



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I
PRÓ-REITORIA DE PÓS GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

ALEXANDRE EUGÊNIO DA SILVA

**ÁCIDO SALICÍLICO E EXTRATO DE *Moringa oleifera* COMO ATENUADORES DO
ESTRESSE SALINO EM CULTIVARES DE GERGELIM**

**CAMPINA GRANDE
2022**

ALEXANDRE EUGÊNIO DA SILVA

ÁCIDO SALICÍLICO E EXTRATO DE *Moringa oleifera* COMO ATENUADORES DO ESTRESSE SALINO EM CULTIVARES DE GERGELIM

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Paraíba/Embrapa Algodão, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias.

Área de concentração: Agrobioenergia e Agricultura Familiar.

Orientadora: Prof^a. Dra. Sc. NAIR HELENA CASTRO ARRIEL

**CAMPINA GRANDE
2022**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

S586a Silva, Alexandre Eugênio da.

Ácido salicílico e extrato de moringa oleifera como atenuadores do estresse salino em cultivares de gergelim [manuscrito] / Alexandre Eugênio da Silva. - 2022.

58 p. : il. colorido.

Digitado.

Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Estadual da Paraíba, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, 2022.

"Orientação : Profa. Dra. Nair Helena Castro Arriel, Embrapa Algodão."

1. Sesamum indicum L. 2. Salinização. 3. Fitormônio. 4. Ácido salicílico. I. Título

21. ed. CDD 631.521

ALEXANDRE EUGÊNIO DA SILVA

ÁCIDO SALICÍLICO E EXTRATO DE *Moringa oleifera* COMO ATENUADORES DO
ESTRESSE SALINO EM CULTIVARES DE GERGELIM

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Paraíba/Embrapa Algodão, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias.

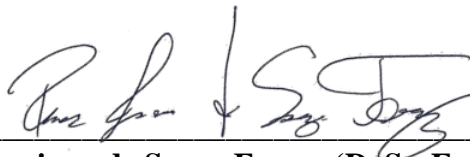
Área de Concentração: Agrobioenergia e Agricultura Familiar.

Aprovada em: 04/03/2022

BANCA EXAMINADORA



**Prof^a. Dra. Sc. Liziane Maria de Lima (D. Sc. Ciências Biológicas) -
EMBRAPA ALGODÃO**



Prof^o. D. Sc. Rener Luciano de Souza Ferraz (D. Sc. Engenharia Agrícola) - UFCG



**Prof^a. Dra. Sc. Nair Helena Castro Arriel (D. Sc. Produção Vegetal – genética e
melhoramento de plantas) - EMBRAPA ALGODÃO
(Orientadora)**

*A Mãe Natureza, a Fauna, a Flora, a MULHER.
Esses substantivos me forjaram ao longo de décadas,
e me fazem enxergar além das obviedades mundanas,
que vieram dos meus antepassados,
e que serão sempre propagados e
respeitados.....*

A minha avó Josefa Canhizares Cicchilli

(In memorian)

Dedico este trabalho

AGRADECIMENTOS

A **DEUS**, pelo sopro de vida proporcionado pela sua generosidade e grandeza, além de guiar e orientar os meus passos com humildade e resiliência, tornando-se a chave para à prosperidade e o amor.

Aos meus pais **Jonas Eugênio** e **Vera Lúcia**, a minha madrasta **Josefa Felipe**.

Aos meus irmãos **Bráulio Eugênio**, **Izabela Felipe** e a recém nascida **Izadora Felipe**.

A minha orientadora **Prof^a. Dra.Sc. Nair Helena Castro Arriel**, pelos ensinamentos e auxílio no fornecimento de equipamentos, assim como sua confiança depositada, contribuindo substancialmente para meu crescimento pessoal, durante o período em que estive sob sua orientação.

Ao meu amigo, **Prof^o. Dr. Rener Luciano de Souza Ferraz**, pelas suas importantes e irrestritas contribuições no arcabouço geral deste trabalho.

A minha companheira de longa data, **Kaline de Souza Meira**, por todo seu amor e empenho na execução geral do experimento.

Ao **Prof^o. Dr. Pedro Dantas Fernandes**, pelo fornecimento dos equipamentos, e a seus alunos doutorandos **Di Assis** e **Mirandy** pelo auxílio, na leitura e geração de dados.

A **Prof^a. Dra. Élide Barbosa Corrêa**, juntamente ao seu técnico e grande amigo **Yuri Santos**, pela disponibilidade do Laboratório de Fitopatologia, seus equipamentos e no auxílio da confecção do extrato.

Ao Pesquisador **Dr. Gilvan Barbosa Ferreira, Daise Ribeiro de Farias, Amós e Menezes**, do laboratório de solos e Nutrição de Plantas-LSNP, da Embrapa Algodão, no auxílio das análises de solo e equipamentos no geral.

A **Prof^a. Dra.Sc. Liziane Maria de Lima**, pela disponibilidade do laboratório e seus equipamentos, bem como o auxílio das colegas que tanto contribuíram: **Dra. Geisenilma Rocha, Terezinha, Fábria e Carminha**.

Aos colegas de curso: **Bruno, Cristiano, Dayse, Edson, Igor, Ivanice, Joan, Luana, Marília, Ruth** e **Tybério**, pelos bons momentos compartilhados neste período.

Ao **Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias – PPGCA**, da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, pela oportunidade de realizar atividades inerentes à função de aluno de Mestrado.

Ao corpo docente do PPGCA, em especial os professores **Alberto Soares de Melo, Carlos Henrique Salvino Gadelha Meneses, Josemir Moura Maia, Nair Helena Castro Arriel, Paulo Ivan Fernandes Júnior**, onde tive o privilégio de cumprir a carga horária inerente a suas disciplinas curriculares.

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

À **Embrapa Algodão** pela oportunidade de estágio e disponibilidade de suas instalações para execução do trabalho de mestrado.

Aos servidores da Embrapa Algodão em geral pelo apoio em todas as etapas de execução do projeto de pesquisa desse trabalho.

Ao nobre agricultor familiar **Reginaldo**, do município de Caraúbas, pelo fornecimento do sal, suas contribuições foram fundamentais para a realização deste trabalho.

RESUMO

O gergelim é uma oleaginosa de relevante valor nutricional e potencial socioeconômico no Brasil, em especial no semiárido brasileiro, porém fatores limitantes ao seu crescimento e desenvolvimento nesta região, se deve a ocorrência de águas com elevado teor de sais, logo, pesquisas visando à utilização de tecnologias que possam reduzir os efeitos adversos da salinidade às plantas, se faz necessário. Diante do exposto, objetivou-se avaliar o efeito do ácido salicílico e extrato da folha de *Moringa oleifera* nas cultivares de gergelim BRS Anahí e BRS Seda, submetidos ao estresse salino. Os tratamentos foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, combinados em esquema fatorial (2x4x4), resultando em 32 tratamentos com quatro repetições cada, totalizando 128 parcelas experimentais, sendo duas cultivares de gergelim BRS Anahí e BRS Seda, quatro *seed primings*, água destilada (controle); AS (10 ppm); (EFM 8,96%,v/v) e AS (10 ppm) + EFM 8,96% (v/v), quatro pulverizações foliares, água destilada (controle); AS (10 ppm); (EFM 8,96%,v/v) e AS (10 ppm) + EFM 8,96% (v/v). Os dados do experimento foram submetidos à análise de variância pelo teste F até 5% de probabilidade de erro. Quando significativo, as médias dos *seed priming* e das pulverizações foram comparadas pelo teste de Tukey (P<0,05) utilizando-se do software estatístico SISVAR-ESAL 5.6. A salinidade da água irrigada com 5 dS m⁻¹ provoca efeito negativo no crescimento e desenvolvimento das cultivares de gergelim, sendo o número de vagens para a cv. BRS Seda, e número de folhas e área foliar para a cv. BRS Anahí as variáveis mais prejudicadas. O *seed priming* (AS+EFM) x pulverização foliar (EFM) ocasionou maior crescimento em altura de plantas, diâmetro do caule, número de folhas, área foliar e número de vagens do gergelim cv. BRS Anahí. O *seed priming* (EFM) x pulverização foliar (AS+EFM) estimulou maior aumento na condutância estomática, taxa de assimilação de CO₂, eficiência intrínseca do uso da água e eficiência instantânea de carboxilação do gergelim cv. BRS Anahí, e *seed priming* (AS) x pulverização foliar (AS+EFM) proporcionou maior aumento na condutância estomática, taxa de assimilação de CO₂, transpiração e eficiência instantânea de carboxilação para o gergelim cv. BRS Seda. A interação SP-AS+EFM x PU-EFM promoveu o melhor desenvolvimento e produção das cultivares de gergelim, submetidos à irrigação com águas salinas.

Palavras-Chave: *Sesamum indicum* L.; Salinização; Fitormônio.

ABSTRACT

Sesame is an oilseed with relevant nutritional value and socioeconomic potential in Brazil, especially the Brazilian semi-arid region, however, limiting factors to its growth and development in this region are due to the occurrence of waters with a high content of salts, therefore, research aimed at the use of technologies that can reduce the adverse effects of salinity on plants, if necessary. Given the above, the objective was to evaluate the effect of salicylic acid (SA) and *M. oleifera* leaf extract (MOLE) on sesame cultivars BRS Anahí and BRS Seda, subjected to saline stress. The treatments were distributed in a completely randomized design, combined in a factorial scheme (2x4x4), resulting in 32 treatments with four replications each, totaling 128 experimental plots, with two sesame cultivars BRS Anahí and BRS Seda, four seed primings, distilled water (control) ; AS (10 ppm); (EFM 8.96% (m/v)) and AS (10 ppm) + EFM 8.96% (m/v), four foliar sprays, distilled water (control); AS (10ppm); (EFM 8.96% (m/v)) and AS (10 ppm) + EFM 8.96% (m/v). The experiment data were submitted to analysis of variance by the F test up to 5% error probability. When significant, the means of seed priming and spraying were compared using the Tukey test ($P<0.05$) using the statistical software SISVAR-ESAL 5.6 (FERREIRA, 2019). The salinity of water irrigated with 5 dS m^{-1} causes a negative effect on the growth and development of sesame cultivars, and the number of pods for cv. BRS Seda, and number of leaves and leaf area for cv. BRS Anahí the most affected variables. The seed priming (AS+EFM) x foliar spraying (EFM) causes greater growth in plant height, stem diameter, number of leaves, leaf area and number of pods of sesame cv. BRS Anahi. Seed priming (EFM) x foliar spraying (SA+EFM) stimulates a greater increase in stomatal conductance, CO_2 assimilation rate, intrinsic water use efficiency and instantaneous carboxylation efficiency of sesame cv. BRS Anahí, and seed priming (AS) x foliar spraying (AS+EFM) provided a greater increase in stomatal conductance, CO_2 assimilation rate, transpiration and instantaneous carboxylation efficiency for sesame cv. BRS Silk. The interaction SP-AS+EFM x PU-EFM promotes the best development and production of sesame cultivars, submitted to irrigation with saline waters.

Keywords: *Sesamum indicum* L.; Salinization; Phytohormone.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1** - Figura 1. Características do gergelim cv. BRS Anahí (A) e BRS Seda (B) aos 76 dias após a semeadura, submetidas aos tratamentos controle (SP-H₂O), ácido salicílico (AS), extrato da folha de *Moringa* (EFM) e a interação de SP-AS + EFM em função do seed priming e a pulverização foliar. Campina Grande, PB, 2022.....26
- Figura 2** - Altura de plantas do gergelim cv. BRS Anahí e BRS Seda aos 40 (A e B) e 76 (C e D) dias após a semeadura, submetidas aos tratamentos controle (SP-H₂O), ácido salicílico (AS), extrato da folha de *Moringa* (EFM) e a interação de SP-AS + EFM em função do seed priming e a pulverização foliar. Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes representam diferença entre os seed priming e aquelas seguidas de letras minúsculas diferentes representam diferença entre as pulverizações pelo teste de Tukey $p < 0,05$. Campina Grande, PB, 2022.....33
- Figura 3**- Diâmetro caulinar de plantas do gergelim cv. BRS Anahí e BRS Seda aos 40 (A e B) e 76 (C e D) dias após a semeadura, submetidas aos tratamentos controle (SP-H₂O), ácido salicílico (AS), extrato da folha de *Moringa* (EFM) e a interação de SP-AS + EFM em função do seed priming e a pulverização foliar. Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes representam diferença entre os seed priming e aquelas seguidas de letras minúsculas diferentes representam diferença entre as pulverizações pelo teste de Tukey $p < 0,05$. Campina Grande, PB, 2022.....34
- Figura 4** - Número de folhas do gergelim de plantas do gergelim cv. BRS Anahí e BRS Seda aos 40 (A e B) e 76 (C e D) dias após a semeadura, submetidas aos tratamentos controle (SP-H₂O), ácido salicílico (AS), extrato da folha de *Moringa* (EFM) e a interação de SP-AS + EFM em função do seed priming e a pulverização foliar. Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes representam diferença entre os seed priming e aquelas seguidas de letras minúsculas diferentes representam diferença entre as pulverizações pelo teste de Tukey $p < 0,05$. Campina Grande, PB, 2022.....35

Figura 5 - Área foliar de plantas do gergelim cv. BRS Anahí e BRS Seda aos 40 (A e B) e 76 (C e D) dias após a semeadura, submetidas aos tratamentos controle (SP-H₂O), ácido salicílico (AS), extrato da folha de *Moringa* (EFM) e a interação de SP-AS + EFM em função do *seed priming* e a pulverização foliar. Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes representam diferença entre os *seed priming* e aquelas seguidas de letras minúsculas diferentes representam diferença entre as pulverizações pelo teste de Tukey $p < 0,05$. Campina Grande, PB, 2022.....36

Figura 6 - Número de vagens por planta do gergelim cv. BRS Anahí e BRS Seda aos 40 (A e B) e 76 (C e D) dias após a semeadura, respectivamente (em todas as figuras), submetidas aos tratamentos controle (SP-H₂O), ácido salicílico (AS), extrato da folha de *Moringa* (EFM) e a interação de SP-AS + EFM em função do *seed priming* e a pulverização foliar. Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes representam diferença entre os *seed priming* e aquelas seguidas de letras minúsculas diferentes representam diferença entre as pulverizações pelo teste de Tukey $p < 0,05$. Campina Grande, PB, 2022.....37

Figura 7 - Matéria fresca do caule – MFC (A e B) e raiz - MFR (C e D) do gergelim cv. BRS Anahí e BRS Seda, respectivamente, aos 76 dias após a semeadura, submetidas aos tratamentos controle (SP-H₂O), ácido salicílico (AS), extrato da folha de *Moringa* (EFM) e a interação de SP-AS + EFM em função do *seed priming* e a pulverização foliar. Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes representam diferença entre os *seed priming* e aquelas seguidas de letras minúsculas diferentes representam diferença entre as pulverizações pelo teste de Tukey $p < 0,05$. Campina Grande, PB, 2022.....39

