboriau & Valadares, 1976).

$$G = \left(\frac{N}{A}\right) \times 100 \quad (3)$$

Em que:

G= Porcentagem de Germinação;

N= Número de sementes germinadas;

A= Número total de sementes colocadas para germinar.

- **Índice de velocidade de germinação (IVG)**, determinada através da Equação 4 (Maguire, 1962).

$$IVG = \left(\frac{G1}{N1}\right) + \left(\frac{G2}{N2}\right) + \dots + \left(\frac{Gn}{Nn}\right) \quad (4)$$

Em que:

IVG= Índice de Velocidade de Germinação;

G1, G2, Gn = Número de sementes/plântulas germinadas da primeira à última contagem;

N1, N2, Nn = Número de dias de semeadura da primeira à última contagem.

4.6.2 Variáveis de Crescimento

As análises de crescimento transcorreram aos 30 DAS e aos 60 DAS, sendo coletado dados das variáveis:

- **Altura de Planta:** A altura da Planta calculada com uma trena métrica a partir da medição da base da planta rente ao nível do solo até o pendão.
- **Diâmetro do Caule:** O diâmetro do Caule medido através de um Paquímetro Digital, logo após o segundo nó presente no caule do milho.
- **Área Foliar:** A área foliar pela expressão (Equação 5), proposta por Tollenaar (1992)

$$AF = C \times L \times 0,75 \quad (5)$$

Em que:

AF= Área Foliar (cm²);

C= Comprimento da Folha (cm);

L= Largura da Folha (cm);

0,75= Fator de Correção para folhas de milho por elas não apresentarem formato retangular.

- **Massa Seca Folhas, Colmo e Raízes:** O material foi colocado em sacos de papel e acondicionado em estufa a 72 °C por 72 horas, e após esse período uma nova pesagem do material para obtenção da massa seca da folha (MSF); massa seca do caule (MSC) e massa seca total (MST), sendo os resultados expressos em gramas por planta (Silva et al., 2016).

4.5.1 Variáveis fisiológicas

Foram avaliados aos 80 DAS, as seguintes variáveis fisiológicas:

- **Trocas Gasosas:** A avaliação das trocas Gasosas ocorreu com um analisador de gás infravermelho – IRGA (Infra Red Gás Analyser, modelo LCpro – SD, da ADC Bioscientific, UK.), para obtenção de dados referentes a condutância estomática (gs) (mol m⁻²s⁻¹), Transpiração (E) (mmol de H₂O m⁻² s⁻¹), Fotossíntese Líquida (A) (μmol m⁻² s⁻¹) e concentração interna de CO₂ (Ci) (μmol mol⁻¹).

A partir da coleta desses dados, foi possível quantificar, indiretamente, as seguintes informações através das Equações 5 e 6.

- **Eficiência do uso da água (EUA)**

$$EUA = \frac{E}{A} \quad [(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})^{-1}] \quad (5)$$

Em que: E= Transpiração

A= Fotossíntese Líquida

- Eficiência instantânea de carboxilação (EiC)

$$EiC = \frac{A}{C_i} \quad [(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\mu\text{mol mol}^{-1})^{-1}] \quad (6)$$

Em que: A= Taxa de assimilação de CO₂.

C_i= Concentração interna de CO₂,

- **Fluorescência da clorofila a:** Por meio do Fluorômetro foram acopladas pinças foliares em folhas para simular a ausência de luz e adaptação das plantas nesse contexto, e após um período de 30 minutos de adaptação ao escuro, foram determinados os parâmetros de Fluorescência Inicial (F₀), Fluorescência Máxima (F_m), Fluorescência Variável (F_v) e Fluorescência Quântica dos fotossistemas (F_v/F_m).

- **Índice SPAD:** Para leitura do teor relativo de clorofila o SPAD 502. As coletas foram feitas em três pontos a cada lado da nervura central da folha, na face adaxial da folha, obtendo-se a média, segundo a metodologia de Marengo & Jesus (2008).

- **Extravasamento de Eletrólitos:** Para a análise do extravasamento de eletrólitos foi necessário um perfurador de cobre para se obter por unidade experimental, cinco discos foliares de área 113 mm² cada, os quais foram lavados e acondicionados em placas de Petri contendo 20 mL de água destilada. Após fechadas, as placas foram acondicionadas à temperatura de 25°, por 90 minutos sendo, em seguida, aferida a condutividade inicial do meio (X_i) usando condutivímetro de bancada. Posteriormente, as placas foram submetidas à temperatura de 80°C, por 90 minutos, em estufa de secagem e após resfriamento do conteúdo aferiu-se a condutividade final (X_f) (Silva et al., 2011).

O extravasamento de eletrólitos foi expresso como a porcentagem de condutividade em relação à condutividade total após o tratamento por 90 minutos a 80° C, de acordo com a Equação 7, proposta por Scotti Campos & Thi (1997).

$$Ee = \left[\left(\frac{X_i}{X_f} \right) \times 100 \right] \quad (7)$$

Em que;

EE= Extravasamento de Eletrólitos na membrana (%);

X_i = Condutividade Elétrica Inicial (dSm^{-1});

X_f = Condutividade Elétrica Final (dSm^{-1}).

• **Teor Relativo de Água (TRA):** Foram retirados 5 discos de uma folha em cada repetição, para pesagem e saber a massa fresca inicial (PF). Em seguida, colocados em um becker contendo água destilada por 24 horas em repouso. Após esse período, foram pesados novamente para obter o peso túrgido (PT) expostos ao ar livre para enxugar a água superficial e seguiram para estufa de ventilação forçada, com temperatura de 75° , por 24 horas, para a determinação do peso seco (PS). Com esses dados, o teor relativo de água foi determinado através da Equação 8, proposta por Barrs e Weatherley (1962):

$$TRA = \frac{PF - PS}{PT - PS} \times 100 \quad (8)$$

Em que:

TRA= Teor Relativo de Água;

PF= Peso Fresco (g);

PS= Peso Seco (g);

PT= Peso Túrgido (g).

4.6 Análise Estatística.

Os dados obtidos nas avaliações foram transcritos para planilhas no Excel 2010 e submetidos a análise de variância e regressão, e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% significância no SISVAR 5.6 (Ferreira, 2014).

5 Resultados e Discussões

5.1 Teste de Germinação

A porcentagem de Germinação e o Índice de Velocidade de Germinação não foram afetadas significativamente em nenhum dos tratamentos (Tabela 5). A germinação para os tratamentos estudados aproximou-se de 100%, sendo 98,66% para a testemunha, 99,28% para a dosagem recomendada pelo fabricante, indicando resultados excelentes para a emergência das plântulas. Os resultados obtidos, apontam que, para o estágio inicial de germinação das plântulas de milho, tanto a inoculação, quanto os níveis de salinidade da água de irrigação não interferiram nos parâmetros.

Tabela 5: Resumo da Análise de Variância referente a Porcentagem de Germinação (G) e Índice de Velocidade de Germinação (IVG) das sementes da Cultivar NS-92 VT PRO de milho, quando submetidos aos Tratamentos T1 (sem inoculação) e T2 (inoculação com *Azospirillum brasiliense*) e submetidas a crescentes níveis de condutividade elétrica (CE) S₁ (0,4 dSm⁻¹), S₂ (1,1dSm⁻¹) e S₃ (3,2dSm⁻¹).

ANAVA – Emergência e Vigor			
Fator de Variação	GL	G	IVG
Inoculação (I)	1	0.9204 ns	0.5823 ns
Salinidade (S)	4	0.3595 ns	0.3595 ns
IxS	4	0.3416 ns	0.3416 ns
CV(%)		2.69	2.75

cv – Coeficiente de Variação; ns – não significativo.

Os pesquisadores Dartora et al. (2013), encontraram resultados semelhantes aos da pesquisa apresentada, relacionados ao efeito do *Azospirillum brasiliense* no crescimento inicial de plântulas de milho, pois não houve diferença estatística nem interação entre os fatores para a porcentagem de germinação. Já Conus et al. (2009), estudando a germinação e vigor de plântulas de milho submetidos ao estresse salino induzido pelos diferentes sais para a porcentagem de germinação, não verificou resposta significativa para a germinação em nenhum dos fatores avaliados, sendo observado porcentagem de germinação da ordem de 90,8, 91,6 e 92,3% para NaCl, CaCl₂ e KCl, respectivamente. E Neto et al. (2016), avaliando a qualidade fisiológica de sementes de milho sob condições de estresse salino, determinaram que a porcentagem de germinação não foi alterada pelo aumento nas concentrações de NaCl, mas o índice de velocidade de germinação foi reduzido devido ao aumento da concentração.

5.2 Experimento em casa de vegetação

5.2.1 Variáveis de Crescimento

Na Tabela 6, é possível observar o efeito isolado do fator Inoculação com *Azospirillum brasiliense*, a nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$) para as variáveis Altura de Planta (AP) e Área Foliar (AF) aos 60 DAS. E que houve efeito significativo isolado ($p < 0,05$) do fator Salinidade, para todas as variáveis em estudo, exceto, o Número de Folhas aos 60DAS. Com relação ao desdobramento da interação dos fatores IXS, ou seja, Inoculação dentro dos cinco níveis de Condutividade Elétrica (CE) e vice-versa, houve efeito significativo nas variáveis de Altura de Planta (AP) aos 30 e 60 DAS, e na Área Foliar (AF) aos 60 DAS.

Tabela 6- Análise de Variância das variáveis Altura de Planta (AP), Área Foliar (AF), Número de Folhas (NF) e Diâmetro de Colmo (DC), aos 30 e 60 DAS, das plantas de milho submetidas aos tratamentos T1 (sem inoculação) e T2 (inoculadas com *Azospirillum brasiliense*) e irrigadas com a crescentes níveis de Condutividade Elétrica da água S₁ (0,4dSm⁻¹); S₂ (1,1dSm⁻¹); S₃ (1,8dSm⁻¹); S₄ (2,5dSm⁻¹); S₅ (3,2dSm⁻¹).

ANAVA- Crescimento									
F. Variação	GL	AP 30	AP 60	AF 30	AF 60	NF 30	NF 60	DC 30	DC 60
Inoculação (I)	1	0.0000*	0.0000*	0.4557*	0.0000*	0.3842 ^{ns}	0.1167 ^{ns}	0.9087 ^{ns}	0.6879 ^{ns}
Salinidade (S)	4	0.0000*	0.0000*	0.0000*	0.0000*	0.0022*	0.1883 ^{ns}	0.0036*	0.0000*
IxS	4	0.0000*	0.0000*	0.1445 ^{ns}	0.0000*	0.2452 ^{ns}	0.3504 ^{ns}	0.6194 ^{ns}	0.3518 ^{ns}
CV(%)		4.07	0.45	4.80	1.38	10.48	5.52	9.32	3.99

GL – grau de liberdade; ^{ns} não significativo; ** significativo a nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo a nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$) pelo teste F; CV= coeficiente de variância

Pela Figura 7 sabe-se o desdobramento da interação dos fatores Inoculação X Salinidade sob a variável Altura de Planta (AP) aos 30 DAS (A) e 60 DAS (B). E que o incremento da Condutividade Elétrica da água (CEa) favoreceu o decréscimo da altura da planta de milho. Comparando as plantas de milho sem a inoculação e com a inoculação do *Azospirillum brasiliense*, as plantas que receberam a dosagem do inoculante, apresentam superioridade de altura das plantas em relação as que não receberam.

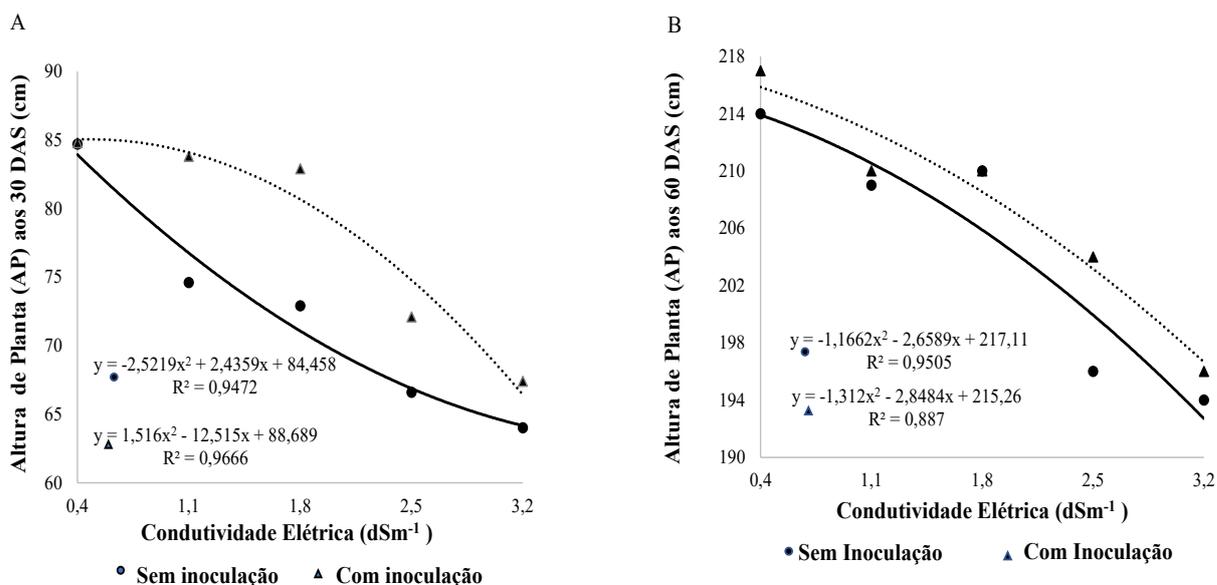


Figura 7: Altura de Planta (AP) do milho em função do desdobramento entre a Inoculação com *Azospirillum brasiliense*: T1 (sem inoculação) e T2 (com inoculação) e os crescentes níveis de

condutividade elétrica da água de irrigação: S₁ (0,4dSm⁻¹), S₂ (1,1 dSm⁻¹), S₃ (1,8dSm⁻¹), S₄ (2,5dSm⁻¹) e S₅ (3,2dSm⁻¹), aos 30 DAS (A) e 60 DAS (B).

Para o tratamento T1 (Sem Inoculação) aos 30 DAS, ocorreu uma diminuição de 8,4% entre os níveis S₁ (0,4 dSm⁻¹) e S₂ (1,1 dSm⁻¹) 18,6% na altura das plantas com o aumento da condutividade elétrica da água, e de 18,6% quando comparado os valores registrados entre os níveis S₁ (0,4 dSm⁻¹) e S₅ (3,2 dSm⁻¹). Já aos 60 DAS, a tendência de redução da altura das plantas com o aumento da salinidade continuou, porém de forma menos acentuada, registrando uma queda de 8,5% na altura da planta, entre os níveis S₁ (0,4 dSm⁻¹) e S₅ (3,2 dSm⁻¹). Segundo Oliveira et al. (2014), as plantas em estresse salino limitam o seu crescimento, pois, a pressão osmótica do meio aumenta com a presença dos sais e, conseqüentemente, haverá uma redução da água disponível para o vegetal, afetando a divisão celular e o alongamento das células.