Figura 8 - Matéria fresca da folha – MFF (A e B) e parte aérea - MFPA (C e D) do gergelim cv. BRS Anahí e BRS Seda aos 76 dias após a semeadura, submetidas aos tratamentos controle (SP-H₂O), ácido salicílico (AS), extrato da folha de *Moringa* (EFM) e a interação de SP-AS + EFM em função do *seed priming* e a pulverização foliar. Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes representam diferença entre os *seed priming* e aquelas seguidas de letras minúsculas diferentes representam diferença entre as pulverizações pelo teste de Tukey $p < 0,05$. Campina Grande, PB, 2022.....40

Figura 9 - Matéria seca da planta – MSP (A e B) do gergelim cv. BRS Anahí e BRS Seda aos 76 dias após a semeadura, submetidas aos tratamentos controle (SP-H₂O), ácido salicílico (AS), extrato da folha de *Moringa* (EFM) e a interação de SP-AS + EFM em função do *seed priming* e a pulverização foliar. Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes representam diferença entre os *seed priming* e aquelas seguidas de letras minúsculas diferentes representam diferença entre as pulverizações pelo teste de Tukey p<0,05. Campina Grande, PB, 2022.....41

Figura 10 - Condutância estomática – gs (A e B) e taxa de assimilação de CO₂ - A (C e D) do gergelim cv. BRS Anahí e BRS Seda aos 61 dias após a semeadura, submetidas aos tratamentos controle (SP-H₂O), ácido salicílico (AS), extrato da folha de *Moringa* (EFM) e a interação de SP-AS + EFM em função do *seed priming* e a pulverização foliar. Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes representam diferença entre os *seed priming* e aquelas seguidas de letras minúsculas diferentes representam diferença entre as pulverizações pelo teste de Tukey p<0,05. Campina Grande, PB, 2022.....43

Figura 11 - Transpiração - E (A e B) e concentração interna de CO₂ - Ci (C e D) do gergelim cv. BRS Anahí e BRS Seda aos 61 dias após a semeadura, submetidas aos tratamentos controle (SP-H₂O), ácido salicílico (AS), extrato da folha de *Moringa* (EFM) e a interação de SP-AS + EFM em função do *seed priming* e a pulverização foliar. Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes representam diferença entre os *seed priming* e aquelas seguidas de letras minúsculas diferentes representam diferença entre as pulverizações pelo teste de Tukey p<0,05. Campina Grande, PB, 2022.....44

Figura 12 - Eficiência intrínseca do uso da água - (*EiUA, A/gs*) (A e B) e eficiência instantânea de carboxilação - (*EiCi, A/Ci*) (C e D) do gergelim cv. BRS Anahí e BRS Seda aos 61 dias após a semeadura, submetidas aos tratamentos controle (SP-H₂O), ácido salicílico (AS), extrato da folha de *Moringa* (EFM) e a interação de SP-AS + EFM em função do *seed priming* e a pulverização foliar. Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes representam diferença entre os *seed priming* e aquelas seguidas de letras minúsculas diferentes representam diferença entre as pulverizações pelo teste de Tukey p<0,05. Campina Grande, PB, 2022.....45

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Características químicas do solo utilizado no experimento.....27
- Tabela 2** - Resumo do teste F para altura de plantas (ALT40), diâmetro caulinar (DIA40), número de folhas (NF40), número de vagens (NV40), área foliar (AF40), altura de plantas (ALT76), diâmetro caulinar (DIA76), número de folhas (NF76), número de vagens (NV76) e área foliar (AF76) no período de 40 e 76 DAS de plantas do gergelim cv. BRS Anahí e BRS Seda submetidas aos tratamentos controle (SP-H₂O), ácido salicílico (AS), extrato da folha de Moringa (EFM) e a interação de AS + EFM em função do *seed priming* e a pulverização foliar, Campina Grande, PB, 2022.....32
- Tabela 3** - Resumo do teste F para matéria fresca do caule (MFC), matéria fresca da raiz (MFR), matéria fresca da folha (MFF), matéria fresca da parte aérea (MFPA), e matéria seca da planta (MSP) aos 76 DAS, submetidas aos tratamentos controle (SP-H₂O), ácido salicílico (AS), extrato da folha de Moringa (EFM) e a interação de AS + EFM em função do *seed priming* e a pulverização foliar, Campina Grande, PB, 2022.....38
- Tabela 4** - Resumo do teste de F para condutância estomática (gs), taxa de assimilação de CO₂ (A), taxa transpiratória (E) e concentração interna de CO₂ (Ci), eficiência intrínseca do uso da água (EiUA) e eficiência intrínseca da carboxilação (EiCi) do gergelim cv. BRS Anahí e BRS Seda aos 61 DAS, submetidas aos tratamentos controle (SP-H₂O), ácido salicílico (AS), extrato da folha de Moringa (EFM) e a interação de AS + EFM em função do *seed priming* e a pulverização foliar, Campina Grande, PB, 2022.....42

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS	16
2.1	Geral	16
2.2	Específicos	16
3	REVISÃO DE LITERATURA	17
3.1	Gergelim	17
3.1.1	Aspectos botânicos	17
3.1.2	Breve histórico	17
3.1.3	Aspectos da produção	18
3.1.4	Condições de cultivo	19
3.2	Comportamento fisiológico e metabólico de plantas sob condições de estresse salino	20
3.2.1	Estresse salino e mecanismos osmóticos em plantas	20
3.2.2	Estresse oxidativo e mecanismos de defesa em plantas	21
3.3	Ácido salicílico na agricultura	22
3.4	Extrato da folha de <i>Moringa oleifera</i> Lam.	22
3.5	Seed Priming	24
4	METODOLOGIA	25
4.1	Localização	25
4.2	Tratamentos e delineamento estatístico	25
4.2.1	BRS-Anahí	25
4.2.2	BRS Seda	26
4.3	Instalação e condução do experimento	27
4.4	Preparação do extrato da folha de <i>Moringa</i>	27
4.5	Aplicação do <i>seed priming</i>	28
4.6	Salinização da água e manejo da irrigação	28
4.7	Pulverização foliar	30
4.8	Variáveis analisadas	30
4.8.1	Crescimento	30

4.8.2	Trocas gasosas	31
4.8.3	Análise estatística	31
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
5.1	Crescimento vegetativo	32
5.2	Variáveis relacionadas a fisiologia	42
6	CONCLUSÕES.....	47
	REFERÊNCIAS	48

1 INTRODUÇÃO

O gergelim (*Sesamum indicum* L.) é uma das mais antigas oleaginosas, amplamente cultivadas na África e na Ásia por suas sementes nutricionais de alta qualidade. É bem adaptado a ambientes extremos e constitui uma alternativa de colheita para pequenos agricultores nos países em desenvolvimento (DOSSA et al., 2017). No Brasil a cultura vem se expandindo em várias localidades das regiões Sudeste, Centro-Oeste, Norte e, inclusive, da Região Sul, desde que as condições climáticas no período de cultivo se assemelhem às da Região Nordeste, onde a cultura apresenta excelente desempenho produtivo (ARRIEL et al., 2009, CONAB 2022).

Porém, o seu crescimento e desenvolvimento são bastante afetados pelas condições adversas como a seca, o alagamento, o estresse por calor e sal, representando os principais fatores abióticos que prejudicam o rendimento e a produtividade do gergelim (MARURI-LÓPEZ et al., 2019; ZHANG et al., 2019). Especificamente, a salinidade do solo está se tornando um problema significativo, pois é encontrada em todos os climas, sendo o NaCl o mais predominante dentre os inúmeros sais presentes no solo (EVELIN et al., 2019).

Devido aos processos antropogênicos de salinização do solo como: má drenagem, irrigação com águas subterrâneas salobras, irrigação contínua por longos períodos, manejo inadequado da água e métodos culturais na agricultura irrigada, a Organização para Agricultura e Alimentação - FAO (2015) previu que, cerca de um bilhão de hectares (ha) em mais de 100 países, encontre problemas relacionados com a salinidade. Por outro lado, a Terra sairá dos atuais 7,7 bilhões de pessoas e chegará a 9,7 bilhões até 2050 (ONU, 2019), portanto alcançar a segurança alimentar para a crescente população em meio às terras agricultáveis em declínio é uma das tarefas mais importantes para a agricultura moderna.

Neste contexto, a Embrapa Algodão vem, ao longo de mais de 36 anos, realizando pesquisas para a cultura do gergelim nas áreas de melhoramento genético, a fim de promover o fomento da cultura no Brasil, especialmente na região Nordeste e, recentemente, na região Centro-Oeste, envolvendo cultivares como a BRS-Morena, BRS-Seda e a BRS-Anahí com excelentes potencialidades econômicas, agrônômicas e sociais, bem como as novas cultivares (ARRIEL et al., 2015; EMBRAPA 2020).

Nesse cenário, a cadeia produtiva do gergelim tem demandado por inovações tecnológicas imprescindíveis para o manejo da cultura em diferentes condições de cultivo, destacando-se o desenvolvimento de cultivares adaptadas às condições locais, com

características de tolerância às principais doenças fúngicas que infestam a cultura do gergelim, além de uniformidade, precocidade e excelente potencial produtivo aliado às modernas técnicas de cultivo; o desenvolvimento de tecnologias e práticas de rotação de culturas, manejo fitossanitário, manejo de plantas daninhas, definição de épocas de semeadura, determinação de necessidades nutricionais e práticas de colheita (EMBRAPA 2022).

Algumas práticas aliadas à otimização da cadeia produtiva do gergelim como a utilização do ácido salicílico e o extrato da folha de *M. oleifera* como atenuadores do estresse abiótico causado pela salinização, notadamente, devido o fitormônio ácido salicílico estar diretamente envolvido na resistência e tolerância a inúmeros estresses, dentre eles o salino (MARURI-LÓPEZ et al., 2019), demonstrando que o AS pode atuar como um modulador para tensões decorrentes da salinidade (KHOSHBAKHT e ASGHAREI, 2015).

Além disso, o extrato da folha de *Moringa oleifera* está entre os promotores naturais de crescimento, rendimento e a qualidade de diferentes plantas, por ser rico em K, Ca, Fe, aminoácidos, ascorbato e hormônios reguladores do crescimento, como a zeatina, um derivado natural da citocinina (YASMEEN et al., 2016). Quando aplicado nas sementes ou via foliar tem demonstrado melhorar a tolerância da planta a estresses abióticos, incluindo a salinidade, tornando-se um potencial estimulante do crescimento natural (YASMEEN et al., 2013; RADY et al., 2013; HOWLADAR et al., 2014).

Diante do exposto, objetivou-se avaliar o efeito do ácido salicílico e do extrato da folha de *M. oleifera* em cultivares de gergelim, submetidos ao estresse salino.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar a ação do ácido salicílico e do extrato de folhas de *M. oleifera* em genótipos de gergelim sob condição de estresse salino, por meio de análises agronômicas e fisiológicas, a fim de identificar o tratamento que mais mitige o estresse.

2.2 Específicos

a) Avaliar as variações no crescimento e desenvolvimento das cultivares de gergelim, promovidas pela salinidade da água e suplementadas com ácido salicílico e extrato da folha de *M. oleifera* via seed priming e pulverização foliar.

b) Determinar as trocas gasosas das cultivares de gergelim irrigado com água salina, tratadas com priming e aplicação foliar de ácido salicílico e extrato de folhas de *M. oleifera*.

c) Avaliar a matéria fresca e seca bem como os componentes de produção das cultivares de gergelim.

d) Identificar a interação entre o seed priming e a pulverização foliar que proporcione maior crescimento e produtividade das cultivares de gergelim, submetidos a irrigação com águas salinas.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Gergelim

3.1.1 Aspectos botânicos

O gergelim é classificado da seguinte maneira: Divisão: Embriophitasifanogamae; Subdivisão: Fanerogamae ou espermatófita; Filo: Angiospermae; Classe: Dicotiledonea; Subclasse: Metaclamydeae; Ordem: Tubiflorae; Subordem: Solamineae; Família: Pedaliaceae; Tribo: Sesameae; Gênero: *Sesamum*; Espécie: *Sesamum indicum* L (ARRIEL et al., 2009).

Existem 38 espécies já determinadas dentro do gênero *Sesamum*; 30 delas estão localizadas na África e duas na Índia. O gergelim é uma planta que possui grande heterogeneidade de características morfológicas e tem período vegetativo de 3 a 4 meses.

Apresenta altura entre 0,5 m e 3,0 m, de caule ereto, com ou sem ramificações, com ou sem pelo e com sistema radicular pivotante. As folhas se apresentam alternadas e opostas, sendo as da parte inferior da planta adulta, mais largas e irregularmente dentadas ou trilobadas, enquanto as da parte superior são oval-oblongas ou lanceoladas. As flores são completas e axilares, variando de 1 a 3 por axila foliar, a corola é branca ou rosada. O fruto é uma cápsula mucronada (ápice de ponta curta e dura) alongada pilosa deiscente (que se abre ao atingir a maturação) ou indeiscente, com 2 cm a 8 cm de comprimento, dependendo da variedade. A cor das sementes varia do branco ao preto. As sementes são pequenas 1.000 sementes pesam entre 2 g e 4 g, dependendo da cultivar e do ambiente (ARRIEL et al., 2009).

3.1.2 Breve histórico

O gergelim é uma das mais antigas culturas oleaginosas herbáceas cultivadas, principalmente nas áreas tropicais e subtropicais do mundo (KHADEMIAN et al., 2019). Acredita-se que o gergelim é uma das culturas mais antigas do mundo, sendo cultivada na Babilônia e Assíria há 4.000 anos (ANTONIASSI et al., 2013).

A origem do gergelim tem sido discutida há mais de um século entre muitos estudiosos. Presume-se que a planta tenha se originado na África e depois se espalhado para a Índia, China e Japão (ZENAWI E MIZAN, 2019), considerando-se a África como o continente de origem da cultura, uma vez que ali existe a maioria das espécies silvestres do gênero *Sesamum*, ao passo que na Ásia se encontra uma riqueza de formas e variedades das espécies cultivadas. No Brasil, o gergelim foi introduzido pela região Nordeste pelos

portugueses no século XVI, tradicionalmente plantado para o consumo local (ARRIEL et al., 2007).

O gergelim, comumente conhecido como a rainha das sementes oleaginosas, é rico pelo seu óleo de alta qualidade. Esta cultura tem uma peculiar capacidade para resistir aos estresses bióticos e abióticos, com crescimento elevado em solos drenados de diversas regiões agroclimáticas e bem adaptado a diferentes rotações culturais (KABI et al., 2019).

A cultura desempenha um papel muito importante na preservação da segurança alimentar e nutricional, bem como na melhoria dos meios de subsistência nas regiões em desenvolvimento do mundo. Na última década, a produção de sementes de gergelim dobrou, mostrando o crescente interesse por essa cultura (DOSSA et al., 2017).

3.1.3 Aspectos da produção

Segundo Zhang et al. (2019a), o gergelim é uma cultura tradicional, cultivada em cerca de 75 países da África, Ásia, América Central e América Latina. Por ter sido cultivado há muito tempo em regiões tropicais e subtropicais, é altamente tolerante a ambientes de elevada temperatura e seca.

Os cinco principais países produtores de gergelim classificados por área colhida incluem Sudão (2.134.860 ha), Índia (1.900.000 ha), Mianmar (1.495.250 ha), Tanzânia (900.000 ha) e Sudão do Sul (611.644 ha) (ZHANG et al., 2019b). No entanto, a Tanzânia foi o maior produtor, com uma produção de gergelim de 0,80 milhão de toneladas, seguida por Mianmar (0,76 milhão de toneladas) e Índia (0,75 milhão de toneladas) (FAO, 2019b). A China foi o principal país, com o maior rendimento unitário por área de gergelim de 1056,9 kg/ha⁻¹. No entanto, o rendimento unitário da área do gergelim mundial permaneceu baixo, com apenas 577,9 kg/ha⁻¹ (ZHANG et al., 2019c).

Em 2020, a área total colhida de gergelim no mundo foi de 13,965 milhões de hectares (ha), com uma produção anual de 6,803 milhões de toneladas e produtividade de 470 kg/ha⁻¹, África e a Ásia respondem por 95,9% dessa produção total (FAO, 2022). No Brasil são priorizadas outras culturas de plantio como a soja e o algodão, com isso o cultivo do gergelim apresenta números bem modestos em comparação com as principais oleaginosas. Além da região Nordeste, como destaque na produção de gergelim, os estados de Mato Grosso (maior produtor), Goiás, São Paulo, Mato Grosso e Minas Gerais também cultivam o gergelim (ARRIEL et al., 2007; OLIVEIRA e ARRIEL., 2019; CONAB 2022).

Atualmente o cultivo de gergelim no Brasil está estimado para a safra 2021/2022, uma área cultivada em torno de 143,5 mil hectares, com uma produção de 78,5 mil toneladas e uma produtividade de 547 kg/ha⁻¹ do grão (CONAB, 2022), o estado do Mato Grosso, sobretudo os municípios de Canarana e Água Boa, na região leste do estado, concentra a maior parte da produção (Embrapa, 2021).

3.1.4 Condições de cultivo

Recomendada para cultivo em regiões com precipitação pluviométrica variando entre 300 mm e 850 mm anuais bem distribuídos durante o ciclo de cultivo. A temperatura entre 23 °C e 30 °C e altitude máxima de 1.250 m acima do nível do mar. O gergelim se desenvolve bem em diversos tipos de solo; porém, a planta atinge a plenitude em solos profundos, pelo menos 60 cm, bem drenados e de boa fertilidade natural, francos do ponto de vista textural, desde franco-arenosos até franco-argilosos. Os solos muito argilosos devem ser evitados, pois as plantas são extremamente susceptíveis, mesmo a curtos períodos de alagamento, em qualquer estágio do seu desenvolvimento. A planta tem predileção por solos de reação neutra, pH próximo de 7,0, não tolera acidez elevada, abaixo de pH 5,5, nem alcalinidade excessiva, acima de pH 8,0, sendo extremamente sensível à salinidade, e especialmente à alcalinidade, em virtude do sódio trocável que pode tornar-se tóxico ao metabolismo da planta, dependendo da concentração (BELTRÃO et al., 2001).

Por ser sensível aos sais, deve-se ter cuidado com o cultivo do gergelim em áreas irrigadas no Nordeste do Brasil, onde várias áreas em diversos perímetros irrigados já apresentam problemas de salinização. No início do desenvolvimento da plântula, o gergelim apresenta tolerância à salinidade; porém, nos demais estágios de crescimento, é extremamente sensível (LIMA et al., 2009).

Nas regiões produtoras de gergelim no Nordeste brasileiro, predominam os solos: Podzólico Vermelho-Amarelo Equivalente eutrófico, Vertissolos, Bruno Não-Cálcico, Solos Litólicos eutróficos, Planossolos solódicos, Solonetz solodizado, Latossolos Vermelho-Amarelo distróficos, areias quartzosas distróficas e Cambissolo eutrófico, o que reflete a ampla adaptação da cultura à diversidade edáfica, pois, nessas condições, tem sido possível obter produtividades acima da média mundial (AMORIM NETO et al., 2001).

Em solos da região de Cerrado, como é o caso dos Oxissolos e Ultissolos, ocorre considerável quantidade de alumínio trocável, e, por isso, deve ser dada atenção especial à correção do solo via calagem (BELTRÃO et al., 2001).

3.2 Comportamento fisiológico e metabólico de plantas sob condições de estresse salino

A condição salina cria uma ampla gama de alterações fisiológicas, bioquímicas e moleculares nas plantas. O estresse salino inicialmente causa toxicidade de íons, choque osmótico e estresse oxidativo, posteriormente, esses efeitos nocivos induzidos pela salinidade podem expor as plantas a estresses secundários, via diminuição da capacidade da planta na absorção de água e nutrientes (KHADEMIAN et al., 2019).

O estresse salino provoca desnaturação proteica e desestabilização de membranas, que reduzem o crescimento vegetal acima do solo e inibe a fotossíntese, assim como a redução da expansão celular/foliar, redução das atividades celulares e metabólicas, fechamento estomático, abscisão foliar, alteração na partição do carbono, produção de espécies reativas de oxigênio - EROs e em casos mais graves causa a morte celular (TAIZ et al., 2017). Os impactos da salinização do solo e da água doce são generalizados e substanciais. À medida que um número crescente de terras e ecossistemas agrícolas é afetado, um foco maior está sendo alocado para esse problema, principalmente na comunidade científica (LITALIEN e ZEEB, 2020).

3.2.1 Estresse salino e mecanismos osmóticos em plantas

Segundo Taiz et al. (2017), o estresse salino tem dois componentes: estresse osmótico não específico, que causa déficits de água, e efeitos iônicos específicos resultantes da acumulação de íons tóxicos, que interferem na absorção de nutrientes e provocam citotoxicidade. Desequilíbrios iônicos e osmóticos em condições de estresse salino prejudicam o crescimento e o desenvolvimento das plantas (AHMAD et al., 2019).

Plantas expostas ao estresse salino acumulam íons salinos, como um osmólito armazenado nos vacúolos para evitar toxicidade (MUNNS e TESTER, 2008). Além disso, eles também sintetizam solutos compatíveis, como prolina, polióis, glicina betaína etc., para ajuste osmótico celular (DE OLIVEIRA et al., 2013). A salinidade faz com que os estômatos foliares restrinjam o volume de trocas gasosas com o meio ambiente, isso geralmente melhora um pouco a eficiência do uso da água da planta, mas também reduz a quantidade de dióxido de carbono que pode ser fixada pela planta e usada para o crescimento (ZHANG et al., 2019).

Baixo teor de água ou alto teor de sal nas células é altamente problemático para as plantas, pois pode impedir o bom funcionamento das proteínas. Como resultado, as plantas

podem produzir solutos compatíveis (osmoprotetores); moléculas que são osmoticamente ativas e estimulam o movimento da água nas raízes, sem interferir na função das proteínas. Osmoprotetores também evitam danos causados pela produção de espécies reativas de oxigênio que ocorrem em condições de seca e protegem as membranas celulares (SINGH et al., 2015).

A cultivar de gergelim BRS Seda é indicada para a região do Nordeste brasileiro por apresentar resistência às principais pragas da cultura e tolerância à seca, entretanto, é considerada sensível à salinidade (ARRIEL et al., 2009). O efeito da salinidade sobre a germinação de gergelim cv. BRS Seda foi severo, provocando reduções de 53% e 59% em solos com condutividade elétrica de 4,8 e 6,8 dS m⁻¹, respectivamente (LIMA et al., 2009).

3.2.2 Estresse oxidativo e mecanismos de defesa em plantas

A salinidade do solo é uma questão importante que limita a produtividade e a qualidade das culturas agrícolas em muitas regiões áridas e semiáridas do mundo. As condições hipersalinas afetam as culturas estressadas em vários aspectos, causando estresse oxidativo, genotoxicidade, desequilíbrio iônico, toxicidade, deficiência nutricional e estresse osmótico, resultando em um estado não saudável das plantas (SHAH et al., 2017). A exposição de longo prazo a salinidade, resulta em tensões iônicas e oxidativas substanciais, causadas devido à maior quantidade de influência de NaCl (FERCHICHI et al., 2018).

O estresse oxidativo resulta de condições que promovem a formação de EROs, que podem danificar ou matar células. Os fatores ambientais que causam estresse oxidativo, além da salinidade, incluem poluição do ar, herbicidas, metais pesados, seca, estresse por calor e frio, ferimentos, a transição para anóxia e reoxigenação, luz UV e condições de luz intensa que estimulam a fotoinibição. O estresse oxidativo também ocorre em resposta à senescência e infecção por patógenos (BUCHANAM et al., 2015).

As plantas utilizam sistemas de inativação de EROs, como enzimas (catalase, superóxido dismutase, ascorbatoperoxidase) e moléculas antioxidantes (p. ex., ascorbato e glutatona), para proteger a si mesmas do dano oxidativo. Contudo, as concentrações de antioxidantes das plantas diminuem durante a senescência foliar, enquanto os níveis de EROs aumentam (TAIZ et al., 2017). As EROs prejudicam as funções celulares devido a suas reações oxidativas com lipídios e proteínas da membrana, ácidos nucleicos, inativação enzimática e eventualmente levam à morte celular (MANSOUR et al., 2019).

3.3 Ácido salicílico na agricultura

O ácido salicílico (AS) é um fitormônio fenólico que regula muitos aspectos do crescimento e do desenvolvimento vegetal, bem como várias respostas a estresses bióticos e abióticos. Ele também regula positivamente a senescência foliar do desenvolvimento (TAIZ et al., 2017).

Um interesse mais amplo pelo AS foi gerado quando estava intimamente ligado à resposta hipersensível, um mecanismo de resistência a doenças no qual as plantas restringem a disseminação de patógenos fúngicos, bacterianos ou virais, produzindo lesões necróticas em torno do ponto inicial de penetração. O aumento da resistência, que se desenvolve ao longo de um período de vários dias a uma semana após a invasão inicial do patógeno, é chamado de resistência adquirida sistêmica (SAR), assim presume-se que o ácido salicílico derivado do ácido benzoico seja um sinal endógeno para esse tipo especial de imunidade vegetal (BUCHANAN et al., 2015). A SAR é um fenômeno bem conhecido em plantas superiores, nas quais a ativação local de uma resposta de defesa por infecção primária desencadeia resistência de amplo espectro contra patógenos microbianos nas partes distais da planta (TIAN e ZHANG, 2019).

Os insetos sugadores ativam a rota de sinalização do ácido salicílico, que geralmente está associada a infecções por agentes patogênicos, após a infecção, a concentração intracelular de ácido salicílico aumenta pronunciadamente (TAIZ et al., 2017).

Além do mais, existem evidências de que a aplicação de AS afeta vários aspectos do crescimento e desenvolvimento das plantas, incluindo germinação de sementes, crescimento vegetativo, floração, produção de frutos, senescência, termogênese, fotossíntese, respiração, alterações na via respiratória alternativa, glicólise e o ciclo de Krebs (KHAN et al., 2015 ; DEMPSEY e KLESSIG, 2017 ; KLESSIG et al., 2018).

3.4 Extrato da folha de *Moringa oleifera* Lam.

Moringa oleifera, pertencente à família Moringaceae, é nativa das regiões tropicais e subtropicais da Ásia e da África, é uma árvore altamente valiosa e identificada como uma boa fonte de agentes antioxidantes (AFZAL et al., 2019).

Como meios alternativos de intensificar a proteção vegetal às condições adversas, nos últimos anos têm aumentado o uso de elicitores exógenos como o silício, prolina e metionina (MEWARD et al., 2018).

O extrato da folha de *M. oleifera* (EFM) destaca-se como atenuador de estresse nos vegetais, é uma fonte rica em macro e micronutrientes, vitaminas, antioxidantes, auxinas, prolina, giberelinas, citocininas, ácido salicílico, ácido indol-3-acético (AIA) e ácido jasmônico (NJOKU e ADIKWU, 1997; NAMBIAR et al., 2005). Segundo Rady et al. (2013), o EFM é rico em muitos minerais como cálcio, magnésio, potássio, fósforo, ferro, manganês, zinco e cobre. Ademais rico em carotenóides, além de alguns osmoprotetores como aminoácidos, açúcares solúveis e K.

Ainda, Xu et al. (2019) obtiveram resultados salientando que, folhas de *M. Oleifera* são ricas em flavonóides e ácidos fenólicos, o que explica as melhores atividades antioxidantes e anti-inflamatórias em potencial.

A utilização de EFM tem sido uma alternativa usada por inúmeros pesquisadores, demonstrando resultados significativos, como sendo um bioestimulante para aumentar o crescimento e o rendimento de muitas plantas, por exemplo, manjeriço (*Ocimum sanctum* Linn) (PRABHU et al., 2010), gerânio (ALI et al., 2018), frésia (*Freesia hybrida* L.) (AHMAD et al., 2019) e feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) (MAISHANU et al., 2017). Agindo também como mitigador aos efeitos deletérios do estresse salino (NaCl) em feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.), e estresse hídrico em abóbora (*Cucurbita pepo* L.) e milho (*Zea mays* L.) (RADY et al., 2013; ABD EL-MAGEED et al., 2017; MASWADA et al., 2018).

Pulverização foliar de plantas com o EFM preparado em etanol a 80% e depois diluído com água produziu alguns efeitos notáveis, como, aceleração do crescimento de plantas jovens, com plantas mais firmes, mais resistentes a pragas e doenças, vida útil mais longa, raízes, caules e folhas mais pesadas, conseqüentemente produzindo frutos de tamanhos maiores e mais frutos, proporcionando no geral um rendimento entre 20 a 35% (FOIDL et al., 2001).

O EFM, rico em K, Ca, Fe, aminoácidos, ascorbato e hormônios reguladores do crescimento, como a zeatina, é um estimulador ideal para o crescimento de diferentes espécies de plantas, como algodão, trigo e tomate, permitindo aumentar o rendimento entre 20 a 35% (Yasmeen et al., 2016). A aplicação exógena do EFM pode alterar os níveis endógenos de citocinina, o conteúdo aprimorado estimula a divisão celular, resultando em parâmetros significativamente mais altos de crescimento e contribuição para o rendimento (YASMEEN et al., 2013). Arif et al. (2019) verificaram que a aplicação exógena de EFM tiveram um grande efeito em atividades fotossintéticas e enzimáticas que se apropriam da eficiência da utilização

de nutrientes e, assim, melhoram o crescimento e o rendimento do algodão e seus caracteres de qualidade.

3.5 Seed Priming

Agricultores romanos já realizavam a pré-hidratação das sementes de leguminosas antes da sementeira, a fim de aumentar a taxa de germinação e sincronizar a germinação, conforme relatado pelo naturalista romano Gaius Plinius Secundus, e vários séculos depois, essa metodologia ainda é usada para uma ampla gama de espécies (Evenari 1984).

É uma técnica de hidratação simples e de baixo custo, no qual as sementes são parcialmente hidratadas à um ponto em que as atividades metabólicas da pré-germinação começam sem germinação real e depois são secas novamente até o peso seco original. A preparação de sementes é empregada para melhorar o plantio e aumentar a produtividade em uma variedade de culturas (YADAV et al., 2018).