Para o tratamento T2 (com inoculação) aos 30DAS, observa-se ainda na Figura 7 (A) comportamento semelhante de redução de altura de planta (AP) com o incremento da condutividade elétrica da água de irrigação. Mas, foi constatado que para as plantas inoculadas, valores de AP superiores em relação às plantas do tratamento sem inoculação. A maior média de altura de planta (204 cm) foi registrada nas plantas inoculadas irrigadas com CEa de 2,5 dSm⁻¹ (S₄). Em contrapartida, as plantas não inoculadas e irrigadas sob a mesma condição de condutividade elétrica registraram média de altura de planta de 196 cm. Segundo Silva et al. (2008); Oliveira et al. (2010), isso ocorre, devido a capacidade de o nitrogênio atenuar o efeito da salinidade, ajustando o potencial osmótico das plantas e aumentar a resistência das culturas ao estresse salino

Moreira & Valadão (2019), em seu estudo com milho utilizando o *Azospirillum brasiliense*, constataram que, o inoculante aplicado no sulco de semeadura estimulou o crescimento das plantas porque as bactérias do gênero possuem elevada capacidade de produção do ácido indolilacético, o qual desempenha papel importante na promoção do crescimento das plantas. Martins et al. (2018), avaliando a interação entre inoculação de *Azospirillum brasiliense* e doses de fertilizante nitrogenado em milho, observaram que, mesmo sem a aplicação do nitrogênio, ou seja, as plantas submetidas somente à aplicação do *A. brasiliense* (testemunha) apresentaram um incremento de 22.4% em altura.

Pela Figura 8, observa-se o efeito isolado do fator Salinidade (S) sobre o diâmetro do colmo aos 30 DAS (A) e 60 DAS (B). O aumento da condutividade elétrica da água de irrigação provocou uma redução linear do crescimento do diâmetro do caule, aos 30 DAS, e uma redução quadrática, aos 60 DAS, das plantas de milho. Quando comparados o nível de salinidade do

tratamento S₁ (0,4 dSm⁻¹) com o tratamento S₅ (3,2 dSm⁻¹) notou-se uma redução de 12,2%, aos 30 DAS (Figura 8 A) e de 8,5 % do diâmetro do colmo das plantas em relação as irrigadas com o menor nível salino (S₁) e o maior nível salino (S₅), cuja médias foram de: 20,3 mm e 17,8 mm (30 DAS); e 21,14 mm e 19,34 mm, respectivamente.

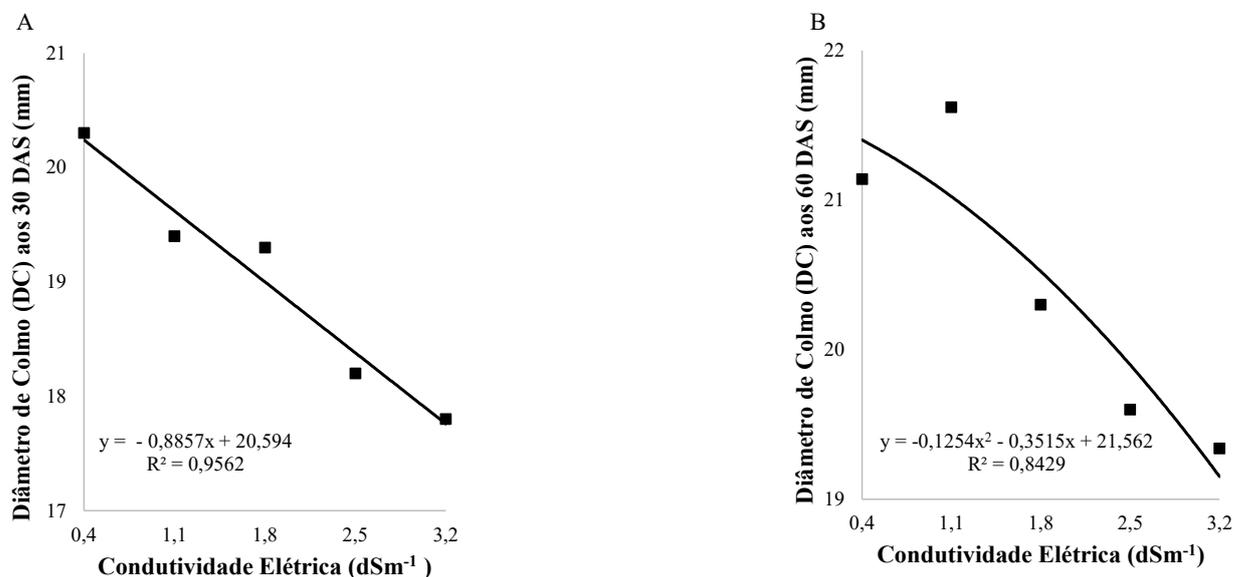


Figura 8:Diâmetro de Colmo (AP) do milho em função do efeito isolado dos crescentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação S₁ (0,4dSm⁻¹), S₂ (1,1 dSm⁻¹), S₃ (1,8dSm⁻¹), S₄ (2,5dSm⁻¹) e S₅ (3,2dSm⁻¹), aos 30 DAS (A) e 60 DAS (B).

Segundo Moraes, Amaral & Nunes (2018), o diâmetro do Colmo (DC) é uma das características fitotécnica que mais se relaciona com o percentual de acamamento e quebraimento de plantas de milho. Souza et al. (2014), por exemplo, identificaram em estudo com milho doce e milho pipoca, uma redução de 15,7% quando irrigados com água de maior salinidade (CEa = 4,5 dS m⁻¹). De forma semelhante Oliveira et al. (2009) constataram uma diminuição de 20,5% do diâmetro do colmo do milho, quando irrigado com água de CEa = 5 dS m⁻¹. Os estudos mencionados corroboram com os resultados encontrados na presente pesquisa, em relação ao decréscimo do diâmetro do colmo (DC) com o aumento dos níveis de condutividade elétrica da água de irrigação.

Para a variável Área Foliar, houve efeito significativo do fator isolado Salinidade (S), aos 30 DAS. O aumento da condutividade elétrica (CEa) da água de irrigação, promoveu um decréscimo quadrático do comprimento e largura das folhas, resultando em um menor desenvolvimento do limbo foliar, e em consequência, uma menor área foliar com o aumento do estresse salino. Souza et al. (2014), estudando as cultivares de milho doce e milho de pipoca

irrigadas com água salina, concluíram que, no desenvolvimento inicial das duas cultivares, a área foliar foi muito afetada com o aumento da salinidade.

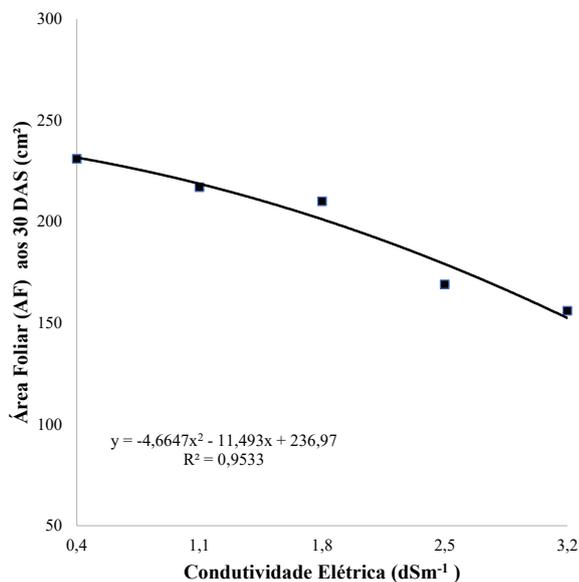


Figura 9: Área Foliar (AF) do milho em função do efeito isolado dos crescentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação S₁ (0,4dSm⁻¹), S₂ (1,1 dSm⁻¹), S₃ (1,8dSm⁻¹), S₄ (2,5dSm⁻¹) e S₅ (3,2dSm⁻¹), aos 30 DAS.

O desdobramento da interação entre os fatores Inoculação X Salinidade da variável Área Foliar (AF), aos 60 DAS, está representado na Figura 10, com redução na AF das plantas dos dois tratamentos (T1) e (T2) com o aumento da Condutividade Elétrica (CEa) da água de irrigação. Apesar dos efeitos deletérios do estresse salino, as plantas do tratamento T2 (inoculadas com *Azospirillum brasiliense*), tiveram valores superiores de AF em relação as plantas do tratamento T1.

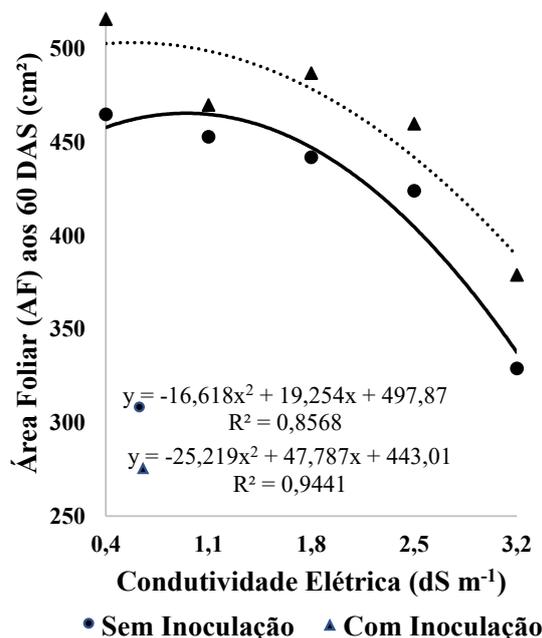


Figura 10: Área Foliar (AF) do milho em função do desdobramento entre a Inoculação com *Azospirillum brasiliense*: T1 (sem inoculação) e T2 (com inoculação) e os crescentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação: S₁ (0,4dSm⁻¹), S₂ (1,1 dSm⁻¹), S₃ (1,8dSm⁻¹), S₄ (2,5dSm⁻¹) e S₅ (3,2dSm⁻¹), aos 30 DAS (A) e 60 DAS (B).

As médias observadas de área foliar para as plantas dos tratamentos T1 e T2 dentro dos cinco níveis de condutividade elétrica (S₁, S₂, S₃, S₄ e S₅) foram: 465 e 516 cm²; 435 e 470 cm²; 442 e 487 cm²; 424 e 460 cm²; 329 e 379 cm², respectivamente. É importante destacar as médias de AF das plantas do tratamento T2S5, com superioridade de 15% em relação às plantas do tratamento T1S5. Taiz & Zeiger (2009) afirmam que, o aumento da pressão osmótica do solo torna-o mais negativo que a pressão osmótica da planta, impossibilitando a absorção de água pelas raízes e afetando a sua divisão celular e alongamento das células, sendo a redução da Área Foliar um mecanismo de defesa da planta visando a redução da perda de água pelo processo de transpiração. Segundo Pederson (2013), o enrolamento das folhas é um mecanismo de defesa das plantas quando submetidas a algum tipo de estresse, seja hídrico ou salino, como forma de evitar a perda de água e desidratação. A Figura 11 mostra que o estresse salino provocou o enrolamento das plantas de milho durante a condução do experimento.



Figura 11. Enrolamento das folhas como mecanismos de defesa da planta de milho submetida ao estresse a salino, para evitar a perda de água e a desidratação.

Com base nos dados, houve efeito significativo do fator salinidade da água de irrigação sob a variável Número de folhas por planta (NFP), aos 30 DAS. Na Figura 12, observa-se um comportamento quadrático na redução do número de folhas por planta com o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação. E também as médias de NFP: 9,7 quando irrigadas com os níveis salinos S₁ (0,4 dSm⁻¹), S₂ (1,1 dSm⁻¹) e S₃ (1,8 dSm⁻¹); 8,5 para o nível salino S₄ (2,5 dSm⁻¹) e 8,4 (dSm⁻¹) para o nível salino S₅ (3,2 dSm⁻¹), correspondendo em um decréscimo de 12,1% no número de folhas por plantas, quando comparadas as médias entre os níveis S₁ e S₅.

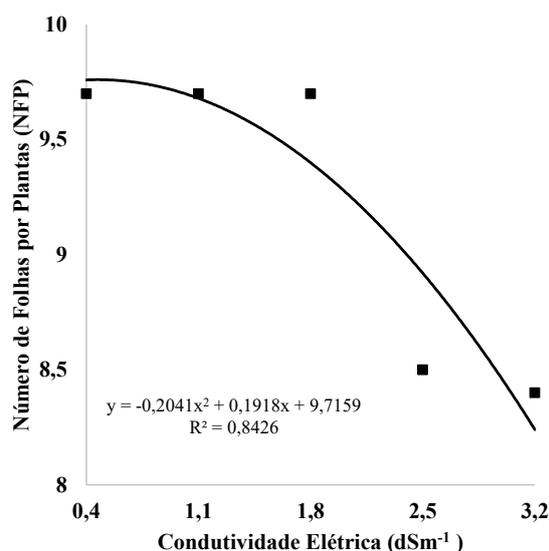


Figura 12- Número de Folhas (NF) do milho em função do efeito isolado dos crescentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação S₁ (0,4dSm⁻¹), S₂ (1,1 dSm⁻¹), S₃ (1,8dSm⁻¹), S₄ (2,5dSm⁻¹) e S₅ (3,2dSm⁻¹), aos 30 DAS.

Segundo Taiz & Zeiger (2009), a redução do número de folhas está relacionada, possivelmente, a um dos mecanismos de adaptação da planta ao estresse salino consistindo no decréscimo da produção da área foliar, do fechamento dos estômatos, da aceleração da senescência e abscisão das folhas limitando não só do tamanho de folhas individuais, mas também do número de folhas.

A Tabela 7 marca que o fator Salinidade (S) apresentou efeito significativo a nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$) sob as variáveis de Massa Seca do Colmo (MSC), Massa das Folhas (MSF) e Massa Seca das Raízes (MSR), e significância para a interação dos fatores Inoculação X Salinidade ($p > 0,05$) sob as variáveis MSC e MSR (Tabela 13).

Tabela 7- Análise de Variância das variáveis Massa Seca do Colmo (MSC), Massa Seca das Folhas (MSF) e Massa Seca das Raízes (MSR) das plantas de milho submetidas aos tratamentos T1 (sem inoculação) e T2 (inoculadas com *Azospirillum brasiliense*) e irrigadas com a crescentes níveis de Condutividade Elétrica da água S₁ (0,4 dSm⁻¹); S₂ (1,1 dSm⁻¹); S₃ (1,8 dSm⁻¹); S₄ (2,5 dSm⁻¹); S₅ (3,2 dSm⁻¹).

ANAVA- Massas Secas do Colmo, Folhas e Raízes				
Fator de Variação	GL	MSC	MSF	MSR
Inoculação (I)	1	0.0328 ^{ns}	0.4586 ^{ns}	0.0002*
Salinidade (S)	4	0.0000*	0.0000*	0.0000*
IxS	4	0.0000*	0.8743 ^{ns}	0.0002*
CV(%)		4.07	3.05	4.80

CV – coeficiente de variação; ns – não significativo; * - significativo a 5% de probabilidade.

O desdobramento da interação dos fatores Inoculação X Salinidade, representado na Figura 13, para a massa seca do colmo (MSC) das plantas do tratamento T2 (inoculadas com o *Azospirillum brasiliense*), registrou um incremento quando comparado com os valores obtidos das plantas do tratamento T1 (testemunha sem inoculante). Segundo Fancelli & Dourado Neto (2000), as plantas de milho têm a capacidade de armazenar fotoassimilados no colmo, que contribuem para o desenvolvimento da cultura, mesmo em condições adversas, corroborando com incremento da MSC e da condutividade elétrica da água.

A Figura 13 mostra aumento da MSC com o crescente níveis da condutividade elétrica da água de irrigação (0,4 dSm⁻¹ ; 1,1 dSm⁻¹ ; 1,8 dSm⁻¹) correspondentes aos níveis salinos S₁, S₂ e S₃, e declínio a partir do nível S₄ seguido do nível S₅ (2,5 dSm⁻¹ e 3,2 dSm⁻¹) para ambos tratamentos.

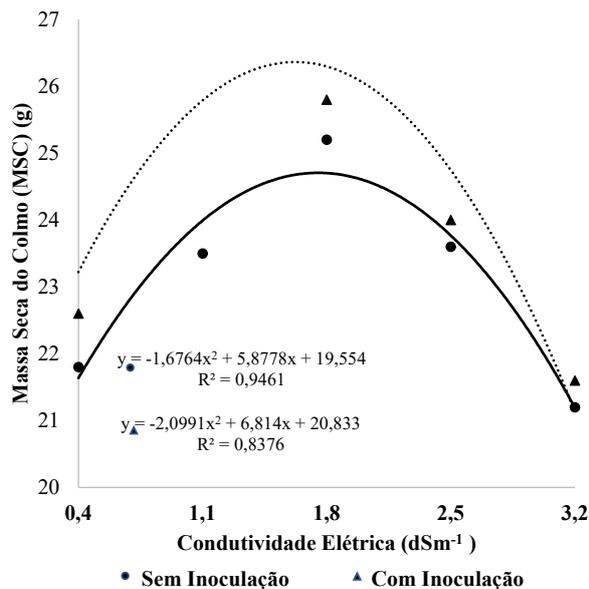


Figura 13. Massa Seca do Colmo (MSC) do milho em função do desdobramento entre a Inoculação com *Azospirillum brasiliense*: T1 (sem inoculação) e T2 (com inoculação) e os crescentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação: S₁ (0,4dSm⁻¹), S₂ (1,1 dSm⁻¹), S₃ (1,8dSm⁻¹), S₄ (2,5dSm⁻¹) e S₅ (3,2dSm⁻¹).

Para as plantas do tratamento T2, incremento de 3,6% em relação as plantas do tratamento T1, irrigadas com o menor nível salino S₁ (0,4 dSm⁻¹), cujas médias da massa seca do Colmo foram 21,8g (T1) e 22,6g (T2). De forma análoga para os demais níveis salinos, houve aumento de 1,3% no nível S₂, 3% no nível S₃, 1,6% no nível S₄ e 1,4% no nível S₅, em relação ao acúmulo de massa seca presente nas plantas que não receberam a inoculação. Quadros et al. (2014), estudando o desempenho agrônômico a campo de híbridos de milho (SH 5050) inoculados com *Azospirillum brasiliense*, perceberam um incremento de na matéria seca da parte aérea (folhas e colmo) de 4,8 tha⁻¹ maior no tratamento com inoculação, em relação ao tratamento controle, o que corrobora com o resultado encontrado nessa pesquisa.

A massa seca das Folhas foi afetada estatisticamente pelo fator Salinidade tendo um acréscimo (Figura 14) de 13,7% com o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação, variando de 41,6g (S₁=0,4 dSm⁻¹) a 46,6g (S₅=3,2 dSm⁻¹). Esse resultado está de acordo com Oliveira (2020), que em seu estudo com a cultura do milho inoculado com *Azospirillum brasiliense* irrigado com água salina, registrou um aumento de 30,2% na massa seca das folhas com o aumento dos níveis salinos água de irrigação.

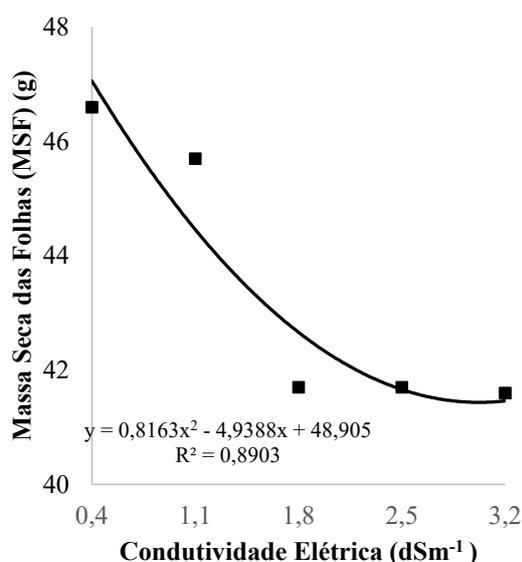


Figura 14: Massa Seca das Folhas (MSF) em função do desdobramento entre a Inoculação com *Azospirillum brasiliense*: T1 (sem inoculação) e T2 (com inoculação) e os crescentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação: S₁ (0,4dSm⁻¹), S₂ (1,1 dSm⁻¹), S₃ (1,8dSm⁻¹), S₄ (2,5dSm⁻¹) e S₅ (3,2dSm⁻¹).

O efeito deletério da salinidade sobre as plantas é conhecido e já foi detectado por vários autores na literatura. Lima et al. (2020), por exemplo, notaram em seu estudo com o milho irrigado em com água salina em diferentes coberturas vegetais, que o aumento da CEa influenciou negativamente a produção da massa seca da parte aérea das plantas quando cultivadas na presença e na ausência da cobertura vegetal, chegando a um decréscimo máximo de 60%.

Os efeitos provenientes da aplicação desta classe de biorregulador têm sido relacionados com incremento no crescimento radicular, diâmetro de colmos, número de fileiras de grãos por espiga e de grãos por fileira, resultando em incrementos de produtividade, conforme citado por Coelho et al. (2017); Dourado Neto et al. (2004), corroborando com os resultados encontrados nessa pesquisa.

Segundo Taiz & Zeiger (2013), a auxina foi o primeiro fitormônio estudado e, com base nele, se iniciaram os estudos de mecanismos de expansão da célula vegetal. Em sua forma natural, o hormônio é conhecido como ácido indol-acético, sendo a mais abundante e de maior relevância fisiológica nas plantas.

Os resultados encontrados nas variáveis massa seca do colmo (MSC) e massa seca das folhas (MSF), alertam para uma possível atenuação promovida pela bactéria do gênero *Azospirillum brasiliense*, que mesmo em estresse ocasionado pelo aumento da condutividade

elétrica da água de irrigação, as plantas conseguiram manter suas atividades de crescimento e fisiológicas mesmo que de maneira mais lenta, até o determinado nível de salinidade S₃ (1,8dS m⁻¹).

A partir do desdobramento entre os tratamentos, T1 e T2, dentro de cada nível salino (Figura 15), verifica-se que a inoculação com bactéria diazotrófica *Azospirillum brasiliense* favoreceu uma elevação na massa seca das raízes (MSR) em relação as plantas que não receberam. Esse aumento representa 3,04%, 22,7%, 4,5%, 34,78%, 34,36% com o respectivo aumento das CEa estudadas. O resultado obtido retrata outra possível mitigação dos efeitos nocivos da salinidade produzidos pelo inoculante. O incremento obtido no sistema radicular das plantas, favorece o crescimento das plantas de milho, devido a maior capacidade de absorção de água e nutrientes pelas raízes.

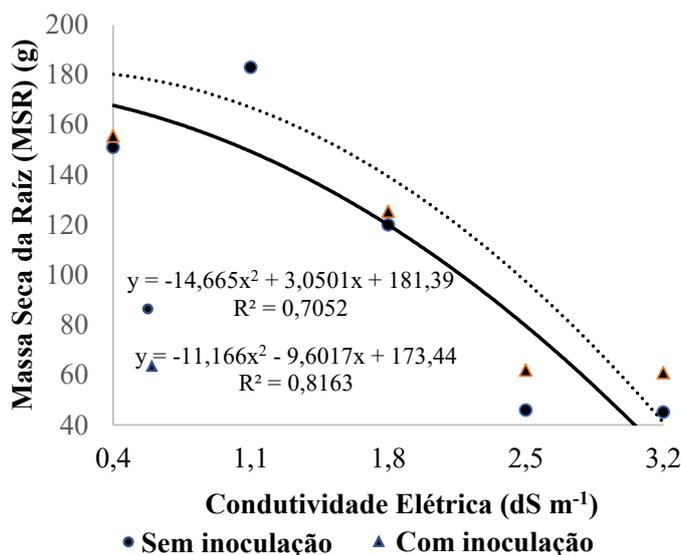


Figura 15: Massa Seca da Raiz (MSR) do milho em função do desdobramento entre a Inoculação com *Azospirillum brasiliense*: T1 (sem inoculação) e T2 (com inoculação) e os crescentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação: S₁ (0,4dSm⁻¹), S₂ (1,1 dSm⁻¹), S₃ (1,8dSm⁻¹), S₄ (2,5dSm⁻¹) e S₅ (3,2dSm⁻¹).

Esse resultado confirma os encontrados por Checchio (2019), em seu estudo analisando a associação entre o *Azospirillum brasiliense* e milho na tolerância ao estresse salino, com um aumento de matéria seca do sistema radicular no tratamento inoculado na presença do sal NaCl, quando comparado ao tratamento nessa mesma condição sem a presença da bactéria. Brito et al. (2021), estudando métodos de inoculação de *Azospirillum brasiliense* e sua influência na promoção de crescimento do milho, concluíram que, plantas de milho inoculadas via sementes responderam significativamente quanto ao volume e massa seca de raiz.

Pandolfo et al. (2015); Tien et al. (1979), enfatizam a importância que o crescimento de raízes, promovido pela inoculação da bactéria *Azospirillum brasiliense*, na maior capacidade de uso de água e nutrientes, sobretudo, em situações de seca ou salinidade. Casanovas et al. (2002), afirmam que a inoculação da bactéria aumenta o volume das raízes e incrementa o conteúdo de água das folhas, mitigando o estresse hídrico das plantas de milho. Corroborando com essa afirmação, Gopalswamy & Vidhy Asekaran (1988) citam que a inoculação favorece o aumento na quantidade de pelos radiculares e na formação e desenvolvimento de numerosas raízes, laterais, primárias e secundárias em plântulas de milho, favorecendo o desenvolvimento da parte aérea das plantas.

5.2.2 Fluorescência da Clorofila a e Índice SPAD

A Tabela 8 apresenta o resumo da Análise de Variância da Fluorescência da Clorofila “a” e Índice SPAD, com efeito isolado significativo a nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$) para fatores Inoculação e Salinidade para a variável Fluorescência inicial (F_0) e Índice SPAD. Com interação significativa ($p < 0,05$) entre os fatores Inoculação X Salinidade para as variáveis de Fluorescência máxima (F_m) e Eficiência Quântica (F_v/F_m) do fotossistema II. Mas, sem nenhum isolado ou desdobramento entre os fatores para a variável Fluorescência variável (F_v).

Tabela 8- Análise de Variância das variáveis de Fluorescência da clorofila a: Fluorescência inicial (F_0), Fluorescência Máxima (F_m), Fluorescência Variável (F_v), Eficiência Quântica do Fotossistema II (F_v/F_m) e Índice SPAD das plantas de milho submetidas aos tratamentos T1 (sem inoculação) e T2 (inoculadas com *Azospirillum brasiliense*) e irrigadas com as crescentes níveis de Condutividade Elétrica da água S_1 (04dSm^{-1}); S_2 ($1,1\text{dSm}^{-1}$); S_3 ($1,8\text{dSm}^{-1}$); S_4 ($2,5\text{dSm}^{-1}$); S_5 ($3,2\text{dSm}^{-1}$).

ANAVA- Fluorescência e Índice SPAD						
Fator de Variação	GL	F_0	F_m	F_v	F_v/F_m	SPAD
Inoculação (I)	1	0.0020*	0.0000*	0.9630 ns	0.0000*	0.0060*
Salinidade (S)	4	0.0000*	0.0000*	0.1292 ns	0.0000*	0.0001*
IxS	4	0.6336 ns	0.0000*	0.6470 ns	0.0000*	0.1211 ns
CV(%)		2.87	6.47	7.52	6.20	4.37

cv – Coeficiente de Variação; ns – não significativo; * - significativo a 5% de probabilidade.

Segundo Capelin et al, (2018); Krausi & Weis (1991), o parâmetro Fluorescência inicial ou mínima (F_0), refere-se a emissão de luz pela molécula de clorofila a, quando esta encontra-se em estado de excitação anterior a dissipação de energia para os centros de reação do PSII,

em uma condição em que todos os aceptores primários de elétrons (Quinona) estejam em estado oxidado.

Analisando isoladamente o efeito do fator Inoculação sob a variável Fluorescência Inicial (F_0), através da Figura 16 (A) percebe-se que a inoculação com a bactéria *Azospirillum brasiliense*, favoreceu um incremento de 4% na F_0 das plantas inoculadas, enquanto o fator Salinidade isoladamente, Figura 16 (B), um incremento de aproximadamente 10% na Fluorescência Inicial (F_0) ao aumentar os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação.

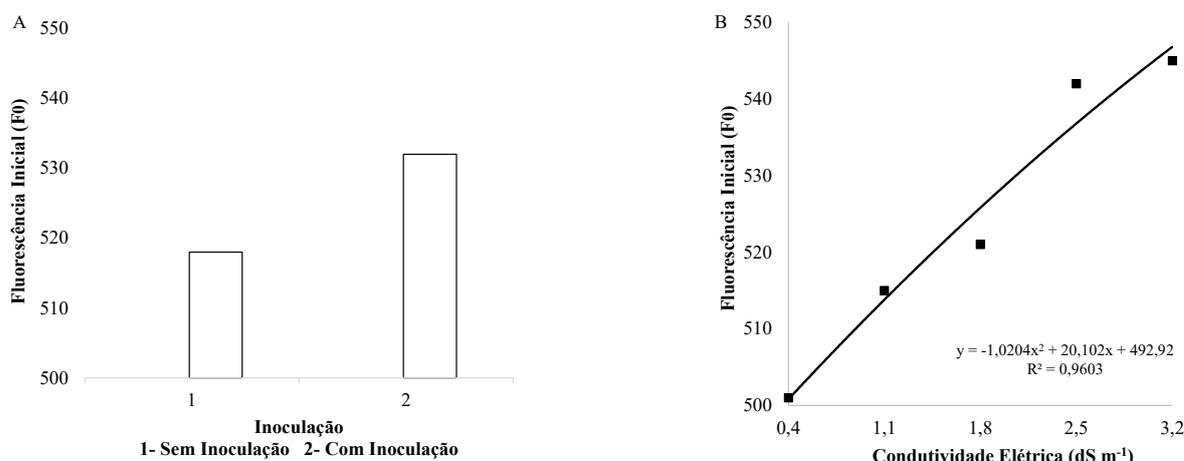


Figura 16. Fluorescência Inicial (F_0) em função do efeito isolado da Inoculação: T1 (sem inoculação) e T2 (com inoculação com *Azospirillum brasiliense*) (A) e em função do efeito isolado dos crescentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação S_1 ($0,4dSm^{-1}$), S_2 ($1,1 dSm^{-1}$), S_3 ($1,8dSm^{-1}$), S_4 ($2,5dSm^{-1}$) e S_5 ($3,2dSm^{-1}$).