A preparação de sementes fornece a hidratação controlada para sementes até um ponto específico em que o processo de germinação começa; no entanto, a protrusão radicular não ocorre (HUSSAIN et al., 2019). Por esse motivo, o *seed priming* é considerado uma abordagem importante para melhorar a defesa das plantas contra estresses bióticos e abióticos (HOSSAIN et al. 2015).

O *seed priming* é um método econômico que pode melhorar a taxa de germinação das sementes e reduzir o tempo de emergência das mudas (IBRAHIM, 2016; YADAV et al., 2018) e superar os impactos tóxicos do estresse abiótico (WOJTYLA et al., 2016).

Segundo Lutts et al. (2016) o fitohormônio (AS) foi proposto como um estimulador revigorante que promove a germinação de sementes de trigo quando fornecido exogenamente, pois esse método de pré-tratamento aumenta a capacidade do trigo crescer com sucesso sob estresse salino: o AS reinduziu o programa de maturação tardia durante os estágios iniciais da germinação, induziu a síntese de enzimas antioxidantes e melhorou a qualidade da tradução de proteínas. Resultados obtidos por Safari et al. (2018) em *priming* de sementes de gergelim com 10 e 50 partes por milhão (ppm) de AS mantiveram a taxa de germinação e uniformidade em 85 e 83% em condutividade elétrica de 6 e 8 decisiemens por metro (dS/m^{-1}) respectivamente.

Além disso, resultados obtidos por Nouman et al. (2014a) mostraram que o *priming* de *M. oleifera* tiveram um aumento da atividade de superóxido dismutase, catalase e ascorbato peroxidase elevando a tolerância da planta ao estresse salino.

4 METODOLOGIA

4.1 Localização

O experimento foi conduzido no ano de 2021, em casa de vegetação no Centro Nacional de Pesquisa de Algodão da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (CNPQ/Embrapa Algodão), situada na microrregião de Campina Grande, PB, sob as coordenadas geográficas: latitude 07°13'S, longitude 53°31'W Greenwich. A cidade está situada a uma altitude de 551 metros, com clima equatorial semiárido e temperatura média de 25 °C, com umidade relativa do ar variando entre 72 e 91%, assim como no Laboratório de Fitopatologia no Centro de Ciências Agrárias e Ambientais (CCAA) da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), localizado no município de Lagoa Seca – PB, nas coordenadas de Latitude 7° 09' S, Longitude 35° 52' W e altitude de 634 m (SILVA et al., 2019).

4.2 Tratamentos e delineamento estatístico

No estudo foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado (DIC), combinados em esquema fatorial (2x4x4), resultando em 32 tratamentos com quatro repetições cada, totalizando 128 parcelas experimentais, sendo duas cultivares de gergelim BRS Anahí e BRS Seda: quatro *seed primings* - água destilada (controle), AS (10 ppm), (EFM 8,96% (v/v)) e AS (10 ppm) + EFM 8,96% (v/v), quatro pulverizações foliares, água destilada (controle), AS (10 ppm), (EFM 8,96% (v/v)) e AS (10 ppm) + EFM 8,96% (v/v).

Tanto para a embebição (*seed priming*), quanto para a pulverização foliar de EFM, AS e a interação de EFM/AS, a dose ideal foi utilizada seguindo a metodologia de SAFARI et al. (2018) e RADY et al. (2015), respectivamente.

4.2.1 BRS-Anahí

A BRS Anahí é uma cultivar de gergelim de desempenho agrônômico superior às demais cultivares desenvolvidas no Brasil, apresenta sementes graúdas, alta produtividade e características de cor, brilho e sabor de interesse da indústria alimentícia. Por isso tem potencial para suprir o mercado interno e oportunidade de exportação.

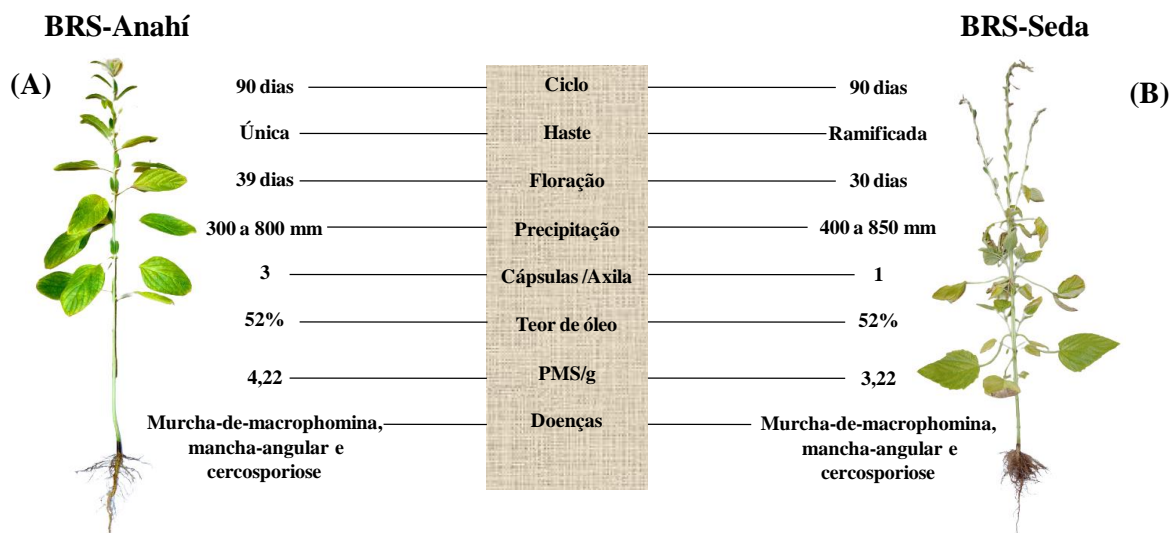
Como benefícios econômicos a cultivar constitui um passo importante em sistemas de cultivos adensados com colheita mecanizada. Esta característica também facilita o manejo das plantas em colheita manual com redução do índice de perdas de grão para o solo, beneficiando diretamente os agricultores; agroindústria; indústria de alimentos, farmacêutica, oleoquímica e cosméticos. Alcançando uma vasta cobertura geográfica nacional como os

estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte, Sergipe, Amapá, Roraima, Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Tocantins (ARRIEL et al., 2015).

4.2.2 BRS Seda

A cultivar de gergelim BRS Seda (Figura 1B) foi obtida através de seleção massal aplicada na cultivar Zirra FAO 51284 com pressão de seleção para sementes de coloração branca. A BRS Seda possui porte médio (1,55 m), ciclo de 90 dias, início do florescimento aos 36 dias após a germinação com floração e maturação uniformes. Apresenta sementes de cor branca e teor de óleo superior a 52%. Também é tolerante à mancha angular, cercosporiose e à Murcha-de-Macrophomina. Rendimento potencial para até 2500 kg/ha⁻¹ de sementes, em condições ideais de solo, água e manejo da cultura. É indicada para o cultivo na região Nordeste, Cerrados de Goiás, Distrito Federal, Mato Grosso e São Paulo e região Norte Fluminense (precipitação de 400 a 850 mm, bem distribuídos), Cerrado (1^a cultura, plantada em jan./fev.; após colheita da soja, arroz ou milho precoce (ARRIEL et al., 2007).

Figura 1 - Características do gergelim cv. BRS Anahí (A) e BRS Seda (B) aos 76 dias após a sementeira, submetidas aos tratamentos controle (SP-H₂O), ácido salicílico (AS), extrato da folha de Moringa (EFM) e a interação de SP-AS + EFM em função do seed *priming* e a pulverização foliar. Campina Grande, PB, 2022.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

4.3 Instalação e condução do experimento

Preliminarmente o solo de textura arenoso não salino e não sódico, foi peneirado e incorporado 600 g de substrato para melhorar à estrutura e a retenção de água do material do solo, cujas características químicas estão apresentadas na Tabela 1. Após as análises, foi feito a calagem utilizando-se de um calcário dolomítico dois meses antes do plantio, seguindo as recomendações para a cultura do gergelim.

Tabela 1 - Características químicas do solo utilizado no experimento.

Fertilidade do solo											
pH (H ₂ O)	Complexo Sortivo (mmolc/dm ³)							%	mmolc/dm ³	mg/dm ³	g/kg
	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	S	H ⁺ Al	T				
1:2,5											
4,6	35,0	11,0	2,0	3,6	51,6	56,9	108,5	47,5	4,5	93,1	39,0

Fonte: Elaborada pelo autor, 2022. (pH – Potencial hidrogeniônico, Ca²⁺ - Cálcio; Mg²⁺ - Magnésio; Na⁺ - Sódio; K⁺ - Potássio; S – Enxofre; H⁺Al – Acidez potencial ou total; T – Capacidade de troca catiônica (CTC) subtraída da soma de bases (SB) mais o Alumínio (AL); Al⁺³ – Acidez trocável; P – Fósforo; M.O – Matéria orgânica.

4.4 Preparação do extrato da folha de *Moringa*

Folhas de *M. oleifera* foram obtidas de uma planta matriz cultivada em propriedade urbana, localizada na cidade de Campina Grande, PB, Brasil (7°12'36.8"S 35°52'51.0"W). Foram pesados quinhentos gramas de folhas, em seguida desinfestadas com hipoclorito de sódio a 1%, por 2 min (RADY et al., 2013; RADY e MOHAMED et al., 2015), sob agitação constante, logo após, lavadas com água corrente e depois com água destilada, para total retirada dos resíduos, em seguida as folhas foram secas à sombra durante sete dias.

As folhas secas foram moídas em um moinho de facas tipo Willey resultando em um pó fino e então, misturadas com 1 litro de Álcool etílico hidratado 92,8° INPM (Instituto Nacional de Pesos e Medidas) e acondicionadas em garrafa tipo PET em temperatura ambiente à sombra por 48h, sendo agitada a cada quatro horas. Após o processo de agitação, a solução foi filtrada duas vezes através de papel filtro Whatman No. 1.

A solução filtrada foi evaporada com a ajuda de um evaporador rotativo a vácuo. O extrato bruto foi diluído em 2 litros de água destilada de modo a se obter uma solução na concentração de 8,96 % (m/v) de EFM a qual foi armazenada em geladeira a 4 °C até o uso. Para o tratamento controle (0% de EFM) foi utilizado água destilada, e armazenado em geladeira a 4 °C.

4.5 Aplicação do *seed priming*

Foram utilizadas sementes de gergelim, obtidas no Centro Nacional de Pesquisa de Algodão da Embrapa (CNPQ), safra 2020/2021. As sementes foram desinfestadas com hipoclorito de sódio a 1%, por 2 min sob agitação constante, logo após lavadas com água corrente e depois com água destilada, para total retirada dos resíduos e em seguida foram expostas para secar a temperatura ambiente (20 °C) (RADY et al., 2015).

Sementes uniformes, secas ao ar, foram imersas em béquer de 250 mL contendo água destilada (controle), extrato de folha de *Moringa oleifera* (EFM), ácido salicílico (AS) e a interação do EFM/AS, correspondente a cada concentração submetidas durante 6 horas em câmara tipo BOD e umidade relativa de 60%, a temperatura de 25 ± 1 °C (ARRIEL et al., 2009; RADY et al., 2015; SAFARI et al., 2018), posteriormente as sementes foram secas durante 24 h em bandejas de polietileno. Em seguida, os vasos de 20L tipo PVC foram preenchidos com solo e as sementes foram semeadas.

Antes da semeadura, a umidade do substrato foi mantida na capacidade de campo. Cinco sementes foram plantadas em cada recipiente a uma profundidade de 1 cm. A germinação foi determinada aos 3 e 6 dias após a instalação do experimento, conforme recomendado nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

Após o surgimento das plântulas, o desbaste foi realizado aos 15 dias após o semeio (DAS), deixando apenas uma planta por vaso (SUASSUNA et al., 2017).

4.6 Salinização da água e manejo da irrigação

Os genótipos de gergelim foram submetidos ao mesmo nível de condutividade elétrica da água – CE_a (5,06 dS m⁻¹), ajustado da metodologia de Safari et al. (2018).

A salinidade da água usada na irrigação foi arranjada mediante a dissolução dos sais bruto proveniente de um dessalinizador, oriundo de um poço contendo água salina, localizado na zona rural do município de Caraúbas-PB.

No preparo da água de irrigação foi considerada a relação entre CE_a e a concentração de sais, extraída de Richards (1954), conforme a Equação 1:

$$Q \text{ (mmol}_c \text{ L}^{-1}\text{)} = 10 \times CE_a \text{ (dS m}^{-1}\text{)} \quad (1)$$

Em que: Q = Quantidade de sais a ser aplicado (mmol_c L⁻¹); CE_a = Condutividade elétrica da água (dS m⁻¹).

Para obtenção das soluções de NaCl, foi seguida a tabela proposta por Richards (1980) e ajustada por Andréo-Souza et al. (2010), onde quantidade de sal foi diluída em água de

abastecimento local 100 mL ($CEa = 0,31 \text{ dS m}^{-1}$) do município de Campina Grande, PB. Posteriormente teve sua condutividade elétrica medida em condutivímetro tipo TECNOPON modelo mCA-150. Foi adicionado 4 g L^{-1} de NaCl, e obteve a leitura de $5,06 \text{ dS m}^{-1}$ de condutividade elétrica, a qual foram determinadas para os tratamentos.

A irrigação com água salina iniciou a partir do desbaste, 15 dias após a semeadura (DAS), estendendo-se até o final do ciclo das cultivares. Durante o período experimental a irrigação foi realizada elevando-se, no início, a umidade do solo ao nível correspondente à capacidade de campo (CC), esse método foi realizado através da pesagem dos vasos monitorando a quantidade de água evaporada do solo e fazendo sua posterior reposição, mantendo dessa forma o nível de 100% de água disponível para a cultura.

O manejo da irrigação foi realizado em turno diário de rega, utilizando-se do método de pesagens (PEREIRA et al., 2005), em que foi reposta à água evapotranspirada. Para tanto, foi obtida a massa dos vasos preenchidos com substrato seco (MVS, em kg). Posteriormente, o substrato foi saturado com água de abastecimento local com volume inicial (VAI, em L) correspondente a 75% (v/m) da massa do substrato e os vasos acondicionados em bandejas de polietileno, sendo o sistema coberto com plástico verde e abrigado da luz para evitar perda de água por evaporação. Transcorridos 24 horas, o volume de água drenado (VAD, em L) para a bandeja foi coletado e quantificado. Em seguida, foi obtida a massa dos vasos com o solo na capacidade de campo (MSC, kg).

A partir dos dados obtidos, foi calculado o volume de água no substrato em capacidade de campo (VAC, em L), dado pela expressão:

$$VAC = VAI - VA \quad (2)$$

Diariamente foi realizada a pesagem dos vasos, de modo a se obter a massa do substrato após evapotranspiração (MET, em kg). Posteriormente, o volume de água requerido (VAR, em L) para reposição do solo à condição de capacidade de campo foi calculado utilizando-se da expressão:

$$VAR = (VAC * MET) / MSC \quad (3)$$

Para reposição do volume de água requerida, foi utilizado uma proveta graduada em mililitros (mL) com capacidade volumétrica para 1000 mL. Para as pesagens, foi utilizado de balança Digital, modelo Mondial, *Ellegance*, bivolt, branco - BL-03, alimentada com bateria de Lítio.