Segundo Oliveira et al. (2018); Mehta et al. (2010), o aumento do parâmetro de Fluorescência Inicial indica dano e inativação dos centros de reações do PSII, que é comumente encontrado em plantas sob estresse salino, o que confirma os resultados encontrados na presente pesquisa. Por se tratar da energia potencial ativa no fotossistema, essa redução demonstra a limitação na ativação da cadeia transportadora de elétron, responsável pela geração de energia na forma de ATP e NADPH para o ciclo de Calvin reduzindo a capacidade fotossintética da planta (Lotfi et al., 2020; Silva et al., 2018b). Ao analisar isoladamente os fatores Inoculação e Salinidade, a inoculação da bactéria *Azospirillum* não promoveu ou não evitou os efeitos deletérios dos sais presentes na água de irrigação, se tratando da atividade da clorofila a.

Com relação ao efeito da interação dos fatores Inoculação X Salinidade para a variável Fluorescência máxima (F_m), houve um incremento como mostra a Figura 17 em ambos os tratamentos para as plantas irrigadas com as condutividades elétricas da água de irrigação de

0,4 dS m⁻¹, 1,1 dS m⁻¹ e 1,8 dS m⁻¹, cujas médias foram de 1555, 1572, 1685, respectivamente, para as plantas do tratamento T1, e 1614, 1694 e 1695, para as plantas do tratamento T2. A partir dos níveis salinos S₄ (2,5 dSm⁻¹) e S₅ (3,2 dSm⁻¹), o comportamento foi modificado, com uma redução da fluorescência máxima das plantas, em ambos os tratamentos, cujas médias decresceram para: 1685 e 1616, para o tratamento T1 e 1695 e 1645, para o tratamento T2.

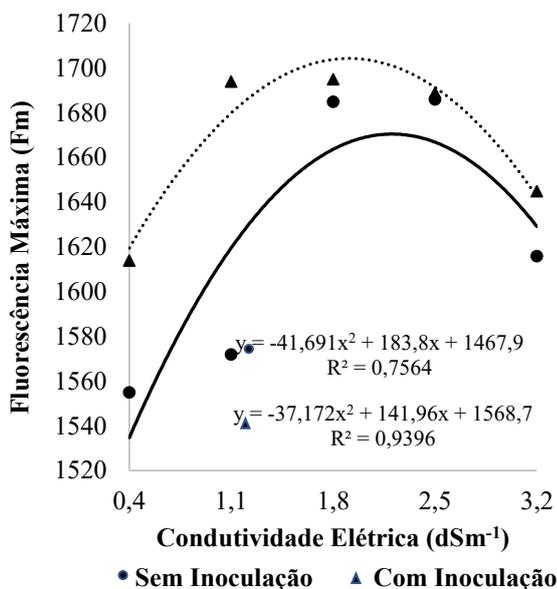


Figura 17: Fluorescência Máxima (Fm) em função do desdobramento entre a Inoculação com *Azospirillum brasiliense*: T1 (sem inoculação) e T2 (com inoculação) e os crescentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação: S₁ (0,4dSm⁻¹), S₂ (1,1 dSm⁻¹), S₃ (1,8dSm⁻¹), S₄ (2,5dSm⁻¹) e S₅ (3,2dSm⁻¹).

Como a variável Fluorescência Máxima está relacionada diretamente com a captação da energia nos centros de reações luminosas, seu aumento pode indicar uma tentativa de compensação do processo fotossintético aos danos causados pela salinidade, aumentando sua atividade para obter maior assimilação de CO₂ (Oliveira et al. (2018); Flowers & Flowers (2005). Os autores Tatagiba et al. (2014) explicam que, em caso de diminuição da variável Fm, acontece uma deficiência na fotorredução da quinona A (QA) e no fluxo de elétrons entre o fotossistemas. Em complemento a essa explicação De Las Rivas & Barber (1997), afirmam que, a perda de atividade do FSII está, provavelmente, associada com a diminuição da capacidade de reoxidação das quinonas, resultando em menor eficiência no transporte de elétrons para o fotossistema I (FSI).

Diante do exposto, o resultado encontrado para a variável Fluorescência máxima (Fm) é satisfatório. A explicação para tal aumento, pode partir do pressuposto da maior absorção de água pelas plantas, podendo ser correlacionado com o aumento da zona radicular das plantas,

em virtude da atuação do *Azospirillum brasiliense*, o que favorece a quebra da molécula de água no processo fotossintético, sucedendo a reposição de elétrons perdidos pela Quinona.

A Figura 18 expõe o desdobramento da interação entre os fatores Inoculação X Salinidade sob a variável eficiência quântica do fotossistema (Fv/Fm). O incremento da condutividade elétrica da água de irrigação promoveu um decréscimo da Fv/Fm, em ambos os tratamentos. É possível observar que, mesmo com esse decréscimo, as médias registradas para as plantas do tratamento T2 (inoculadas com *Azospirillum brasiliense*) foram superiores as médias das plantas do tratamento T1.

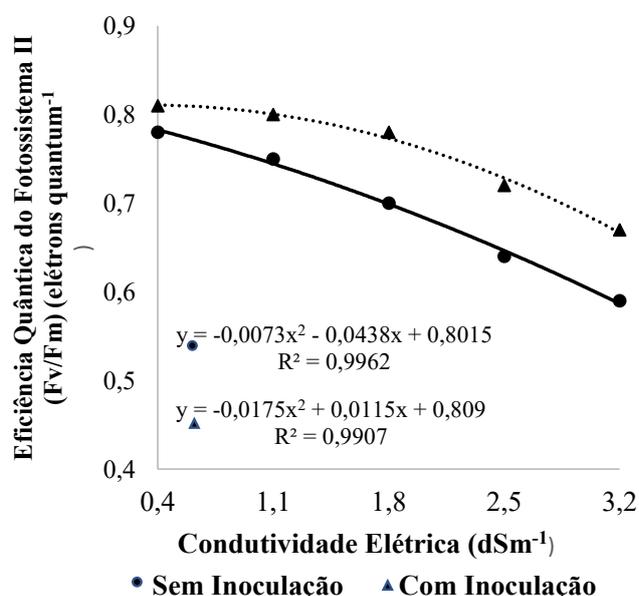


Figura 18: Eficiência Quântica do Fotossistema II do milho em função do desdobramento entre a Inoculação com *Azospirillum brasiliense*: T1 (sem inoculação) e T2 (com inoculação) e os crescentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação: S₁ (0,4dSm⁻¹), S₂ (1,1 dSm⁻¹), S₃ (1,8dSm⁻¹), S₄ (2,5dSm⁻¹) e S₅ (3,2dSm⁻¹).

Os autores Bolhar-Nordenkampf et al. (1989), descrevem a eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm) como um indicador sensível do desempenho fotossintético das plantas, com valores ótimos entre 0,75 e 0,85 elétrons quantum⁻¹ para a maioria das espécies, como os dessa pesquisa.

Partindo dessa referência, as médias observadas (Fv/Fm) para as plantas do tratamento T1 (sem inoculação) foram satisfatórias para os níveis S₁ e S₂ (0,78; 0, e 0,75 elétrons quantum⁻¹), indicando o bom desempenho fotossintético das plantas dentro dos respectivos níveis salinos. Para os demais níveis de condutividade elétrica da água, S₃, S₄ e S₅, as respectivas médias (0,7; 0,64 e 0,59 elétrons quantum⁻¹) estão abaixo do valor de referência, indicando dano ao aparelho fotossintético das plantas quando submetidas ao aumento da salinidade da água de irrigação.

Analisando as médias de Fv/Fm para as plantas do tratamento T2 (inoculadas com *Azospirillum brasiliense*), nota-se valores satisfatórios indicando o bom funcionamento fotossintético das plantas irrigadas com as águas de irrigação S₁, S₂ e S₃ (0,4; 1,1 e 1,8 dSm⁻¹), cujas médias foram de: 0,81; 0,8; 0,78 elétrons quantum⁻¹. Os níveis salinos subsequentes, registraram médias de 0,72 e 0,67 elétrons quantum⁻¹ (S₄ e S₅), respectivamente, indicando danos no aparelho fotossintético das plantas.

Sendo assim, é possível afirmar que, a inoculação com a bactéria *Azospirillum brasiliense*, favoreceu o retardo de danos a eficiência quântica dos fotossistemas das plantas com o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação, promovendo um bom desempenho fotossintético com a CEa de 1,8 dSm⁻¹, quando comparadas com as plantas que não receberam a inoculação, que a partir da CEa dSm⁻¹, já apresentaram danos à eficiência quântica de seus fotossistemas.

São poucos os estudos publicados na literatura sobre o efeito do *Azospirillum brasiliense* na cultura do milho sob o parâmetro de fluorescência da clorofila a. Avaliando esse parâmetro fisiológico na cultura do Sorgo Granífero, pertencente à mesma família do milho, Paiva et al. (2021) observaram diferenças expressivas na eficiência quântica dos fotossistemas promovidas pelos inóculos de *Azospirillum brasiliense* em condições de restrições hídricas.

Os fatores Inoculação e Salinidade apresentaram efeito significativo isolado sob o teor relativo de clorofila determinado através do Índice SPAD. Com relação ao fator Inoculação, as plantas do tratamento T2 (inoculadas com *Azospirillum brasiliense*), apresentaram maior teor de Clorofila em relação as plantas do tratamento T1 (sem inoculação), como mostra Figura 19. A superioridade é de 3% nas plantas inoculadas em relação as plantas não inoculadas, cujas respectivas médias foram de: 27,51 e 28,53. A utilização do índice SPAD está intimamente ligada ao diagnóstico da integridade do processo de fotossíntese das plantas, ou seja, as possíveis alterações no conteúdo de clorofila (Oliveira, 2020). Segundo Xiong et al. (2015), o Índice de SPAD correlaciona o teor de clorofila e a concentração do nitrogênio foliar.

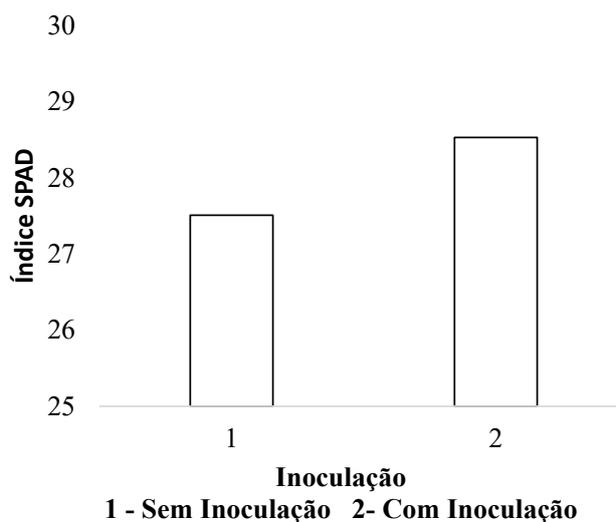


Figura 19. Índice SPAD em função do efeito isolado da Inoculação: T1 (sem inoculação) e T2 (com inoculação com *Azospirillum brasiliense*).

Brito et al. (2021) estudando a influência de diferentes formas de inoculação de *Azospirillum brasiliense* (inoculação via sementes, inoculação via foliar e via semente associado a foliar) na cultura do milho sob os parâmetros morfométricos, concluíram que, as plantas inoculadas via sementes possuem maiores valores de nitrogênio foliares que os demais métodos de inoculação.

Costa et al. (2015) sobre a eficiência da inoculação com *Azospirillum brasiliense* no crescimento e produtividade do milho de segunda safra, notaram através do Índice SPAD aos 60 DAS, que o tratamento com sementes inoculadas apresentou maior teor de clorofila quando comparados com os tratamentos não inoculados. E Quadros et al. (2014), ao analisarem o desempenho agrônômico a campo de híbridos de milho inoculados com *Azospirillum brasiliense*, obtiveram valores de 31,94 para a testemunha, e 34,32 no tratamento inoculado, sendo valores superiores ao encontrados nessa pesquisa.

Tais resultados encontrados são coerentes com o conceito de que o teor de Nitrogênio encontrado nas folhas está relacionado com o teor de clorofila das plantas. Alguns autores como Jordao et al. (2010); Chapman & Barreto (1997) afirmam que a relação entre o teor de nitrogênio e a leitura do índice SPAD é atribuída ao fato de mais de 50% do nitrogênio total das folhas pertencer aos integrantes de compostos do cloroplasto e da clorofila das folhas.

Sobre o fator Salinidade (Figura 20), verifica-se efeito negativo sobre o teor relativo de clorofila com o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação. Com um decréscimo de 17% do índice de SPAD entre o menor nível salino S₁ (0,4 dSm⁻¹) e S₅ (3,2 dSm⁻¹). Os teores

dos constituintes bioquímicos das folhas, como pigmentos fotossintéticos, são reduzidos pela salinidade, sendo esse efeito agravado pela duração e nível de exposição à condição de estresse (Nascimento et al., 2012).

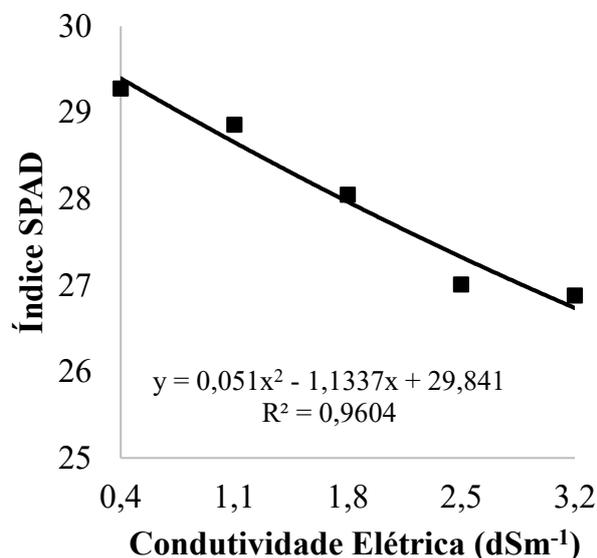


Figura 20. Índice SPAD em função do efeito isolado dos crescentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação S₁ (0,4dSm⁻¹), S₂ (1,1 dSm⁻¹), S₃ (1,8dSm⁻¹), S₄ (2,5dSm⁻¹) e S₅ (3,2dSm⁻¹),

O resultado encontrado corrobora Santos et al; (2019) que apontaram a redução dos valores do índice SPAD nas folhas da cultura do milho com o aumento da salinidade da água de irrigação, registrando uma redução de 17,45% nas plantas submetidas a condutividade elétrica de 6,0 dSm⁻¹. Resultado similar ao de Silva et al. (2017), estudando os efeitos da elevação da salinidade da água de irrigação sob a cultura do Feijão caupi, com a ocorrência da redução do teor de clorofila nas folhas de 13,26%, comparando as médias do menor nível de salinidade para o maior nível salino. (1,2 dSm⁻¹ e 6,0 dSm⁻¹).

5.2.3 Trocas Gasosas

De acordo com a Tabela 9, ocorreu efeito estatístico isolado dos fatores Inoculação (I) e Salinidade (S) a nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$), para a variável Fotossíntese Líquida (A). E significância estatística a nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$) para o desdobramento da interação entre os fatores Inoculação X Salinidade (IXS) para as variáveis de Trocas Gasosas: Condutância Estomática (gs) Transpiração (E) e Concentração Interna de Carbono (Ci).