4.7 Pulverização foliar

As aplicações foliares foram realizadas em todas as fases fenológicas da planta (Fase I - Germinação ao início do crescimento vegetativo, 22 DAS; Fase II - Crescimento vegetativo até a floração, 37 DAS; Fase III - Floração até a formação das vagens, 59 DAS e Fase IV - Maturação dos frutos, 74 DAS.

Foi utilizado os seguintes compostos e suas respectivas doses: água destilada (controle), AS (10 ppm), EFM 8,96% (m/v) e a interação de AS (10 ppm) + EFM 8,96% (m/v), sendo aplicado no período da tarde (16:00h) na parte abaxial e adaxial das folhas até o ponto de escorrimento com o auxílio de um pulverizador costal (modelo Jacto PJH) de compressão prévia com capacidade de 20 L e bico de 30 mm com as seguintes quantidades: 1; 2; 2,5 e 3 Litros para as respectivas fases fenológicas.

4.8 Variáveis analisadas

4.8.1 Crescimento

As avaliações biométricas foram realizadas em dois períodos distintos, o primeiro aos 40 DAS e o segundo aos 76 DAS, onde foram feitas, as seguintes determinações:

Altura de planta (ALT): mensurada da base até o ápice de seu meristema apical avaliando-se as plantas durante o ciclo.

Diâmetro caulinar de plantas (DCA mm): mensurado no colo da planta, com auxílio de um paquímetro digital.

Número de folhas (NF) proposta por Suassuna et al. (2017).

Área foliar – AF (cm²), estimada a partir das dimensões de largura e comprimento da folha utilizando-se de um fator de correção de 0,7, segundo a equação proposta por Silva et al. (2002), onde:

$$AF = 0,7 * C * L, \quad (4)$$

sendo AF a área da folha do gergelim em cm², C o comprimento da nervura principal da folha do gergelim (cm) e L a largura da folha. Por sua vez, a área foliar da planta foi aferida a partir desta da equação:

$$AFP = \sum_{i=1}^n AF_i \quad (5)$$

onde AFP é a área foliar de cada planta (cm²), e n é o número de folhas.

Foram avaliadas 5 folhas de uma planta por unidade experimental, sendo apenas uma folha em cada nó.

Número de vagens por planta – NVP (planta^{-1}) período de 40 e 76 dias após o semeio.

Após a colheita dos componentes de produção, as plantas foram levadas ao laboratório e calculados:

A matéria fresca do caule (MFC), raiz (MFR), folha (MFF) e matéria fresca da parte aérea (MFPA), foi realizado com um corte separando a parte aérea e a raiz da planta e logo após foi pesado em balança (VIEIRA e CARVALHO, 1994).

Posteriormente, foi determinado a matéria seca da planta (MSP g), por ocasião da coleta, o material vegetal foi acondicionado em sacos de papel, os quais foram conduzidos a uma estufa de circulação de ar-forçado para secagem a 65 ° C por aproximadamente 48 h ou até chegar a massa constante. Após a secagem, as frações do material vegetal foram submetidas à pesagem em balança analítica para determinação da matéria seca da planta.

4.8.2 Trocas gasosas

Avaliaram-se as trocas gasosas dos genótipos de gergelim aos 61 DAS, período de transição da fase fenológica III - Floração até a formação das vagens, três dias após a terceira pulverização foliar, realizada aos 58 DAS. Determinaram-se as trocas gasosas na folha mediana e intacta do ramo produtivo, através da condutância estomática (g_s) ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), taxa de assimilação de CO_2 (A) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiração (E) ($\text{mmol de m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e concentração interna de CO_2 (C_i) ($\mu\text{mol mol}^{-1}$). De posse destes dados, determinaram-se a eficiência intrínseca do uso da água (E_iUA , A/g_s [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$]) e eficiência instantânea da carboxilação (E_iCi , A/C_i) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\mu\text{mol mol}^{-1})^{-1}$], através das relações entre A/E e A/C_i , respectivamente (SUASSUNA et al., 2014), utilizando-se um analisador de gás carbônico a infravermelho portátil (IRGA), modelo “LCPro+” da ADC BioScientific Ltda.

4.8.3 Análise estatística

Os dados do experimento foram submetidos à análise de variância pelo teste F até 5% de probabilidade de erro. Quando significativo, as médias dos *seed priming* e das pulverizações foram comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$) utilizando-se do *software* estatístico SISVAR-ESAL 5.6 (FERREIRA, 2019).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Crescimento vegetativo

Verificou-se que os fatores *seed priming*, pulverização e a interação entre eles (PRI x PUL) promoveram efeitos significativos para altura de plantas, diâmetro caulinar, número de folhas e número de vagens aos 40 e 76 DAS, para as duas cultivares (BRS Anahí e BRS Seda), exceto o número de vagens aos 40 DAS para a cultivar BRS Seda (Tabela 2).

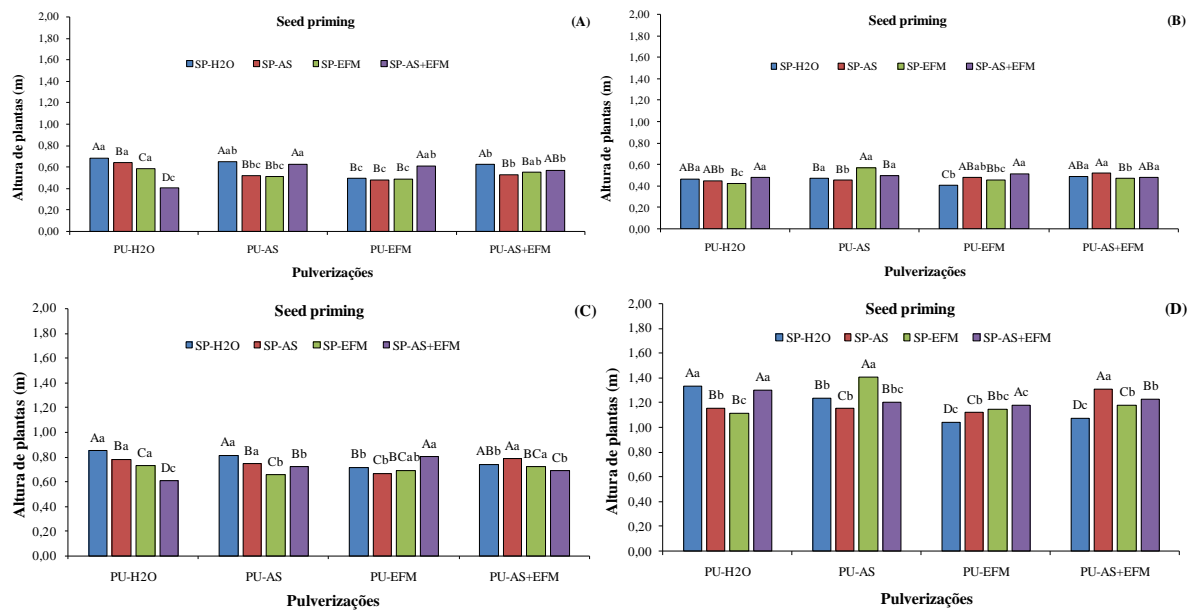
Tabela 2 - Resumo do teste F para altura de plantas (ALT40), diâmetro caulinar (DIA40), número de folhas (NF40), número de vagens (NV40), área foliar (AF40), altura de plantas (ALT76), diâmetro caulinar (DIA76), número de folhas (NF76), número de vagens (NV76) e área foliar (AF76) no período de 40 e 76 DAS de plantas do gergelim cv. BRS Anahí e BRS Seda submetidas aos tratamentos controle (SP-H₂O), ácido salicílico (AS), extrato da folha de Moringa (EFM) e a interação de AS + EFM em função do *seed priming* e a pulverização foliar, Campina Grande, PB, 2022.

FV	GL	Quadrados médios				
		BRS Anahí				
		ALT40	DIA40	NF40	NV40	AF40
Priming (PRI)	3	1,7E-2**	3,93**	35,23**	28,91**	9,9E+9**
Pulverizações (PUL)	3	1,6E-2**	1,36**	9,96**	8,76**	9,7E+9**
Interação PRI x PUL	9	2,2E-2**	4,64**	42,39**	32,7**	1,6E+1**
Erro	38	4,9E-4	0,08	2,09	35,75	25,53
CV (%)		3,95	3,38	8,07	15,09	2,59
		ALT76	DIA76	NF76	NV76	AF76
Priming (PRI)	3	2,1E-2**	3,92**	92,51**	26,37**	8,9E+1**
Pulverizações (PUL)	3	2,5E-3**	4,7E-1**	70,05**	3,6*	1,3E+1**
Interação PRI x PUL	9	1,5E-2**	2,29**	180,06**	37,55**	1,6E+1**
Erro	38	4,9E-4	5,1E-3	57,00	0,85	4,2E1
CV (%)		3,04	0,81	12,50	9,49	8,87
		BRS Seda				
		ALT40	DIA40	NF40	NV40	AF40
Priming (PRI)	3	1,0E-2**	0,68**	119,32**	0	1,5E+1**
Pulverizações (PUL)	3	1,9E-2**	1,73**	102,70**	0	4,3E+1**
Interação PRI x PUL	9	5,4E-2**	2,12**	39,48**	0	9,1E+1**
Erro	38	2,4E-2	3,5E-2	2,47	0	9,26
CV (%)		4,79	2,19	9,55	0	1,43
		ALT76	DIA76	NF76	NV76	AF76
Priming (PRI)	3	1,0E-2**	1,84**	6,7E+1**	19,88**	3,9E+1**
Pulverizações (PUL)	3	4,8E-2**	1,10**	25,12**	40,80**	1,1E+1**
Interação PRI x PUL	9	4,5E-5**	5,22**	3,3E+1**	16,79**	3,4E+1**
Erro	38	4,7E-4	1,8E-4	4,08	0,97	65,38
CV (%)		1,81	0,13	4,53	10,20	0,65

Fonte: Elaborada pelo autor, 2022. FV: Fonte de variação, GL: grau de liberdade, CV (%): coeficiente de variação, ns, **, * respectivamente não significativo, significativo a $p < 0,01$ e $p < 0,05$.

Constatou-se que, para a cultivar BRS Anahí aos 40 DAS, maior altura de planta foi verificada nas combinações entre seed priming e pulverizações SP-H₂O x PU-H₂O (0,68 m), SP-AS+EFM x PU-AS (0,63 m) (Figura 2A). Para a cultivar BRS Seda aos 40 DAS, maior altura de planta foi registrada nas combinações SP-AS+EFM x PU-H₂O (0,48 m), SP-EFM x PU-AS (0,57 m), SP-AS+EFM x PU-EFM (0,52 m) e SP-AS x PU-AS+EFM (0,52 m) (Figura 2B). Já aos 76 DAS, a cultivar BRS Anahí teve maior altura nas combinações SP-H₂O x PU-H₂O (0,85 m), SP-H₂O x PU-AS (0,81 m), SP-AS+EFM x PU-EFM (0,80 m) e SP-AS x PU-AS+EFM (0,79 m) (Figura 2C). Para a cultivar BRS Seda aos 76 DAS, maior altura ocorreu nas combinações SP-H₂O x PU-H₂O (1,33 m), SP-AS+EFM x PU-H₂O (1,30 m), SP-EFM x PU-AS (1,41 m) e SP-AS x PU-AS+EFM (1,31 m) (Figura 2D).

Figura 2 - Altura de plantas do gergelim cv. BRS Anahí e BRS Seda aos 40 (A e B) e 76 (C e D) dias após a semeadura, submetidas aos tratamentos controle (SP-H₂O), ácido salicílico (AS), extrato da folha de Moringa (EFM) e a interação de SP-AS + EFM em função do seed priming e a pulverização foliar. Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes representam diferença entre os seed priming e aquelas seguidas de letras minúsculas diferentes representam diferença entre as pulverizações pelo teste de Tukey $p < 0,05$. Campina Grande, PB, 2022.

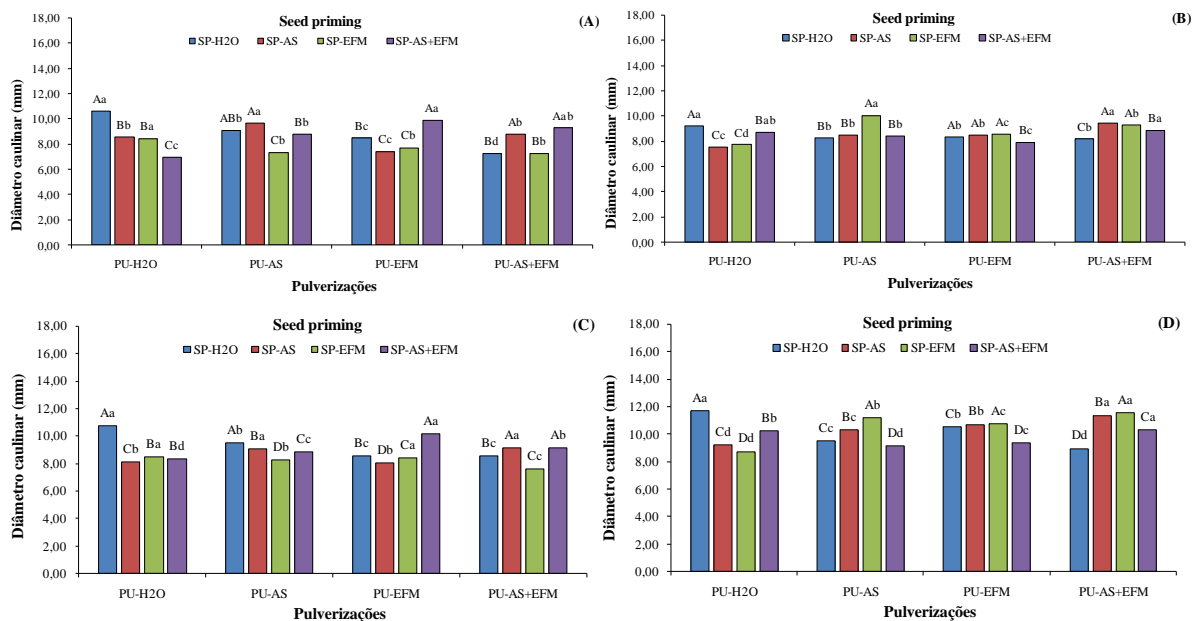


Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

Analisando o diâmetro caulinar, para a cultivar BRS Anahí aos 40 DAS, foi verificado um maior diâmetro caulinar nas combinações entre seed priming e pulverizações SP-H₂O x PU-H₂O (10,66 mm), SP-AS x PU-AS (9,68 mm) e SP-AS+EFM x PU-EFM (9,93 mm) (Figura 3A). Para a cultivar BRS Seda aos 40 DAS, maior diâmetro caulinar foi registrado nas combinações SP-H₂O x PU-H₂O (9,23 mm), SP-EFM x PU-AS (10,05 mm) e SP-AS x PU-AS+EFM (9,46 mm) (Figura 3B). Logo aos 76 DAS a cultivar BRS Anahí teve o maior

diâmetro caulinar nas combinações SP-H₂O x PU-H₂O (10,75 mm), SP-AS+EFM x PU-EFM (10,13 mm) e SP-AS x PU-AS+EFM (9,12 mm) (Figura 3C). Para a cultivar BRS Seda aos 76 DAS, deu-se nas combinações SP-H₂O x PU-H₂O (11,70 mm) e SP-EFM x PU-AS+EFM (11,54 mm) (Figura 3D).