Tabela 9- Análise de Variância das variáveis de Trocas Gasosas: Condutância Estomática (gs), Transpiração (E), Fotossíntese Líquida (A), Concentração Interna de CO₂ (Ci) das plantas de milho submetidas aos tratamentos T1 (sem inoculação) e T2 (inoculadas com *Azospirillum brasiliense*) e irrigadas com as crescentes níveis de Condutividade Elétrica da água S₁ (04dSm⁻¹); S₂ (1,1dSm⁻¹); S₃ (1,8dSm⁻¹); S₄ (2,5dSm⁻¹); S₅ (3,2dSm⁻¹).

ANAVA- Trocas Gasosas					
Fator de Variação	GL	gs	E	A	Ci
Inoculação (I)	1	0.0000*	0.0000*	0.0076*	0.0000*
Salinidade (S)	4	0.0000*	0.0000*	0.0000*	0.0000*
IxS	4	0.0021*	0.0048*	0.3540 ns	0.0000*
CV(%)		27.47	10.40	10.78	11.28

cv – coeficiente de variação; ns – não significativo; * - significativo a 5% de probabilidade.

De acordo com Oliveira et al. (2004); Mc Dermitt (1990), as plantas, ao absorverem CO₂, inevitavelmente, perdem água pelas folhas. Essa perda de água se dá, principalmente, através dos estômatos, que apresentam mecanismos para controlar o seu grau de abertura. Esse controle é atribuído à condutância estomática foliar, que é frequentemente usada como indicador da deficiência hídrica. A disponibilidade de água afeta o crescimento das plantas, por controlar a abertura dos estômatos e, com isso, a produção de fitomassa.

O parâmetro que representa a condutância estomática foliar é representado pela sigla “gs”. O conhecimento da atuação da condutância estomática é de suma importância para entender o comportamento das demais variáveis ligadas ao processo fotossintético e de transpiração. Autores como Flexas et al. (2006), afirmam que os valores de condutância estomática capazes de limitar as etapas fotoquímica e bioquímica da fotossíntese estão entre 0,05-0,10 molm⁻²s⁻¹.

A Figura 21 apresenta as médias observadas desse parâmetro, através do desdobramento entre os fatores Inoculação X Salinidade. Nas plantas do tratamento T1 (sem inoculação) as médias compreendidas dentro da faixa citada, quando irrigadas com os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação S₂, S₃, S₄ e S₅ cujos valores foram de: 0,065 molm⁻²s⁻¹, 0,06 molm⁻²s⁻¹, 0,047 molm⁻²s⁻¹, 0,042 molm⁻²s⁻¹, respectivamente, indicando limitações no processo fotossintéticos das plantas, por causa do incremento das concentrações de sais na água de irrigação.

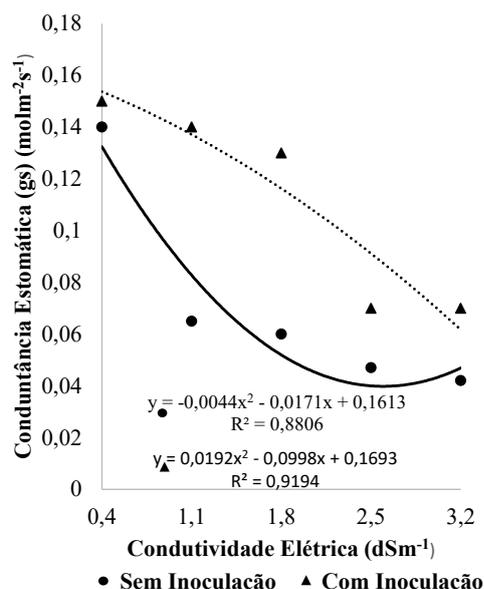


Figura 21: Conduatância estomática (gs) na folha do milho em função do desdobramento entre a Inoculação com *Azospirillum brasiliense*: T1 (sem inoculação) e T2 (com inoculação) e os crescentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação: S₁ (0,4dSm⁻¹), S₂ (1,1 dSm⁻¹), S₃ (1,8dSm⁻¹), S₄ (2,5dSm⁻¹) e S₅ (3,2dSm⁻¹).

A Salinidade causou efeitos deletérios nas plantas que não receberam a inoculação, provando uma redução de 70% na conduatância estomática nas folhas de plantas de milho. Essa redução como explica Garcia et al. (2007); Sultana et al. (1999), é ocasionada pelo fechamento dos estômatos para reduzir a taxa de transpiração, e conseqüentemente, a perda de água da planta, ocasionada pelo estresse salino a que foram submetidas. Os autores ainda explicam que, com o aumento da concentração de sais na solução do solo, o potencial total da água torna-se progressivamente mais baixo, pois o componente osmótico soma-se algebricamente ao matricial e, dessa forma, a água se torna menos disponível às plantas que, como autodefesa, fecham seus estômatos na tentativa de manter a turgescência

Braz et al. (2018) pesquisando os efeitos da adubação nitrogenada na cultura do milho sob estresse salino em dois tipos de solo (Argissolo e Neossolo), encontraram perdas de 40,78% no Argissolo e 36,43% no Neossolo, na conduatância estomática das plantas quando submetidas a CEa= 6,0 dS m⁻¹ em comparação as testemunhas. A explicação estaria pautada na diminuição do fluxo de água na planta em decorrência da alta concentração de sais na zona radicular, o que reduz o potencial osmótico da solução do solo, deixando a água menos disponível para as plantas, provocando estresse hídrico e, assim, o fechamento estomático.

Ainda na Figura 21, a manutenção da atividade estomática para o bom funcionamento das etapas da fotossíntese nas plantas do tratamento T2 (inoculadas com *Azospirillum*

brasiliense) quando irrigadas com os níveis S₁, S₂, S₃ de condutividade elétrica, cujas médias observadas foram: 0,15 molm⁻²s⁻¹, 0,14 molm⁻²s⁻¹ e 0,13 molm⁻²s⁻¹. As limitações as etapas da fotossíntese ocorreram a partir do nível salino S₄ e S₅, cujas médias foram 0,07 molm⁻²s⁻¹ em ambos. A inoculação com o *Azospirillum brasiliense* apresentou resultado satisfatório na variável condutância estomática, retardando a limitação do processo fotossintético com o aumento do nível salino, com a capacidade de mitigar os efeitos deletérios da salinidade da água de irrigação até a condutividade elétrica de 1,8 dSm⁻¹

Para Peres et al. (2020); Skoniesk et al. (2017), o uso do *Azospirillum brasiliense* na cultura do milho pode influenciar nos parâmetros fisiológicos, incrementando o teor de clorofila e melhorando a condutância estomática, o que contribui para o incremento da produção de biomassa, altura das plantas e produtividade. Já Battistus (2019), em estudo com o milho inoculado com *Azospirillum* via pulverização foliar, concluiu que a condutância estomática e transpiração da planta foram incrementadas com a pulverização foliar de *Azospirillum brasiliense*, possibilitando que as plantas de milho apresentassem melhor status hídrico sem afetar a eficiência da fixação de moléculas de carbono em relação à quantidade de moléculas de água transpiradas.

A Figura 22 expõe o desdobramento da interação entre os fatores Inoculação X Salinidade (IXS) sob a variável Transpiração (E), com um decréscimo acentuado para as plantas do tratamento T1 da taxa transpiratória com o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação. Para as plantas do tratamento T2 (inoculadas com *Azospirillum brasiliense*) a redução ocorreu de forma atenuada. Quando comparadas as taxas transpiratórias entre os tratamentos, as plantas que receberam a dose do inoculante tiveram maiores médias de transpiração em relação as que não receberam a bactéria, destacando percentual de diferença entre a taxa transpiratória das plantas nos níveis S₅ (3,2 dSm⁻¹), cujas médias foram de 1,4 mmolm⁻²s⁻¹ para as plantas do tratamento T1 e 4,8 mmolm⁻²s⁻¹ para as do tratamento T2, cujo percentual de aumento é de 85%.

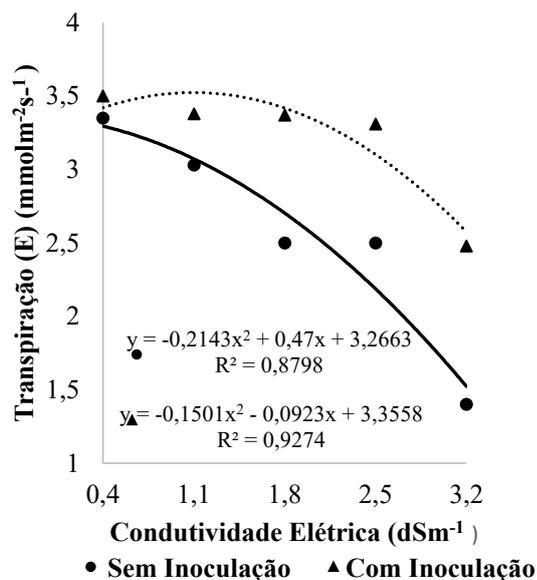


Figura 22. Transpiração (E) da folha do milho em função do desdobramento entre a Inoculação com *Azospirillum brasiliense*: T1 (sem inoculação) e T2 (com inoculação) e os crescentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação: S₁ (0,4dSm⁻¹), S₂ (1,1 dSm⁻¹), S₃ (1,8dSm⁻¹), S₄ (2,5dSm⁻¹) e S₅ (3,2dSm⁻¹).

O resultado obtido se correlaciona com os valores de condutância estomática, que favorece a transpiração das plantas. Quanto maior a abertura estomática, maior a transpiração, processo que está diretamente ligado com a captação do gás carbônico, e, além disso, promove a diferença adequada do potencial hídrico entre o solo e a planta. O *Azospirillum brasiliense* permitiu a manutenção da gs até o nível salino S₃ das plantas inoculadas, promovendo de forma semelhante, a manutenção da transpiração com o aumento da condutividade elétrica até 1,8 dSm⁻¹. O fato pode ser explicado a partir do princípio da inoculação da bactéria, que tem por objetivo incrementar as raízes da planta através da produção de fitohormônios, promovendo uma maior superfície de absorção de água e nutrientes, regulando o processo de transpiração.

Os resultados observados para o parâmetro Transpiração (E) em relação as plantas inoculadas, apesar de ainda ocorrer um decréscimo na taxa transpiratória com o aumento do nível salino, são satisfatórios para uma possível mitigação do estresse causado pelos sais, já que, foram apresentados decréscimos pouco evidentes na taxa transpiratória das plantas inoculadas nos níveis S₁, S₂ e S₃.

O autor Correia (2017) sobre o milho resistente ao Glifosato inoculado com *Azospirillum brasiliense*, encontrou aumento na taxa fotossintética (A), transpiração (E) e na concentração interna de CO₂. Bulegon et al. (2017) trabalhando com o milho Inoculado associado com doses de Nitrogênio, notaram aumento de 53,7% na transpiração com o uso de *Azospirillum*

brasiliense associado com doses de nitrogênios em comparação com as plantas que receberam apenas as doses de Nitrogênio.

Avaliando o efeito isolado do fator Inoculação com *Azospirillum brasiliense* sob a variável Fotossíntese Líquida (A), observa-se na Figura 23 (A), que a inoculação promoveu um incremento na taxa fotossintética das plantas do tratamento T2 em comparação ao tratamento T1 (sem inoculação).

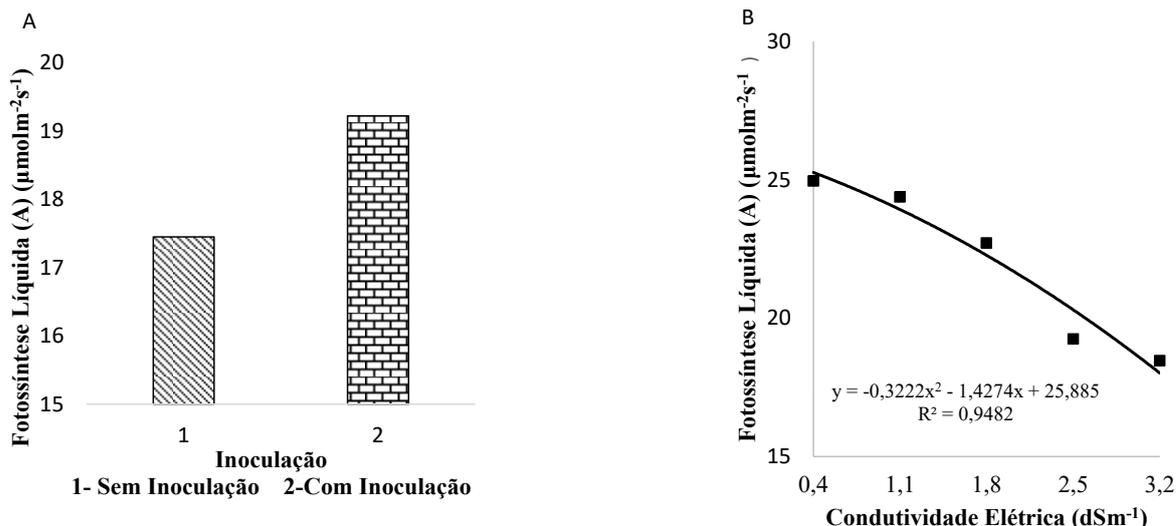


Figura 23. Fotossíntese Líquida (A) na folha do milho em função do desdobramento entre a Inoculação com *Azospirillum brasiliense*: T1 (sem inoculação) e T2 (com inoculação) e os crescentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação: S₁ (0,4dSm⁻¹), S₂ (1,1 dSm⁻¹), S₃ (1,8dSm⁻¹), S₄ (2,5dSm⁻¹) e S₅ (3,2dSm⁻¹)

Já no efeito isolado do fator Salinidade, o aumento da condutividade elétrica provocou uma queda na fotossíntese líquida das plantas, através de um comportamento quadrático, vide Figura 23 (B). Apesar de ocorrer esse decréscimo de forma semelhante na Transpiração (E), a redução foi discreta com variação entre os níveis S₁, S₂ e S₃, cuja taxas foram de: 24,96 $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$, 23,88 $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$, a 22,72 $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$, respectivamente.

A explicação para tal fato relaciona-se aos resultados do parâmetro com os de fluorescência da clorofila a e índice SPAD, sem danos ao aparelho fotossintético até o nível S₃, nas plantas que receberam doses do inoculante. Taiz & Zeiger (2013) afirmam que, em condições adversas, dentre elas a salinidade, a fotossíntese e a transpiração são afetadas diretamente pelo fechamento dos estômatos, que induz o incremento dos níveis de ácido abscísico que acarretam a perda de água. Já Battistus (2019) relata que, o *A. brasiliense* sustenta maiores teores foliares de água e maior transpiração, facilitando o aporte de CO₂, evitando maiores reduções na fotossíntese.

Para a variável Concentração Interna de CO₂ (Ci) verifica-se o desdobramento da interação entre os fatores Inoculação X Salinidade na Figura 24, com um decréscimo da concentração de CO₂ com o aumento das concentrações de sais na água de irrigação. Em contrapartida, a inoculação com *A. brasiliense* provocou um incremento na taxa Ci das plantas do tratamento T2 se comparadas com as taxas Ci das plantas sem inoculação.

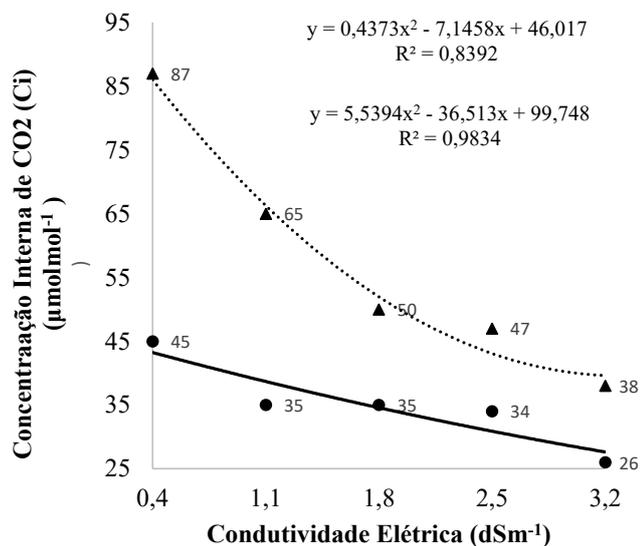


Figura 24: Concentração Interna de CO₂ (Ci) na folha do milho em função do desdobramento entre a Inoculação com *Azospirillum brasiliense*: T1 (sem inoculação) e T2 (com inoculação) e os crescentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação: S₁ (0,4dSm⁻¹), S₂ (1,1 dSm⁻¹), S₃ (1,8dSm⁻¹), S₄ (2,5dSm⁻¹) e S₅ (3,2dSm⁻¹).

As médias de concentração interna de CO₂ das plantas do tratamento T1 (sem inoculação) dentro dos cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (S₁, S₂, S₃, S₄ e S₅) foram: 45 μmolmol⁻¹, 35 μmolmol⁻¹, 35 μmolmol⁻¹, 34 μmolmol⁻¹ e 26 μmolmol⁻¹, respectivamente. Já as médias de Ci das plantas do tratamento T2 foram: 87 μmolmol⁻¹, 65 μmolmol⁻¹, 50 μmolmol⁻¹, 47 μmolmol⁻¹ e 38 μmolmol⁻¹. Segundo Bunce (2014), plantas inoculadas com bactérias proporcionam 20% a mais de concentração interna de CO₂, corroborando com os resultados encontrados do presente estudo.

Bulegon et al. (2016) com relação a inoculação da cultura da soja, concluíram que, a inoculação do *Azospirillum brasiliense* promove a melhoria da eficiência instantânea de carboxilação e o aumento na eficiência da utilização do CO₂. Dalastra et al. (2014) afirmam que, concentrações mais altas de CO₂ sustentam taxas fotossintéticas elevadas, enquanto em concentrações intercelulares de CO₂ muito baixas a fotossíntese é limitada.

No geral, os resultados obtidos nessa pesquisa para as trocas gasosas são satisfatórios retratando um possível efeito mitigador da salinidade. O incremento da Concentração Interna de CO₂ nas plantas que receberam o inoculante confirma os resultados de condutância estomática (Gs), Transpiração (E), e Fotossíntese (A) anteriormente discutidos. O aumento da zona radicular dessas plantas, provavelmente, provocou o aumento da superfície de contato, colaborando para a maior absorção de água e nutrientes, promovendo a translocação para as células, mantendo-as turgidas, tendo como resultado a abertura estomática, a manutenção da transpiração, absorção de luz e gás carbônico (CO₂) e a manutenção do processo fotossintético para as plantas dentro dos níveis salinos S₁, S₂ e S₃.

A partir dos dados coletados de Transpiração (E), Fotossíntese Líquida (A) e Concentração Interna de CO₂ (C_i), foi possível determinar as variáveis Eficiências do Uso da Água (EUA) e Eficiência Instantânea de Carboxilação (EiC). De acordo com Tabela 10, significâncias para os fatores Inoculação (I) e Salinidade (S) sob a variável Eficiência Instantânea de Carboxilação (EiC) a nível de 5% de probabilidade. Já o desdobramento da interação entre os fatores Inoculação X Salinidade (IXC), apresentou efeito expressivo sobre as duas variáveis (EUA e EiC) a nível de 5% de probabilidade.

Tabela 10 - Análise de Variância das variáveis de Eficiência de Uso da Água (EUA) e Eficiência Instantânea de Carboxilação (EiC) das plantas de milho submetidas aos tratamentos T1 (sem inoculação) e T2 (inoculadas com *Azospirillum brasiliense*) e irrigadas com a crescentes níveis de Condutividade Elétrica da água S₁ (0,4dSm⁻¹); S₂ (1,1dSm⁻¹); S₃ (1,8dSm⁻¹); S₄ (2,5dSm⁻¹); S₅ (3,2dSm⁻¹).

ANAVA- Eficiência do Uso da Água e Carboxilação			
Fator de Variação	GL	EUA	EiC
Inoculação (I)	1	0.9852 ns	0.0000*
Salinidade (S)	4	0.0646 ns	0.0000*
IxS	4	0.0000*	0.0000*
CV(%)		17.86	13.58

cv – Coeficiente de Variação; ns – não significativo; * - significativo a 5% de probabilidade.

Com relação ao efeito isolado do fator Inoculação sobre a Eficiência do Uso da água (EUA,) Figura 25, comportamentos distintos para os dois tratamentos dentro dos cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação.

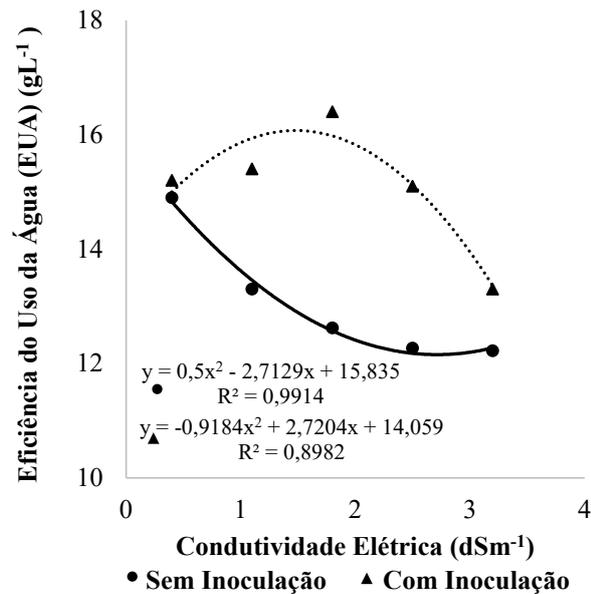


Figura 25. Eficiência do Uso da Água (EUA) na folha do milho em função do desdobramento entre a Inoculação com *Azospirillum brasilense*: T1 (sem inoculação) e T2 (com inoculação) e os crescentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação: S₁ (0,4dSm⁻¹), S₂ (1,1 dSm⁻¹), S₃ (1,8dSm⁻¹), S₄ (2,5dSm⁻¹) e S₅ (3,2dSm⁻¹).

As plantas do tratamento T1 (sem inoculação) têm comportamento quadrático decrescente à medida que acontece o aumento dos níveis salinos. Já as plantas do tratamento T2, o comportamento demonstra tendência quadrática crescente para os níveis S₁, S₂ e S₃, para os níveis S₄ e S₅ uma redução do EUA. Para Souza et al. (2011), a utilização de indicadores da eficiência do uso de água (EUA) é uma das formas de se analisar a resposta dos cultivos às diferentes condições de disponibilidade de água.

As médias de eficiência do uso da água (EUA) das plantas do tratamento T1 dentro dos cinco níveis crescentes de condutividade elétrica da água de irrigação (S₁, S₂, S₃, S₄ e S₅), foram: 14,9 gL⁻¹, 13,3 gL⁻¹, 12,62 gL⁻¹, 12,27 gL⁻¹ e 12,22 gL⁻¹, respectivamente. Essa redução é de 18% ou 2,6 gL⁻¹ quando se compara as médias entre os níveis de menor condutividade (S₁ = 0,4 dSm⁻¹) e maior condutividade elétrica da água (S₅ = 3,2 dSm⁻¹). Já para as plantas do tratamento T2 (inoculados com que *Azospirillum brasilense*) o incremento entre o nível salino S₁(0,4 dSm⁻¹) e S₃ (1,8 dSm⁻¹) foi de de 8% ou 1,4 gL⁻¹.

Para Coêlho e Oliva (1981), a elevação de EUA se baseia em uma maior taxa de fotossíntese associada a uma menor taxa de transpiração, o que para eles evidencia que esta elevação sugere um comportamento conservador, enquanto uma situação oposta indica comportamento consumidor, o resultado encontrado na presente pesquisa sugere que, até o nível de CEa= 1,8 dS m⁻¹, as plantas de milho inoculadas apresentaram um comportamento

conservador, evidenciando um efeito mitigador ao estresse salino, mantendo a taxa transpiratória, evitando a perda excessiva de água. Com o aumento do nível salino para S₄ (2,5 dSm⁻¹) passa a ter um comportamento consumidor, ou seja, ocorre um aumento da taxa transpiratória e, por essa razão, a planta perde mais água.

O uso mais eficiente da água está diretamente atrelado ao tempo de abertura estomática, pois, enquanto a planta absorve CO₂ para a fotossíntese, a água é perdida para o ambiente por evapotranspiração, seguindo uma corrente de potenciais hídricos (Machado et al., 2010; Pereira Netto et al., 2002. Sendo assim, pode-se afirmar então, que as plantas inoculadas até a condutividade elétrica 1,8 dSm⁻¹, conseguiram manter uma maior taxa de absorção de gás carbônico, resultados iguais aos discutidos anteriormente.

Pela Figura 26, se nota o efeito do desdobramento entre a interação dos fatores Inoculação X Salinidade (IXS) sob a eficiência instantânea de carboxilação (EiC), o comportamento quadrático decrescente para os dois tratamentos com o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação. Entretanto, as plantas do tratamento T2 (*Azospirillum brasiliense*) apresentaram médias superiores de EiC quando comparadas com as médias de EiC das plantas do tratamento T1 (sem inoculação). Soares et al. (2013); Chaves et al (1991), citam que a redução na eficiência instantânea da carboxilação pode ser atribuída às alterações na capacidade fotossintética do mesófilo foliar, bem como aos fatores estomáticos e não estomáticos.

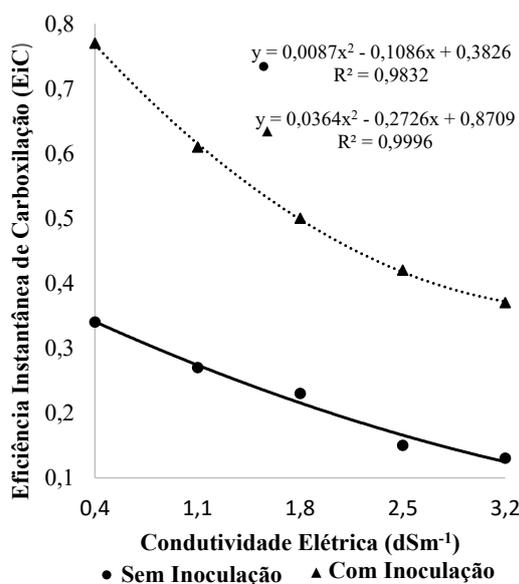


Figura 26: Eficiência Instantânea de Carboxilação em função do desdobramento entre a Inoculação com *Azospirillum brasiliense*: T1 (sem inoculação) e T2 (com inoculação) e os

crescentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação: S₁ (0,4dSm⁻¹), S₂ (1,1 dSm⁻¹), S₃ (1,8dSm⁻¹), S₄ (2,5dSm⁻¹) e S₅ (3,2dSm⁻¹).

Segundo Silva et al. (2015), reduções em eficiência instantânea de carboxilação (EiC) sugerem decréscimos no processo fotossintético, havendo redução na disponibilidade de ATP e NADPH, bem como assimilação de CO₂ substrato para Rubisco.

Os resultados obtidos nas plantas inoculadas, mesmo com decréscimo são satisfatórios quando comparados com as plantas testemunhas. A redução que ocorreu nas plantas sem inoculação foi maior, representando um maior comprometimento do aparelho fotossintético. Segundo Henrique et al. (2015), o nitrogênio é um elemento importante no processo de carboxilação, pois compõe as proteínas pertencentes a fase fotoquímica e bioquímica da fotossíntese. Sendo assim, seu nível de disponibilidade atua na formação de ATP e NADPH na fase fotoquímica e na formação da Rubisco e RuBPCase na fase bioquímica, esta última está diretamente ligada com a carboxilação.

5.3.4 Teor Relativo de Água e Extravasamento de Eletrólitos

Houve efeito significativo isolado do fator Salinidade (S) a nível de 5% de probabilidade (p<0,05) sob as variáveis Teor Relativo de Água (TRA) e Extravasamento de Eletrólitos (EE). Sem significância estatística para o fator isolado Inoculação (I) e para o desdobramento da interação entre os fatores Inoculação X Salinidade (S) em nenhuma das variáveis, conforme descritos na Tabela 11.

Tabela 11 - Análise de Variância das variáveis de Teor Relativo de Água (TRA) e Extravasamento de Eletrólitos (EE) das plantas de milho submetidas aos tratamentos T1 (sem inoculação) e T2 (inoculadas com *Azospirillum brasiliense*) e irrigadas com a crescentes níveis de Condutividade Elétrica da água S₁ (0,4dSm⁻¹); S₂ (1,1dSm⁻¹); S₃ (1,8dSm⁻¹); S₄ (2,5dSm⁻¹); S₅ (3,2dSm⁻¹).

ANAVA- Teor Relativo de Água e Extravasamento de Eletrólitos			
Fator de Variação	GL	TRA	EE
Inoculação (I)	1	0.0478*	0.1289 ns
Salinidade (S)	4	0.0000*	0.0000*
IxS	4	0.1596 ns	0.1840 ns
CV(%)		6.79	9.58

CV – coeficiente de variação; ns – não significativo; * - significativo a 5% de probabilidade

O Teor Relativo de Água (TRA) é indicador das condições hídricas das plantas, sobretudo, quando as plantas estão submetidas a algum tipo de estresse abiótico, indicando o conteúdo de água presente nas folhas. Pela Figura 27 observa-se uma redução de 47% conteúdo de água presente na folha com o aumento da condutividade elétrica da água, como mencionado por Cruz et al. (2019) que estudando o milho pipoca submetido ao estresse salino apontaram reduções no teor relativo de água.

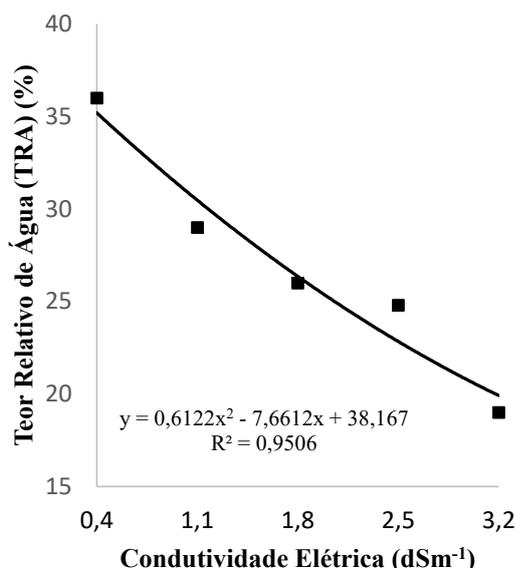


Figura 27: Teor Relativo de Água (TRA) em função do efeito isolado dos crescentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação S₁ (0,4dSm⁻¹), S₂ (1,1 dSm⁻¹), S₃ (1,8dSm⁻¹), S₄ (2,5dSm⁻¹) e S₅ (3,2dSm⁻¹),

Para Souza et al. (2017), as elevadas concentrações de sais na solução do solo exercem efeito sobre o potencial osmótico e reduz a disponibilidade de água livre, fazendo com que a planta desprenda maior energia para extrair água do solo e, assim, tentar manter sua turgescência, o que pode implicar em redução no seu crescimento, fato que pode ser estudado pelo teor relativo de água nas folhas. Esses resultados mostraram que, apesar do aumento do sistema radicular, a absorção de água do substrato pelo sistema radicular foi reduzida pela grande adsorção entre as moléculas de água e o substrato.