Figura 3- Diâmetro caulinar de plantas do gergelim cv. BRS Anahí e BRS Seda aos 40 (A e B) e 76 (C e D) dias após a semeadura, submetidas aos tratamentos controle (SP-H₂O), ácido salicílico (AS), extrato da folha de *Moringa* (EFM) e a interação de SP-AS + EFM em função do *seed priming* e a pulverização foliar. Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes representam diferença entre os *seed priming* e aquelas seguidas de letras minúsculas diferentes representam diferença entre as pulverizações pelo teste de Tukey $p < 0,05$. Campina Grande, PB, 2022.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

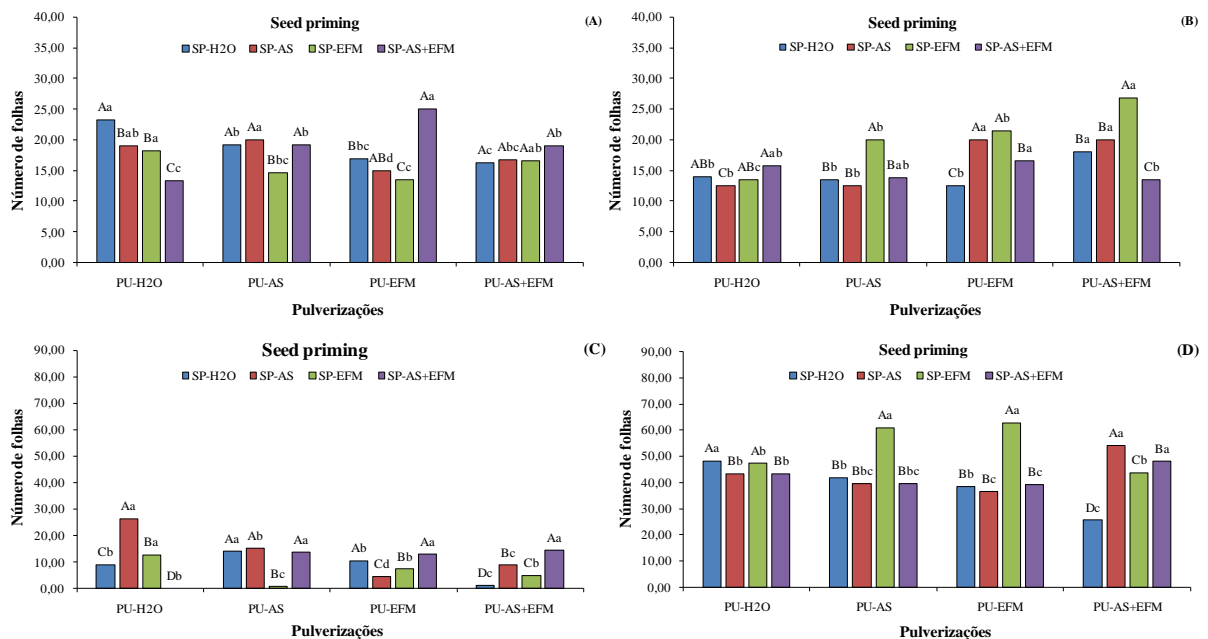
Conforme Dias et al. (2016), a irrigação com água salina, na maioria das vezes, resulta em efeito adverso nas relações solo-água-plantas, ocasionando restrição severa nas atividades fisiológicas e no potencial produtivo das plantas cultivadas. Em condições de altos níveis de sais solúveis na solução do solo, o crescimento, a expansão da superfície foliar e o metabolismo do carbono primário de muitas culturas são afetados negativamente devido ao efeito osmótico, déficit hídrico, toxicidade de íons e desequilíbrio nutricional.

Ao contrário dos resultados observados neste estudo, em que a condutividade elétrica da água - CEa (5,06 dS m⁻¹) influenciou significativamente as variáveis altura de planta (Figura 2) e diâmetro caulinar (Figura 3) em genótipos de gergelim nas combinações entre *seed priming* e pulverizações, Suassuna et al. (2017) constataram ter havido pouca influência

na altura de planta e diâmetro caulinar em genótipos de gergelim irrigados com água entre os níveis de salinidade de 0,6 e 4,6 dS m⁻¹.

Evidenciou-se, para a cultivar BRS Anahí aos 40 DAS, maior número de folhas foi verificado nas combinações entre *seed priming* e pulverizações SP-H₂O x SP-H₂O (23,25), SP-AS x PU-AS (20) e SP-AS+EFM x PU-EFM (25) (Figura 4A). Para a cultivar BRS Seda aos 40 DAS, o maior número de folhas foi registrado nas combinações SP-AS x PU-EFM (20) e SP-EFM x PU-AS+EFM (26,75) (Figura 4B). Já aos 76 DAS, a cultivar BRS Anahí teve maior número de folhas nas combinações SP-AS x PU-H₂O (26,33), SP-H₂O x PU-AS (14), SP-AS+EFM x PU-AS (13,75), SP-AS+EFM x PU-EFM (13) e SP-AS+EFM x PU-AS+EFM (14,50) (Figura 4C). Para a cultivar BRS Seda aos 76 DAS, ocorreu nas combinações SP-H₂O x PU-H₂O (48,25), SP-EFM x PU-AS (61), SP-EFM x PU-EFM (62,75) e SP-AS x PU-AS+EFM (54) (Figura 4D).

Figura 4 - Número de folhas do gergelim de plantas do gergelim cv. BRS Anahí e BRS Seda aos 40 (A e B) e 76 (C e D) dias após a semeadura, submetidas aos tratamentos controle (SP-H₂O), ácido salicílico (AS), extrato da folha de *Moringa* (EFM) e a interação de SP-AS + EFM em função do *seed priming* e a pulverização foliar. Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes representam diferença entre os *seed priming* e aquelas seguidas de letras minúsculas diferentes representam diferença entre as pulverizações pelo teste de Tukey p<0,05. Campina Grande, PB, 2022.



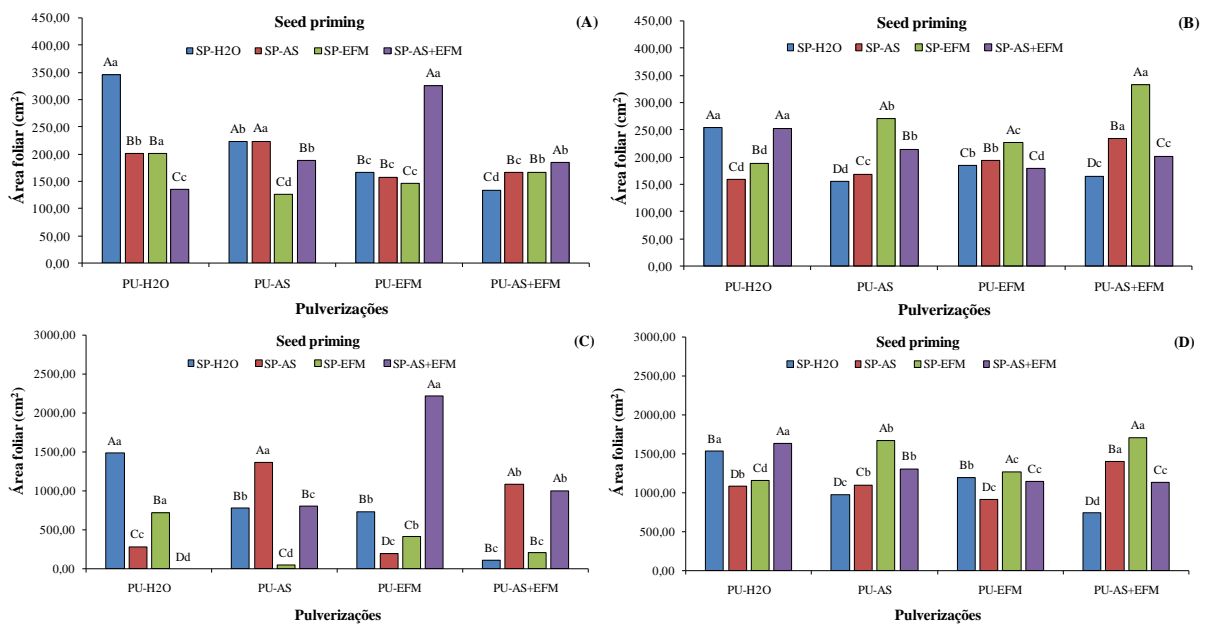
Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

Corroborando aos resultados deste estudo, Rady et al. (2013), ao aplicarem as combinações AS+EFM em SP e PU em comparação aos tratamentos controle em cultivares de feijão comum, constataram maior comprimento da parte aérea, número de folhas, área foliar e matéria seca da planta em 14,6%, 13,0%, 20,6% e 34,6%, respectivamente.

Isto se deve ao fato do EFM possuir uma alta atividade antioxidante e ser uma fonte de citocinina, tendo um papel fundamental na divisão e alongamento celular e biossíntese de clorofila. Aliado ao fitormônio AS, desempenhando um papel importante na regulação de alguns processos fisiológicos em plantas, agindo como um indutor de efeitos protetores nas plantas sob salinidade e os efeitos da citotoxicidade induzida pelo estresse salino, podendo ser amenizados pela aplicação exógena de AS (SIMAEI et al., 2012).

Demonstrou-se que, para a cultivar BRS Anahí aos 40 DAS, maior área foliar foi verificado nas combinações entre *seed priming* e pulverizações SP-H₂O x PU-H₂O (346,16 cm²), SP-AS x PU-AS (224,40 cm²) e SP-AS+EFM x PU-EFM (325,98 cm²) (Figura 5A). Para a cultivar BRS Seda aos 40 DAS, maior área foliar registrado nas combinações SP-H₂O x PU-H₂O (254,80 cm²), SP-AS+EFM x PU-H₂O (253,94 cm²) e SP-EFM x PU-AS+EFM (333,43 cm²) (Figura 5B). Para a cultivar BRS Anahí aos 76 DAS, maior área foliar foi verificado nas combinações SP-H₂O x PU-H₂O (1484,54 cm²), SP-AS x PU-AS (1362,00 cm²) e SP-AS+EFM x PU-EFM (2213,03 cm²) (Figura 5C). Para a cultivar BRS Seda aos 76 DAS, ocorreu nas combinações SP-AS+EFM x PU-H₂O (1627,17 cm²) e SP-EFM x PU-AS+EFM (1707,91 cm²) (Figura 5D).

Figura 5 - Área foliar de plantas do gergelim cv. BRS Anahí e BRS Seda aos 40 (A e B) e 76 (C e D) dias após a semeadura, submetidas aos tratamentos controle (SP-H₂O), ácido salicílico (AS), extrato da folha de *Moringa* (EFM) e a interação de SP-AS + EFM em função do *seed priming* e a pulverização foliar. Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes representam diferença entre os *seed priming* e aquelas seguidas de letras minúsculas diferentes representam diferença entre as pulverizações pelo teste de Tukey p<0,05. Campina Grande, PB, 2022.

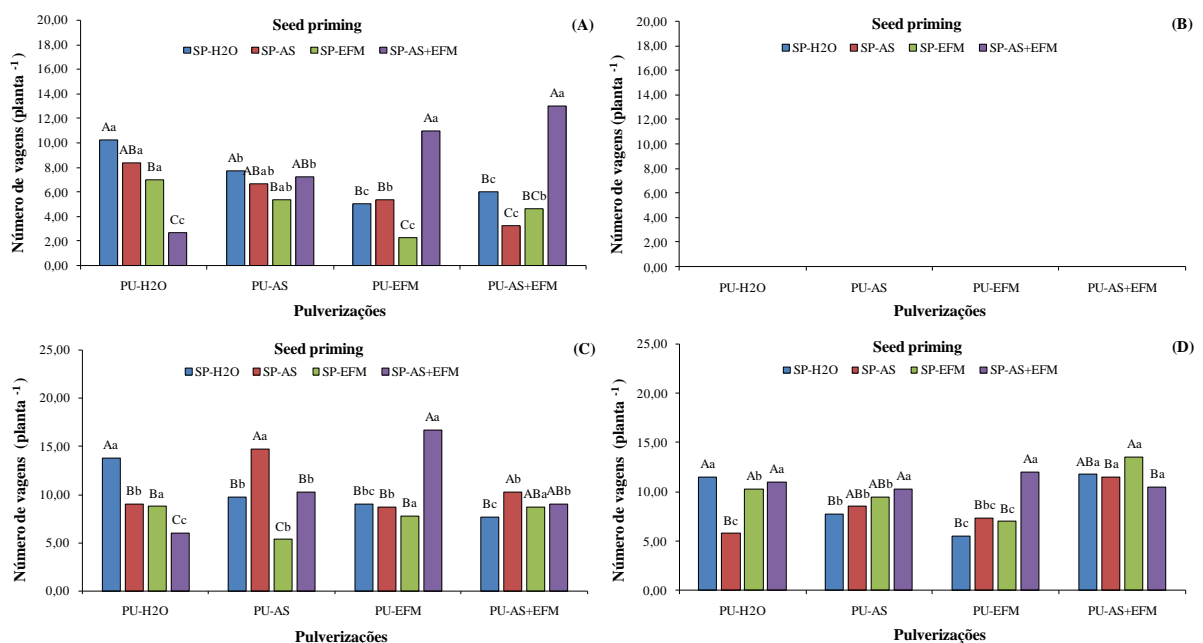


Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

É importante destacar que a inibição da área foliar se deu em grande parte, pelos efeitos tóxicos dos sais absorvidos pelas plantas, pela baixa capacidade de ajustamento osmótico da cultura ou pela redução do potencial total da água provocado pelo aumento da concentração salina (MUNNS e TESTER, 2008). Entretanto, o valor expressivo da área foliar nas combinações SP-AS+EFM x PU-EFM (Figura 5 C) em relação a todos os tratamentos dentro e entre os genótipos aos 76 DAS, sugere que tanto o *seed priming* quanto a pulverização foliar melhora a resposta da planta de gergelim ao estresse salino.

Determinou-se, para a cultivar BRS Anahí aos 40 DAS, o maior número de vagens nas combinações entre *seed priming* e pulverizações SP-H₂O x PU-H₂O (10,25), SP-AS+EFM x PU-EFM (11) e SP-AS+EFM x PU-AS+EFM (13) (Figura 6A). Para a cultivar BRS Seda aos 40 DAS, maior número de vagens não foi verificado em nenhuma das combinações entre *seed priming* e pulverizações (Figura 6B). Agora, a cultivar BRS Anahí aos 76 DAS, foi verificado maior número de vagens nas combinações SP-H₂O x PU-H₂O (13,75), SP-AS x PU-AS (14,67) e SP-AS+EFM x PU-EFM (16,67) (Figura 6C). Em relação a cultivar BRS Seda aos 76 DAS, ocorreu nas combinações SP-H₂O x PU-H₂O (11,50), SP-AS+EFM x PU-H₂O (11), SP-AS+EFM x PU-AS (10,25), SP-AS+EFM x PU-EFM (12) e SP-EFM x PU-AS+EFM (13,50) (Figura 6D).

Figura 6 - Número de vagens por planta do gergelim cv. BRS Anahí e BRS Seda aos 40 (A e B) e 76 (C e D) dias após a semeadura, respectivamente (em todas as figuras), submetidas aos tratamentos controle (SP-H₂O), ácido salicílico (AS), extrato da folha de *Moringa* (EFM) e a interação de SP-AS + EFM em função do *seed priming* e a pulverização foliar. Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes representam diferença entre os *seed priming* e aquelas seguidas de letras minúsculas diferentes representam diferença entre as pulverizações pelo teste de Tukey $p < 0,05$. Campina Grande, PB, 2022.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

Esses resultados esclarecem em parte, pela própria morfologia diferenciada das plantas, em que a presença numerosa de ramificações laterais da cultivar BRS Seda possibilitaria uma maior produção de frutos em relação a cultivar BRS Anahí em condições normais, porém em estado de salinidade da água de irrigação, além de ter havido um retardo na fenologia da planta BRS Seda (Figura 6 B), causou redução em número de vagens nos genótipos de gergelim (Figura 6 C e D).

Verificou-se que os fatores *seed priming*, pulverização e a interação entre eles (PRI x PUL), promoveram efeitos significativos ($p < 0,01$) para matéria fresca do caule, matéria fresca da raiz, matéria fresca da folha, matéria fresca da parte aérea, e matéria seca da planta (Tabela 3).

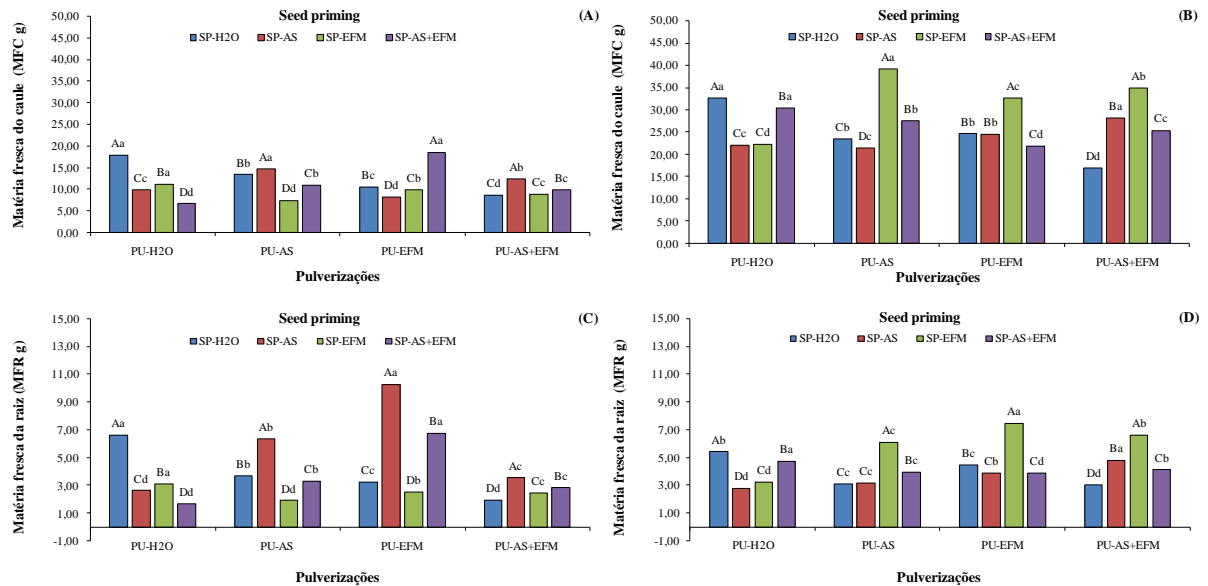
Tabela 3 - Resumo do teste F para matéria fresca do caule (MFC), matéria fresca da raiz (MFR), matéria fresca da folha (MFF), matéria fresca da parte aérea (MFPA), e matéria seca da planta (MSP) aos 76 DAS, submetidas aos tratamentos controle (SP-H₂O), ácido salicílico (AS), extrato da folha de Moringa (EFM) e a interação de AS + EFM em função do *seed priming* e a pulverização foliar, Campina Grande, PB, 2022.

FV	GL	Quadrados médios				
		BRS Anahí				
		MFC	MFR	MFF	MFPA	MSP
Priming (PRI)	3	28,39**	20,37**	33,55**	107,76**	196,35**
Pulverizações (PUL)	3	7,76**	14,34**	20,89**	50,54**	102,66**
Interação PRI x PUL	9	53,42**	17,14**	113,09**	303,89**	390,26**
Erro	38	9,2E-2	3,1E-4	2,5E-2	0,11	0,11
CV (%)		2,68	0,45	2,09	1,72	1,43
BRS Seda						
		MFC	MFR	MFF	MFPA	MSP
Priming (PRI)	3	222,04**	15,40**	132,19**	693,04**	911,36**
Pulverizações (PUL)	3	10,86**	3,23**	2,55**	16,65**	5,53**
Interação PRI x PUL	9	148,20**	6,34**	86,89**	455,88**	559,45**
Erro	38	1,02	2,4E-2	0,01	1,01	1,01
CV (%)		3,77	0,51	0,65	2,24	2,04

Fonte: Elaborada pelo autor, 2022. FV: Fonte de variação, GL: grau de liberdade, CV (%): coeficiente de variação, ns, **, * respectivamente não significativo, significativo a $p < 0,01$ e $p < 0,05$.

Descobriu-se que, para a cultivar BRS Anahí aos 76 DAS, a maior matéria fresca do caule foi registrada nas combinações SP-H₂O x PU-H₂O (17,94 g), SP-AS x PU-AS (14,72 g) e SP-AS+EFM x PU-EFM (18,56 g) (Figura 7A). Já aos 76 DAS, a cultivar BRS Seda teve maior matéria fresca do caule nas combinações SP-H₂O x PU-H₂O (32,54 g) e SP-EFM x PU-AS (39,11 g) (Figura 7B). Para a cultivar BRS Anahí aos 76 DAS, a maior matéria fresca da raiz foi confirmado nas combinações entre *seed priming* e pulverizações SP-H₂O x PU-H₂O (6,61 g) e SP-AS x PU-EFM (10,28 g) (Figura 7C). Para a cultivar BRS Seda aos 76 DAS, a maior matéria fresca da raiz foi atestada nas combinações entre *seed priming* e pulverizações SP-EFM x PU-EFM (7,46 g) (Figura 7D).

Figura 7 - Matéria fresca do caule – MFC (A e B) e raiz - MFR (C e D) do gergelim cv. BRS Anahí e BRS Seda, respectivamente, aos 76 dias após a semeadura, submetidas aos tratamentos controle (SP-H₂O), ácido salicílico (AS), extrato da folha de *Moringa* (EFM) e a interação de SP-AS + EFM em função do *seed priming* e a pulverização foliar. Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes representam diferença entre os *seed priming* e aquelas seguidas de letras minúsculas diferentes representam diferença entre as pulverizações pelo teste de Tukey $p < 0,05$. Campina Grande, PB, 2022.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

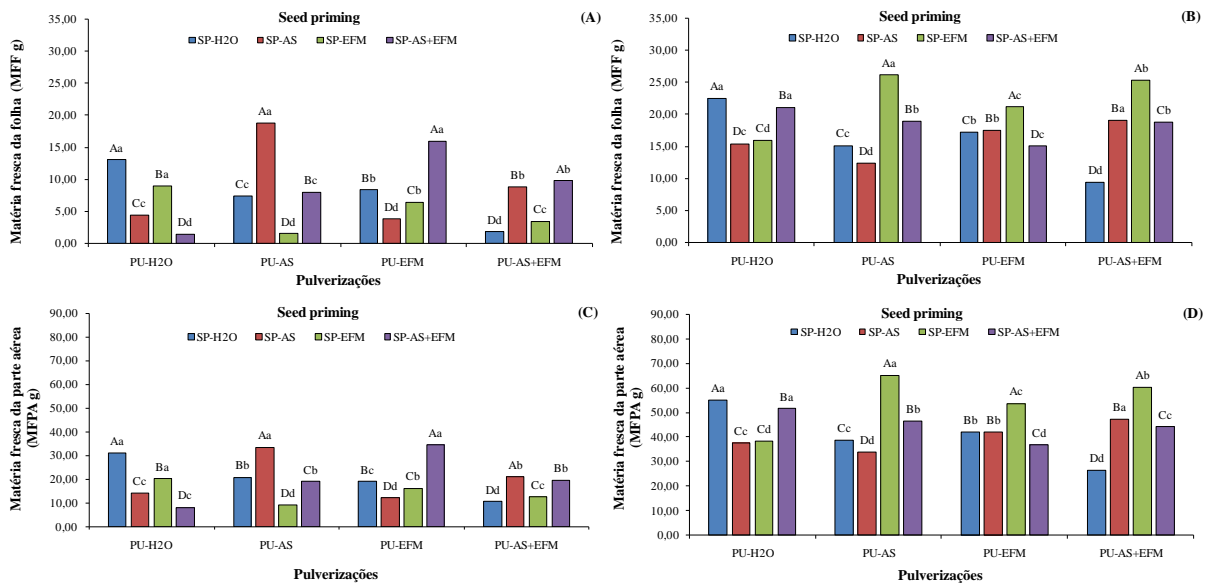
Silva et al. (2021) afirmaram ter encontrado menores acúmulos de fitomassa seca do caule e da raiz em genótipos de gergelim BRS Anahí e BRS Seda respectivamente, submetidos a diferentes estratégias de uso de águas salinas, fato este, podendo estar relacionado à variabilidade dos materiais genéticos, uma vez que o genótipo BRS Anahí se destaca pelo porte mediano e hábito de crescimento não ramificado (ARRIEL et al., 2015), por outro lado, o BRS Seda possui hábito de crescimento ramificado e porte mediano (ARRIEL et al., 2007).

Esses resultados demonstram serem equivalentes ao experimento, visto que, os resultados encontrados na matéria fresca da planta, devem refletir na matéria seca, como verificado na matéria fresca do caule (Figura 7 A e B), porém, distingui-se quando avaliou-se a matéria fresca da raiz entre os genótipos BRS Anahí e BRS Seda (Figura 7 C e D), onde a maior matéria fresca da raiz entre os genótipos, foi estimada na interação entre SP-AS x PU-EFM para a cultivar BRS Anahí (Figura 7C), esta constatação sugere afirmar que a salinidade induz mais efeito adverso no crescimento radicular do que na altura de planta.

Observou-se que, para a cultivar BRS Anahí aos 76 DAS, a maior matéria fresca da folha foi constatada nas combinações entre *seed priming* e pulverizações SP-H₂O x PU-H₂O

(13,01 g), SP-AS x PU-AS (18,71 g) e SP-AS+EFM x PU-EFM (15,87 g) (Figura 8A). Para a cultivar BRS Seda aos 76 DAS, a maior matéria fresca da folha foi registrada nas combinações SP-H₂O x PU-H₂O (22,44 g) e SP-EFM x PU-AS (26,08 g) (Figura 8B). Já aos 76 DAS, a cultivar BRS Anahí teve maior matéria fresca da parte aérea nas combinações SP-H₂O x PU-H₂O (30,95 g), SP-AS x PU-AS (33,43 g) e SP-AS+EFM x PU-EFM (34,43 g) (Figura 8C). Para a cultivar BRS Seda aos 76 DAS, a maior matéria fresca da parte aérea foi nas combinações SP-H₂O x PU-H₂O (54,97 g) e SP-EFM x PU-AS (65,18 g) (Figura 8D).

Figura 8 - Matéria fresca da folha – MFF (A e B) e parte aérea - MFPA (C e D) do gergelim cv. BRS Anahí e BRS Seda aos 76 dias após a semeadura, submetidas aos tratamentos controle (SP-H₂O), ácido salicílico (AS), extrato da folha de *Moringa* (EFM) e a interação de SP-AS + EFM em função do *seed priming* e a pulverização foliar. Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes representam diferença entre os *seed priming* e aquelas seguidas de letras minúsculas diferentes representam diferença entre as pulverizações pelo teste de Tukey $p < 0,05$. Campina Grande, PB, 2022.



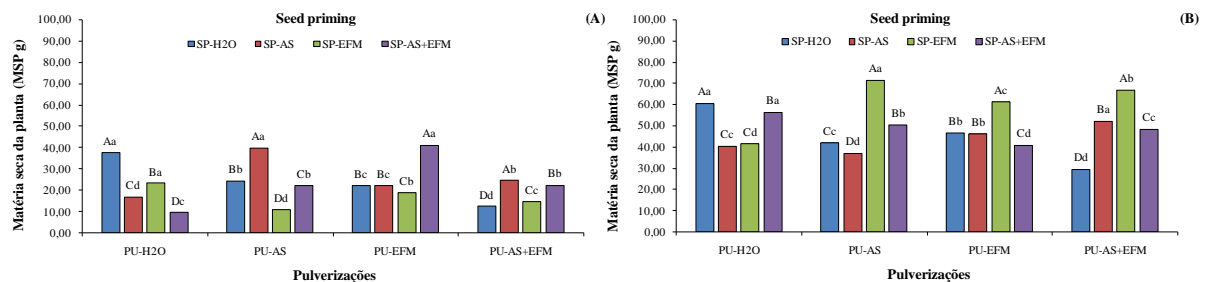
Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

Essas maiores retenções nos números de matéria fresca da folha e da parte aérea encontrados (Figura 8) atribuí-se a interação do *seed priming* juntamente com as pulverizações contendo ácido salicílico e o extrato da folha de *Moringa*, mitigando os efeitos negativos do estresse salino, visto que, o papel do AS no crescimento e produtividade das culturas se deve a sua ação mediadora em processos como fotossíntese, regulação estomática, absorção e transporte de nutrientes minerais, causando assim esse aumento na absorção mineral pelas plantas estressadas (AMANY e IBRAHIM, 2015). Durante a fase tardia do crescimento da planta, os níveis endógenos de citocinina são geralmente diminuídos e o

fitormônio zeatina exogenamente aplicado via EFM age na prevenção da senescência prematura das folhas podendo retardar esse processo (TETLEY e THIMANN, 1974).

Para a cultivar BRS Anahí aos 76 DAS, a maior matéria seca da planta foi verificada nas combinações entre seed priming e pulverizações SP-H₂O x PU-H₂O (37,56 g), SP-AS x PU-AS (39,78 g) e SP-AS+EFM x PU-EFM (41,18 g) (Figura 9A). Para a cultivar BRS Seda aos 76 DAS, a maior matéria seca da planta foi registrada nas combinações SP-H₂O x PU-H₂O (60,38 g) e SP-EFM x PU-AS (71,28 g) (Figura 9B).