Pelo efeito isolado do fator Salinidade sob a variável Extravasamento de Eletrólitos (EE), constatou-se uma elevação dos valores obtidos com aumento da condutividade elétrica da água, conforme Figura 28. O elevado extravasamento de eletrólitos indica a resistência da membrana celular aos danos que podem ser ocasionados por estresses, hídricos ou salinos.

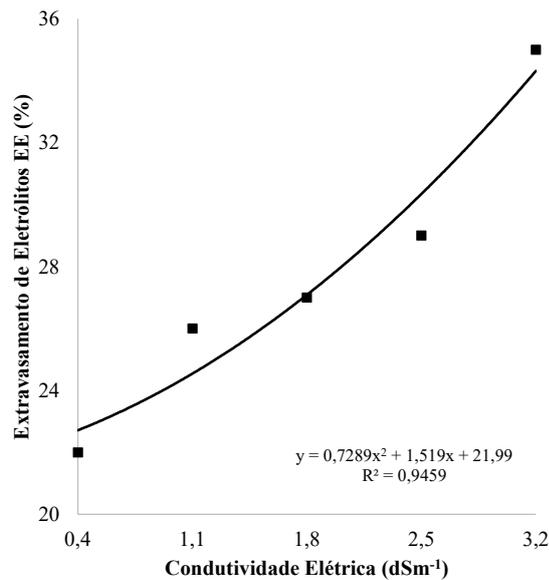


Figura 28: Extravasamento de Eletrólitos na membrana da folha do milho em função do efeito isolado dos crescentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação S₁ (0,4dSm⁻¹), S₂ (1,1 dSm⁻¹), S₃ (1,8dSm⁻¹), S₄ (2,5dSm⁻¹) e S₅ (3,2dSm⁻¹).

Souza et al. (2017); Bem-Amor et al. (2006) explicam que, o aumento do extravasamento de eletrólitos do conteúdo celular é devido à maior fluidez da membrana por causa de injúrias, como o estresse salino, fato também observado neste estudo. Para Martins (2016); Mahajan & Tuteja (2005), a atuação de íons ligados ao estresse salino, que induzem o estresse osmótico, causam o mau funcionamento da membrana celular através do aumento da permeabilidade e do extravasamento de íons.

O aumento na extrusão de eletrólitos está associado aos efeitos tóxicos dos íons Na⁺ e Cl⁻ acumulado nas folhas, que promovem alterações estruturais de membranas e organelas celulares, induzindo a ruptura da membrana celular e, portanto, perda do seu conteúdo interno (Silva, 2020; Ferraz et al., 2020). No mais, com aumento da salinidade, pode ter provocado o estresse oxidativo, resultando na produção de espécies reativas de oxigênio, como o radical superóxido, oxigênio singleto, radical hidroxila e o peróxido de hidrogênio, que causam a peroxidação lipídica e oxidação das proteínas das membranas celulares, resultando na degradação de membranas e organelas (Silva, 2020; Mendes et al., 2011).

6. CONCLUSÕES.

Os crescentes níveis de salinidade da água de irrigação e as doses crescentes de *Azospirillum brasilense* não afetaram a emergência das plântulas de milho.

O *Azospirillum brasiliense* promoveu incrementos nas variáveis de crescimento do milho quando comparados com as plantas testemunhas, mas não evitou reduções com o aumento da condutividade elétrica da água.

A fluorescência da clorofila a e as trocas gasosas, responderam positivamente a inoculação com *Azospirillum brasiliense*, evitando danos no aparelho fotossintético até o nível salino S_3 ($1,8 \text{ dSm}^{-1}$).

O teor Relativo de Água e o Extravasamento de Eletrólitos foram afetados negativamente com o aumento da salinidade da água.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arantes, A. C. C.; Fontanetti, A.; Silva Neto, F.; Próspero, A. G.; Providello, A.; Fernandes, E. M de S. Crescimento e desenvolvimento de milho orgânico inoculado com *Azospirillum brasiliense*. **VI Congresso Latino-Americano de Agroecologia**, v. 13, p. 1–17, 2017.
- Ayers, R. S.; Westcot, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. 1. ed. Campina Grande-PB, Universidade Federal da Paraíba- UFPB, 1991.
- Barassi, C. A.; Sueldo, R. J.; Creus, C. M.; Carrozzi, L. E.; Casanovas, W. M.; Pereyra, M. A (2008) Potencialidad de *Azospirillum* en optimizer el crecimiento vegetal bajo condiciones adversas. In: Cassán FD & Garcia de salamone I (Ed.) *Azospirillum* spp.: cell physiology. **Plant interactions and agronomic research** in Argentina. Argentina, Asociación Argentina de Microbiología. p. 49-59.
- Barros, J. F. C.; Calado, J.G. **A cultura do milho**. 1 ed. Évora, Escola de Ciências e Tecnologia, 2014.
- Battistus, A. G. **Modulações anatômicas, bioquímicas e fotossintéticas mediadas por *Azospirillum brasiliense* inoculado via semente e pulverização foliar em milho**. 172p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon 2019.
- Boiago, R. G. F. S. R.; Mateus, R. P. G.; Schuelter, A. R.; Barreto, R. R.; Silva, G. J.; Schuster, I. Combinação De Espaçamento Entrelinhas E Densidade Populacional No Aumento Da Produtividade Em Milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 16, n. 3, p. 440-448, 2017.

- Braz, R. dos S.; Lacerda, C. F. de.; Júnior, R. N. de A.; Ferreira, J. D. da S.; Oliveira, A. C. de.; Ribeiro, A. de A. Growth and physiology of maize under water salinity and nitrogen fertilization in two soils. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.23, n.12, p.907-913, 2018.
- Brito, T. S.; Guimarães, V. F.; Chaves, E. I. D.; Pan, R.; Lerner, A. W.; Roske, V. M.; Júnior, R. C. Morphometry and production of maize inoculated with *Azospirillum Brasiliense*. **Colloquium Agrariae**. v.17, n.4, p.34-46, 2021.
- Bulegon, L. G.; Guimarães, V. F.; Egewarth, V. A.; Santos, M. G. dos.; Heling, A. L.; Ferreira, S. D.; Wengrat, A. P. G. da S.; Battistus, A. G. Crescimento e Trocas Gasosas no Período Vegetativo da Soja Inoculada com Bactérias Diazotróficas. **Revista Nativa**, v. 4, n. 5, p. 277–286, 2016.
- Cadore, R.; Netto, A. P. da C.; Reis, E. F. dos.; Ragagnin, V. A.; Freitas, D. S.; Lima, T. P. de.; Rossato, M.; D'Abadia, A. C. A. Híbridos de milho inoculados com *Azospirillum brasilense* sob diferentes doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 15, n. 3, p. 398, 2016.
- Camilo, B. G.; Paiva, C. A. O.; Marriel, I. E. **Resposta da cultura do milho à inoculação com *Azospirillum brasilense* sob três níveis de nitrogênio e tratamento químico da semente 1**. In- Seminário de Iniciação Científica PIBIC/CNPq, 12, 2017.
- Capelin, D.; Daneluzzi, G. S.; Oliveira, R. F. de.; Silva, F. B. da.; Silva, A. M. da.; Macedo, F. da C. O.; Silva, A. R.; Querioz, M. V.; Broetto, F. et al. Fluorescência da clorofila a: aspectos gerais e protocolo de medida para LI-6400/LI- 6400XT. In:**O Estresse das Plantas Cultivadas & Protocolos de Análise**, capítulo 11.p.77–95, 2018.
- Casanovas E. M.; Barassi, C. A, Sueldo R. J. *Azospirillum* inoculation mitigates water stress effects in maize seedlings. **Cereal Research Communications**, n.30, p343-350. 2002
- Checchio, M. V. **Associação entre *Azospirillum brasilense* e milho na tolerância ao estresse salino: uma abordagem antioxidante**. 62p. Dissertação. (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2019.

- Chiconato, D. A. **Estresse Salino Em Plantas Jovens De Cana-De- Açúcar: Respostas Bioquímicas E Fisiológicas**. 102p. Tese (Doutorado em Agronomia) Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal,- 2016.
- Coelho, A. E.; Tochetto, C.; Turek, T. L.; Michelon, L. H.; Fioreze, S. L. Inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em plantas de milho submetidas à restrição hídrica. **Scientia Agrária Paranaensis**. v.16, n.1, p.186-192, 2017.
- Coelho, K. J. F.; Oliva, M. A. Eficiência no uso de água em plantas jovens de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) submetidas à deficiência hídrica. **Agropecuária Técnica**, v.2, n.1, p. 20-30, 1981.
- Contini, E.; Mota, M. M.; Marra, R.; Borghi, E.; Miranda, R. A de.; Silva, A. F da.; Silva, D. D da.; Machado, J. R. de A.; Costa, L. V.; Costa, R. V da.; Mendes, S. M. **Milho- Caracterização e Desafios Tecnológicos**. In: Série desafios do agronegócio brasileiro (NT2). Embrapa, v. 5, n. 1, p. 1–45, 2019.
- Conus, L. A.; C. P. C.; Venturoso, L dos. R.; Scalon, S de. P. Q. Germinação de sementes e vigor de plântulas de milho submetidas ao estresse salino induzido por diferentes sais. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 4, p. 67–74, 2009.
- Cruz, M. S. D.; Jesus, R. A de.; Souza, M. P. F de.; Cagnini, C.; Sabec, G, Z.; Savoldi, T. L.; Souza, S. G. H de. Crescimento inicial e resposta estomática de milho pipoca sob estresse salino. **Colloquium Agrariae**, v. 15, n. 1, p. 15–26, 2019.
- Dalastra, G. M.; Echer, M de M.; Guimarães, V. F.; Hachmann, T. L.; Inagaki, A. M. Trocas gasosas e produtividade de três cultivares de meloeiro conduzidas com um e dois frutos por planta. **Bragantia**, v. 73, n. 4, p. 365–371, 2014.
- Dartora, J.; Guimarães, V. F.; Marini, D.; Júnior, A. S. P.; Cuz, L. M.; Mensch, R. Influência do Tratamento de Sementes no Desenvolvimento Inicial de Plântulas de Milho e Trigo Inoculados com *Azospirillum brasilense*. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 12, n. 3, p. 175–181, 2013.
- De Las Rivas, J.; Barber, J. Structure and thermal stability of photosystem II reaction centers studied by infrared spectroscopy. **Biochemistry**, v.36, p.8897-8903, 1997.
- Delgado, G.; Bergamasco, M. “Franja periférica”, “pobres do campo”, “camposeses”: dilemas da inclusão social dos pequenos agricultores familiares. In:

- Dourado Neto, D.; Dario, G. J. A.; Júnior, P. A. V.; Manfron P. A.; Martin, T. N.; Carrère, R. A. G.; Crespo, P. E. N. Aplicação e influência do fitorregulador no crescimento das plantas de milho. **Revista da FZVA**. v.11, n.1, p.1-9, 2004.
- Fancelli, A. L.; Dourado Neto, D. Produção de milho. 2.ed. Guaíba: **Agropecuária**, v. 1. 360p., 2004
- Ferrari, M.; Nardino, M.; Carvalho, I. R.; Szarecki, V. J.; Pelegrin, A. J de.; Souza, V. Q de. Manejos e fontes de nitrogênio nos componentes de afilhamento de trigo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 11, n. 3, p. 178–185, 2016.
- Ferreira, E. A.; Paiva, M. C. G.; Pereira, G. A. M.; Oliveira, M. C.; Silva, E de B. Fitossociologia De Plantas Daninhas Na Cultura Do Milho Submetida À Aplicação De Doses De Nitrogênio. **Journal of Neotropical Agriculture**, v. 6, n. 2, p. 100–107, 2019.
- Flexas, J.; Bota, J.; Galmés, J.; Medrano, H.; Ribas-Carbó, M. Keeping a positive balance under adverse conditions: responses of photosynthesis and respiration to water stress. **Physiologia Plantarum**, v. 127, n.3, p. 343-352, 2006.
- Frazão, J. J.; Silva, A. R da.; Silva, V. L da.; Oliveira, V. A.; Corrêa, R. S. Fertilizantes nitrogenados de eficiência aumentada e ureia na cultura do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 12, p. 1262–1267, 2014.
- Galindo, F. S.; Buzetti, S.; Filho, M. C. M. T.; Dupas, E.; Carvalho, F de C. Manejo da adubação nitrogenada no capim-mombaça em função de fontes e doses de nitrogênio. **Revista de Ciências Agrárias**. v.41, n.4, p.900-913. 2018
- Garcia, G. O.; Ferreira, P. A.; Miranda, G. V.; Oliveira, F. G de.; Santos, D. F dos. Índices Fisiológicos, crescimento e produção do milho irrigado com água salina. **Irriga**, v.12, n.3, p.307-325, 2007.
- Glitz, M. **Eficiência Agrônômica de *Azospirillum brasiliense* na cultura do trigo**. 24p. (Trabalho de Conclusão de Curso) -. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2016.
- Gopalswamy G.; Vidhyasekaran P Effect of *Azospirillum lipoferum* inoculation and inorganic nitrogen on wetland rice. **Oryza**. v.26, p. 378-385, 1988
- Guarçoni, A. Saturação por bases para o cafeeiro baseada no pH do solo e no suprimento de Ca e Mg. **Coffee Science**, v. 12, n. 3, p. 327–336, 2017.

- Guimarães, D. P.; Landau, E. C. Monitoramento da agricultura irrigada em tempo real. **Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, p. 3519–3525, 2015.
- Henrique, Á. Efeito do nitrogênio na eficiência instantânea de carboxilação. p. 8–11, 2015.
- Holanda, A. C. D.; Santos, R. V dos.; Souto, J. S.; Alves, A. R. Desenvolvimento inicial de espécies arbóreas em ambientes degradadas por sais. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.7, n.1, p. 39-50.
- Hungria, M.; Campo, R. J.; Mendes, I. C. Fixação Biológica Do Nitrogênio Na Cultura Do Milho. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 31, n. 2, p. 143–154, 2010.
- Jordão, L. T.; Lima, F. F de.; Lima, R. S.; Moretti, P. A.E.M.; Pereira, H. V.; Muniz, A. S.; Oliveira, M. C. N de. Teor relativo de clorofila em folhas de milho inoculado com *Azospirillum brasilense* sob diferentes doses de nitrogênio e manejo com braquiária. **Fertbio**, 4p. 2010.
- Kappes, C.; Zancanaro, L.; Lopes, A. A.; Koch, C. V.; Fujimoto, G da R.; Ferreira, V. E. N. Aplicação foliar de *Azospirillum brasilense* e doses de nitrogênio em cobertura no milho safrinha. **Anais de XII Seminário Nacional Milho Safrinha: Estabilidade e Produtividade**, n.1, p. 1–6, 2012.
- Kleinschmitt, E. **Desenvolvimento e produtividade da cultura do milho (*Zea mays*) em resposta à inoculação de *Azospirillum brasilense* e ao uso de fertilizantes bioindutores**.50p. (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Santa Catarina, Curitiba, 2018.
- Kluge, F. T. D. R. **Efeito da Inoculação com *Azospirillum brasilense* associado à reguladores vegetais em milho, utilizando diferentes doses de nitrogênio**. 87p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Centro Oeste, Unicentro, 2016.
- Laboriau, L. G.; Valadares, M. B. On the germination of seeds of *Calotropis procera*. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, São Paulo, v.48, p.174-186, 1976.
- Lima, A. F.; Sousa, G. G de.; Souza, V. P de.; Júnior, F. B da S.; Gomes, S. Cultivo do milheto irrigado com águas salinas em diferentes coberturas mortas. **Irriga**, v.25, n.2, p.347-360. 2020

- Lotfi, R.; Ghassemi-Golezani, K.; Pessarakli, M. Salicylic acid regulates photosynthetic electron transfer and stomatal conductance of mung bean (*Vigna radiata* L.) under salinity stress. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v.26, n.1, e101635, 2020.
- Machado, A. F. L.; Ferreira, L. R.; Santos, L. D. T.; Ferreira, F. A.; Viana, R. G.; Machado, M. S.; Freitas, F. C. L. Photosynthetic efficiency and water use in eucalyptus plants sprayed with glyphosate. **Revista Planta Daninha**, v.28, n.2, p.319–327, 2010.
- Maguire, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v.2, n.1, p.176-177, 1962.
- Martins, A. D. **Indução de estresse salino e hídrico in vitro em bananeira: abordagem fitotécnica, fisiológica e biotecnológica**. 140p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, 2016.
- Martins, A. G.; Rampim, L.; Rosset, J. S.; Prior, M.; Coppo, J. C. Aplicação de Bioestimulante em Sementes de Milho Cultivado em Solos de Diferentes Texturas. **Scientia Agraria Paranaensis**, v.15, n.4, p.440–445, 2016.
- Mazzuchelli, R de C. L.; Sossai, B. F.; Araujo, F. F. de. Inoculação de *Bacillus subtilis* e *Azospirillum brasilense* na cultura do milho. **Colloquium Agrariae**, v.10, n.2, p.40–47, 2014.
- Morais, M.; Amaral, H. F.; Nunes, M. P. Desenvolvimento e assimilação de nutrientes da cultura do milho inoculado com *Azospirillum brasilense* e diferentes doses de Nitrogênio e Potássio. **Revista Terra & Cultura**.v.30, n. especial Ciências Agrárias. p.160-176. 2018
- Morais, T. P de.; Brito, C. H de.; Ferreira, A de S.; Luz, J. M. Q. Aspectos morfofisiológicos de plantas de milho e bioquímico do solo em resposta à adubação nitrogenada e à inoculação com *Azospirillum brasilense*. **Revista Ceres**, v.62, n.6, p. 589–596, 2015.
- Moreira, R. C.; Valadão, F. C de A.; Valadão Júnior, D. D. Desempenho agrônômico do milho em função da inoculação com *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada. **Revista de Ciências Agrárias**, v.62, p.1–10, 2019.
- Mortate, R. K.; Nascimento, E. F.; Gonçalves, E. G de S.; Lima, M. W de P. Resposta do milho (*Zea mays* l.) à adubação foliar e via solo de nitrogênio. **Journal of Neotropical Agriculture**, v.5, n.1, p.1–6, 2018.

- Nascimento, R.; Nascimento, D. A. M.; Silva, D. A.; Alves, A. G. Índice SPAD e partição de biomassa em plantas de feijão-caupi submetidos ao estresse salino. **Revista Educação Agrícola Superior**, v. 27, n. 2, p. 128-132, 2012 a
- Neto, J. A. P.; Lima, J. F de M.; Mielerzrski, F.; Reis, S. S.; Veras, M de S. Qualidade Fisiológica de Sementes de milho sob condições de estresse salino. **Revista Cultura Agrônômica**, v.25, n.4, p.401-408. 2016.
- Novais, R. F.; Neves, J. C. L.; Barros, N. F. **Ensaio em ambiente controlado**. In: Métodos de pesquisa em ambiente controlado. Brasília: Embrapa. 1991.
- Okumura, R. S.; Mariano, D de C.; Zaccheo, P. V. C. Uso de fertilizante nitrogenado na cultura do milho: uma revisão. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v.4, n.2, p.226–235, 2011.
- Oliveira, F de A de.; Medeiros, J. F de.; Alves, R de C.; Linhares, P. S. F.; Medeiros, A. M. A de.; Oliveira, M. K. T de. Interação entre a salinidade da água de irrigação e adubação nitrogenada na cultura da beringela. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.18, n.5, p.480-486. 2014.
- Oliveira, F de A de.; Medeiros, J. F de.; Oliveira, M. K. T de.; Lima, C. J. G de S.; Almeida Júnior, A. B de.; Amâncio, M da G. . Desenvolvimento inicial do milho pipoca irrigado com água de diferentes níveis de salinidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.4, n.2, p.149-155, 2009.
- Oliveira, F. D. A, Pinto, K. S de O.; Bezerra, F. M. S.; Lima, L. A de.; Cavalcante, A. L. G.; Oliveira, M. K. T de.; Medeiros, J. F de. Tolerância do maxixeiro, cultivado em vasos, à salinidade da água de irrigação. **Revista Ceres**, v. 61, n. 1, p. 147–154, 2014
- Oliveira, H. ***Azospirillum brasiliense* como atenuante do efeito da salinidade em milho irrigado**. 74p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, 2020
- Oliveira, V. J. S.; Sampaio, A. H. R.; Coelho Filho, M. A.; Oliveira, E. J de.; Dantas, J. L. L.; Dantas, A. C. V. L. **Avaliação de Condutância Estomática e temperatura foliar em variedades de mamão submetidos a déficit hídrico**. Embrapa, 2011.

- Oliveira, W. J de.; Souza, E.; Santos, H. R. B.; Silva, E. F de F.. Fluorescência Da Clorofila Como Indicador De Estresse Salino Em Feijão Caupi. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.12, n.3, p. 2592–2603, 2018.
- Paiva, A. P. L. de.; Lana, U. G. de P.; Magalhães, P. C.; Carvalho, L. P de.; Jales, H. F.; Júnior, C. G. C. Caracterização ecofisiológica de sorgo granífero inoculado por *Azospirillum brasiliense* e submetido à restrição hídrica. **Caderno Saberes**. n.7, p.46-52, 2021.
- Pandolfo, C. M.; Vogt, G. A.; Júnior, A. A. B.; Gallotti, G. J. M.; Zoldan, S. R. Desempenho de milho inoculado com *Azospirillum brasiliense* associado a doses de nitrogênio em cobertura. **Revista Agropecuária Catarinense**. v.27, n.3, p.94–99, 2015.
- Pedersen, A.C. Déficit hídrico em milho: caracterização fisiológica e inoculação com *Azospirillum brasiliense*. 98p. Dissertação. (Mestrado em Agronomia) - Universidade de Passo Fundo, 2013.
- Pedrotti, A.; Chagas, R. M.; Ramos, V. C.; Prata, A. P. do N.; Lucas, A. A. T.; Santos, P. B dos. Causas e consequências do processo de salinização dos solos. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v.19, n.2, p.1308–1324, 2015.
- Pereira, E. D.; Marinho, A. B.; Ramos, E. G.; Fernandes, C. N. D.; Borges, F. R. M.; Adriano, J de N. J. Saline stress effect on cowpea beans growth under biofertilizer correction. **Bioscience Journal**. v.35, n.5, p.1328-1339, 2019
- Quadros, P. D de.; Roesch, L. F. W.; Silva, P. R. F da.; Vieira, V. M.; Roehrs, D. D.; Camargo, F. A de O. Desempenho agrônômico a campo de híbridos de milho inoculados com *Azospirillum brasiliense*. **Revista Ceres**, v.61, n.2, p.209–218, 2014.
- Raasch, H.; Schoninger, E. L.; Noetzold, R.; Vaz, D da C.; Silva, J. D da. Doses de nitrogênio em cobertura no milho de segunda safra em Nova Mutum – MT. **Revista Cultivando o Saber**, v.9, n.4, p. 517 -529, 2016.
- Raij, B. V.; Cantarella, H. Milho para grãos e silagens. In: Raij, B. Van; Cantarella, H. Quaggio, J. A.; Furlani, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 285p Campinas: IAC, 1997.
- Resende, A. V de.; Shiratsuchi, L. S. Clorofilômetros detectam demandas de nitrogênios em milho. **Campo & Negócios, Uberlândia**. v.14, n.157, p.38-39. 2016

- Richards, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington D.C.: U.S. Department of Agriculture, 1954.
- Rocha, M. V. C. **Avaliação da Adubação nitrogenada na cultura do milho**. 25p. (Trabalho de Conclusão de Curso) – Centro Universitário de Goiás Uni- Anhanguera, 2019.
- Rodrigues, R. D. A. R.; Mello, W. Z de.; Conceição, M. C. G da.; Souza, P. A de.; Silva, J. J. N da. Nitrogen dynamics in tropical agricultural and forest systems and their impact on climate change. **Revista Virtual de Química**, v.9, n.5, p.1868–1886, 2017.
- Sangoi, L.; Silva, L. M. M da.; Mota, M. R.; Panison, F.; Schimitt, A.; Souza, N. M de.; Giordani, W.; Schenatto, D. E. Desempenho agrônômico do milho em razão do tratamento de sementes com *Azospirillum sp.* e da aplicação de doses de nitrogênio mineral. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v.39, n.4, p.1141–1150, 2015.
- Santos, R. H. S dos.; Dias, M dos S.; Silva, F de A da.; Santos, J. P de O.; Santos, S. C. dos.; Reis, L. S.; Tavares, C. L. Matéria orgânica como atenuante da salinidade da água de irrigação na cultura do milho. **Colloquium Agrariae**. v.16, n.2, p.84-93, 2020.
- Schossler, T. R.; Machado, D. M.; Zuffo, A. M.; Andrade, F. R de.; Piaulino, A. C. Salinidade: efeitos na fisiologia e na nutrição mineral de plantas. **Enciclopédia Biosfera**, v.8, n.15, p.1563–1578, 2012.
- Scotti C. P.; Thu Phan Thi, A. Effect of abscisic acid pretreatment on membrane leakage and lipid composition of *Vigna unguiculata* leaf discs subject to ormotic stress. **Plant Science**, v.130, n.1, p.11-18, 1997.
- Silva, A. D. **Comportamento da cultura do milho em função da quantidade de matéria orgânica e de biofertilizantes aplicado via foliar**. 29p. (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Estadual da Paraíba-UEPB, 2014.
- Silva, A. F. **Fixação Biológica de Nitrogênio em Leguminosas nativas de áreas com diferentes tempos de regeneração da caatinga**. 99p. Dissertação. (Mestrado em Ciência do Solo).-Departamento de Agronomia, Universidade Federal de Pernambuco, 2015.
- Silva, A. F.; Sousa, F. de O.; Santos, G. L. dos; Araújo Júnior, E. S.; Silva, S. L. F. da; Macedo, C. E. C. de; Melo, A. S. de; Maia, J. M. Antioxidant protection of photosynthesis in two 60 cashew progenies under salt stress. **Journal of Agricultural Science**, v.10, n.10, p.388-404, 2018b.

- Silva, E. M. **Cultivo de Aceroleira Irrigada com águas salinas sob combinações de adubação nitrogenada e potássica**. 175p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola)- Universidade Federal de Campina Grande, 2020.
- Silva, F. D. F.; Rocha, M do S.; Brito Neto, J. F de.; Sofiatti, V.; Beltrão, N. E de M. Extravasamento de eletrólitos em algodão herbáceo submetido a alta temperatura e elevado nível de CO₂. Embrapa Algodão. Congresso Brasileiro do algodão, 8.; São Paulo, 2011
- Silva, I. A. C.; Leão, A. B.; Nascimento, R.; Morais, R. C. **Índice de SPAD em diferentes genótipos de feijão caupi submetidos à salinidade na água de irrigação**. Anais Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia -CONTECC, p.4-7, 2017.
- Souza, A. H. C de.; Lorenzoni, M. Z.; Nascimento, J. M. R do.; Seron, C de C.; Andrean, A. F. B. A.; Rezende, R. et al. Efeito do nitrogênio na eficiência instantânea de carboxilação no cultivo da beringela. Anais Encontro Internacional de Produção Científica- EPCC. 2017
- Souza, L. S. B de.; Moura, M. S. B.; Sediyaama, G. C.; Silva, T. G. F da. Eficiência do uso da água das culturas do milho e do feijão-caupi sob sistemas de plantio exclusivo e consorciado no semiárido brasileiro. **Bragantia**, v.70, n.3, p.715–721, 2011.
- Spolaor, L. T.; Gonçalves, L. S. A.; Santos, O. J. A. P dos.; Oliveira, A. L. M de.; Scapim, C. A.; Bertagana, F. A. B.; Kuki, M. C. Bactérias promotoras de crescimento associadas a adubação nitrogenada de cobertura no desempenho agrônômico de milho pipoca. **Bragantia**, v.75, n.1, p.33–40, 2016.
- Sultana, N.; Ikeda, T.; Itoh, R. Effect of salinity on photosynthesis and dry matter accumulation in developing rice grains. **Environmental and Experimental Botany, Kidlington**, v.43, p.211-220, 1999.
- Taiz, L.; Zeiger, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009
- Taiz, L.; Zeiger, E. **Fisiologia vegetal**. 5.ed. Porto Alegre:Artemed, 2013..
- Tatagiba, S. D.; Moraes, G. A. B. K.; Nascimento, K. J. T.; Peloso, A de F. Limitações fotossintéticas em folhas de plantas de tomateiro submetidas a crescentes concentrações salinas. **Revista Engenharia Na Agricultura- Reveng**, v.22, n.2, p.138–149, 2014.
- Tien, T. M.; Gaskins, M. H.; Hubbell, D. H. Plant growth substances produced by *Azospirillum brasilense* and their effect on the growth of pearl millet (*Pennisetum americanum L.*). **Applied and Environmental Microbiology**, v.37, p.1016- 1024, 1979.

- Toledo, M. Z.; Garcia, R. A.; Pereira, M. R. R.; Boaro, C. S. F.; Lima, G. P. P. Nodulação e atividade do nitrato redutase em função da aplicação de molibdênio em soja. **Biociencia Journal**. v.26, n. 6, p858-864. 2010.
- Tollenaar, M. Is low plant density a stress in maize? **Maydica**, v.37, n.2, p.305-311, 1992
- Vieira, R. F. **Ciclo do Nitrogênio em Sistemas Agrícolas**. 1 ed. Brasília. Embrapa, 2017.
- Xiong, D.; Chen, J.; Yu, T.; Gao, W.; Ling, X.; Li, Y.; Peng, S.; Huang, J. SPAD-based leaf nitrogen estimation is impacted by environmental factors and crop leaf characteristics. **Revista Nature- Scientific Reports**. v.5, n.13389, p. 1-12, 2015.