Figura 9 - Matéria seca da planta – MSP (A e B) do gergelim cv. BRS Anahí e BRS Seda aos 76 dias após a semeadura, submetidas aos tratamentos controle (SP-H₂O), ácido salicílico (AS), extrato da folha de *Moringa* (EFM) e a interação de SP-AS + EFM em função do *seed priming* e a pulverização foliar. Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes representam diferença entre os seed priming e aquelas seguidas de letras minúsculas diferentes representam diferença entre as pulverizações pelo teste de Tukey $p < 0,05$. Campina Grande, PB, 2022.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

O maior acúmulo de matéria seca da planta observado no genótipo BRS Seda (Figura 9B) em comparação com o BRS Anahí (Figura 9A), está de acordo com as características morfológicas descritas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa (ARRIEL 2007, 2015). No entanto, para a cultivar BRS Anahí (Figura 9A), as plantas de gergelim estressadas, pré-tratadas e pulverizadas com AS, bem como, às pré-tratadas com a interação e pulverizadas com o extrato, se sobressaíram perante os outros tratamentos, pois o estado metabólico saudável dessas plantas, pode ser atribuído ao EFM, em razão dele ser uma excelente fonte de minerais, aminoácidos, açúcares solúveis e alguns antioxidantes (RADY e MOHAMED, 2015), assim como a melhora induzida pelo AS em plantas de gergelim estressadas, pode ser conferido as mudanças nos processos bioquímicos e fisiológicos relacionados à manutenção da água e capacidades osmorregulatórias, pois o AS é capaz de ativar as respostas defensivas da planta, por exemplo a defesa antioxidante motivada pelo estresse salino (NAJAFABADI e EHSANZADEH, 2017).

5.2 Variáveis relacionadas a fisiologia

Conforme resumo do teste de F (Tabela 4), os fatores *seed priming*, pulverização e a interação entre eles (PRI x PUL), afetaram significativamente todas as variáveis a (<0,01), aos 61 DAS para as duas cultivares BRS Anahí e BRS Seda.

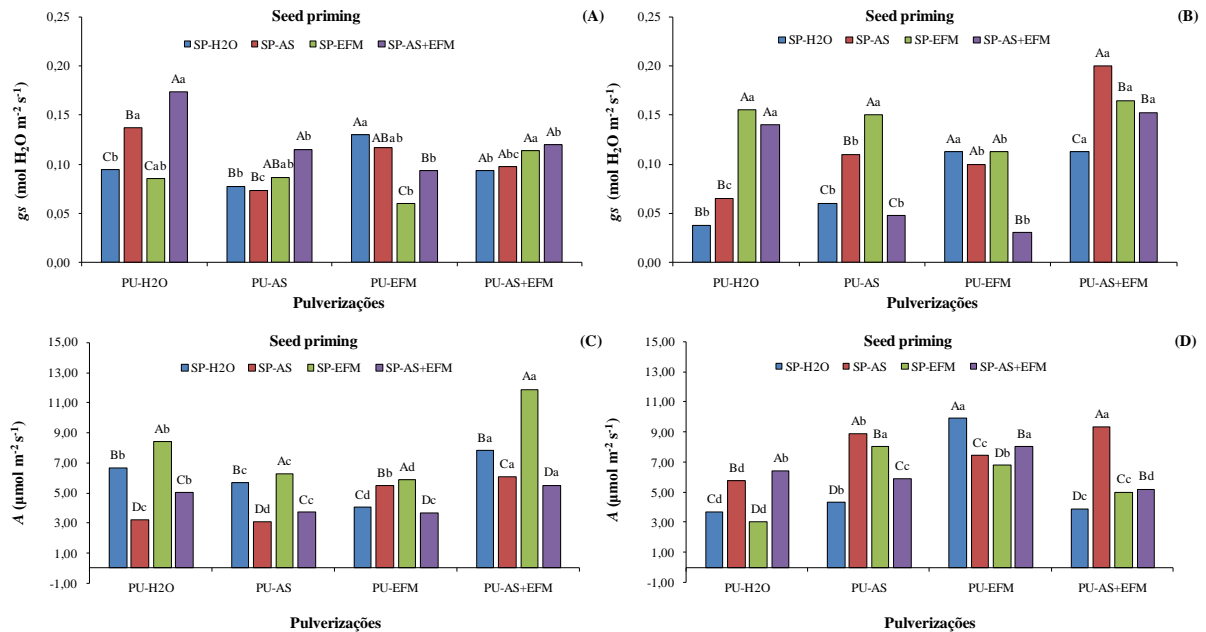
Tabela 4 - Resumo do teste de F para condutância estomática (gs), taxa de assimilação de CO₂ (A), taxa transpiratória (E) e concentração interna de CO₂ (Ci), eficiência intrínseca do uso da água (EiUA) e eficiência intrínseca da carboxilação (EiCi) do gergelim cv. BRS Anahí e BRS Seda aos 61 DAS, submetidas aos tratamentos controle (SP-H₂O), ácido salicílico (AS), extrato da folha de Moringa (EFM) e a interação de AS + EFM em função do *seed priming* e a pulverização foliar, Campina Grande, PB, 2022.

FV	GL	Quadrados médios					
		BRS Anahí					
		<i>G_s</i>	<i>A</i>	<i>E</i>	<i>C_i</i>	<i>EiUA</i>	<i>EiCi</i>
Priming (PRI)	3	3,6E-3**	37,04**	0,81**	1,9E+10**	26,68**	2,1E-3**
Pulverizações (PUL)	3	1,9E-3**	27,76**	0,71**	6,1E+1**	7,72**	1,3E-3**
Interação PRI x PUL	9	2,4E-3**	5,33**	0,47**	4,5E+1**	3,56**	3,8E-4**
Erro	38	2,5E-4	4,4E-4	3,4E-0	192,96	2,3E-3	9,0E-6
CV (%)		15,64	0,37	1,10	5,45	1,32	12,23
		BRS Seda					
		<i>G_s</i>	<i>A</i>	<i>E</i>	<i>C_i</i>	<i>EiUA</i>	<i>EiCi</i>
Priming (PRI)	3	0,03**	18,40**	3,02**	1,8E+1**	31,15**	6,7E-4**
Pulverizações (PUL)	3	0,02**	31,10**	2,27**	1,2E+1**	31,58**	1,0E-3**
Interação PRI x PUL	9	0,01**	13,15**	1,46**	3,9E+1**	18,67**	4,1E-4**
Erro	38	2,5E-4	9,8E-4	3,4E-4	22,18	0,03	6,0E-1
CV (%)		14,56	0,49	1,13	1,87	3,79	9,20

Fonte: Elaborada pelo autor, 2022. FV: Fonte de variação, GL: grau de liberdade, CV (%): coeficiente de variação, ns, **, * respectivamente não significativo, significativo a $p < 0,01$ e $p < 0,05$.

Observou-se, para a cultivar BRS Anahí aos 61 DAS, uma maior condutância estomática nas combinações entre *seed priming* e pulverizações SP-AS+EFM x PU-H₂O (0,17 mol H₂O m⁻² s⁻¹), SP-H₂O x PU-EFM (0,13 mol H₂O m⁻² s⁻¹) e SP-EFM x PU-AS+EFM (0,11 mol H₂O m⁻² s⁻¹) (Figura 10A). Para a cultivar BRS Seda aos 61 DAS, a maior condutância estomática foi registrada nas combinações SP-EFM x PU-H₂O (0,16 mol H₂O m⁻² s⁻¹), SP-AS+EFM x PU-H₂O (0,14 mol H₂O m⁻² s⁻¹), SP-EFM x PU-AS (0,15 mol H₂O m⁻² s⁻¹), SP-H₂O x PU-EFM (0,11 mol H₂O m⁻² s⁻¹) e SP-AS x PU-AS+EFM (0,20 mol H₂O m⁻² s⁻¹) (Figura 10B). Para a cultivar BRS Anahí aos 61 DAS, a maior taxa de assimilação de CO₂, foi verificado nas combinações SP-EFM x PUL-AS+EFM (11,88 μmol m⁻² s⁻¹) (Figura 10C). Para cultivar BRS Seda aos 61 DAS, a maior a maior taxa de assimilação de CO₂, foi verificado nas combinações SP-H₂O x PU-EFM (9,92 μmol m⁻² s⁻¹) e SP-AS x PU-AS+EFM (9,38 μmol m⁻² s⁻¹) (Figura 10D).

Figura 10 - Condutância estomática – g_s (A e B) e taxa de assimilação de CO_2 - A (C e D) do gergelim cv. BRS Anahí e BRS Seda aos 61 dias após a semeadura, submetidas aos tratamentos controle (SP- H_2O), ácido salicílico (AS), extrato da folha de *Moringa* (EFM) e a interação de SP-AS + EFM em função do seed priming e a pulverização foliar. Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes representam diferença entre os *seed priming* e aquelas seguidas de letras minúsculas diferentes representam diferença entre as pulverizações pelo teste de Tukey $p < 0,05$. Campina Grande, PB, 2022.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

Silva et al. (2018) afirmaram que, em plantas submetidas ao estresse salino, o efeito primário é o fechamento dos estômatos, como estratégia para aumentar a resistência estomática ao fluxo de vapor d'água das folhas para a atmosfera externa a fim de manter o potencial hídrico nas folhas e evitar a desidratação de células guarda, o que pode resultar na restrição do fluxo normal de CO_2 para o local de carboxilação.

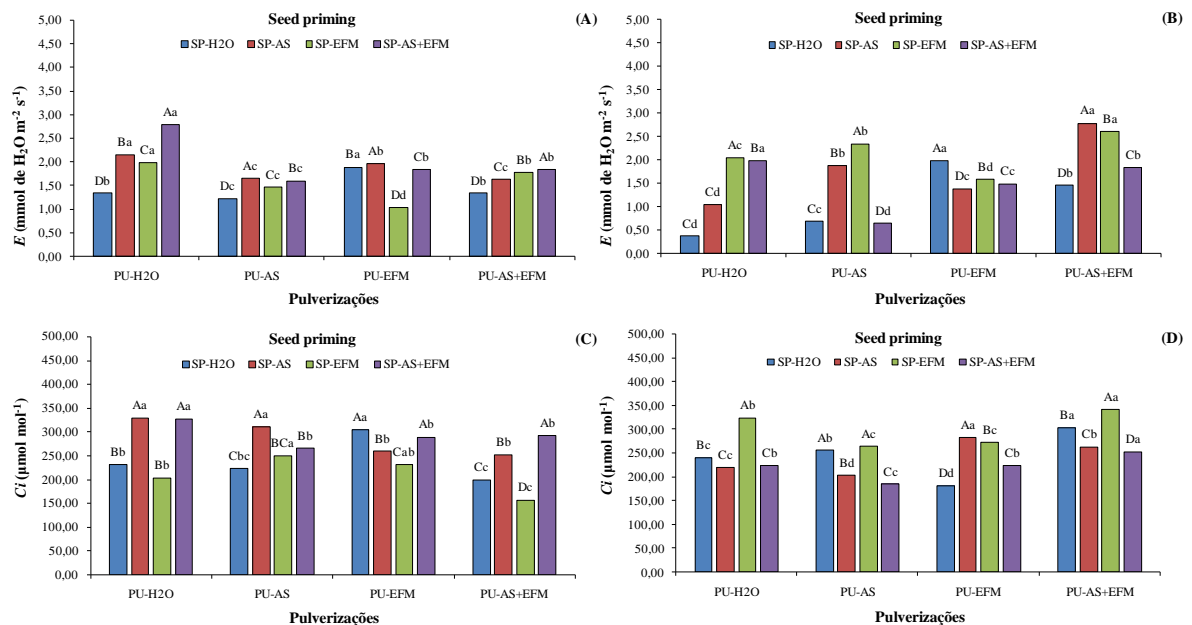
Além disso, as menores taxas de assimilação de CO_2 identificado na maioria dos tratamentos (Figura 10 C e D), resultaram em excessos de energia luminosa no fotossistema II, causando distúrbios nas reações fotoquímicas e quedas nas taxas fotossintéticas, afetando negativamente o crescimento e desenvolvimento das plantas (FREIRE et al., 2014).

Por outro lado é evidente como esse fitormônio pôde contribuir para a melhoria da condutância estomática acima de todos os outros tratamentos, visto que, a combinação SP-AS x PU-AS+EFM (Figura 10B), resultou em 700% a mais de trocas gasosas, em relação ao menor resultado, pois estudos mostraram que o AS cumpre um papel importante nas respostas das plantas a vários tipos de estresse ambiental, incluindo seca, baixa temperatura e alta

salinidade (KANG et al., 2014; MIURA e TADA, 2014), desempenhando também um papel na regulação do fechamento estomático (PRODHAN et al., 2018).

Demonstrou-se que, para a cultivar BRS Anahí aos 61 DAS, obteve-se a maior transpiração nas combinações entre *seed priming* e pulverizações SP-AS+EFM x PUL-H₂O (2,78 mmol de H₂O m⁻² s⁻¹) (Figura 11A). Para a cultivar BRS Seda aos 61 DAS, a maior transpiração foi registrada nas combinações SP-H₂O x PU-EFM (1,98 mmol de H₂O m⁻² s⁻¹) e SP-AS x PU-AS+EFM (2,78 mmol de H₂O m⁻² s⁻¹) (Figura 11B). Para a cultivar BRS Anahí aos 61 DAS, a maior concentração interna de CO₂ foi verificado nas combinações SP-AS x PU-H₂O (329,33 μmol mol⁻¹), SP-AS+EFM x PU-H₂O (326,67 μmol mol⁻¹), SP-AS x PU-AS (309,67 μmol mol⁻¹) e SP-H₂O x PU-EFM (303,50 μmol mol⁻¹) (Figura 11C). Para a cultivar BRS Seda aos 61 DAS, a maior concentração interna de CO₂ foi verificado nas combinações SP-AS x PU-EFM (282,67 μmol mol⁻¹) e SP-EFM x PU-AS+EFM (342,25 μmol mol⁻¹) (Figura 11D).

Figura 11 - Transpiração - E (A e B) e concentração interna de CO₂ - Ci (C e D) do gergelim cv. BRS Anahí e BRS Seda aos 61 dias após a semeadura, submetidas aos tratamentos controle (SP-H₂O), ácido salicílico (AS), extrato da folha de *Moringa* (EFM) e a interação de SP-AS + EFM em função do *seed priming* e a pulverização foliar. Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes representam diferença entre os *seed priming* e aquelas seguidas de letras minúsculas diferentes representam diferença entre as pulverizações pelo teste de Tukey p<0,05. Campina Grande, PB, 2022.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

Sob estresse salino, as plantas têm seu potencial osmótico reduzido, o que dificulta a absorção de água pelas raízes, fazendo com que a planta restrinja a abertura dos estômatos,

ocorrendo o atraso entre a absorção de água pelas raízes e a transpiração e, por isso, considera-se o fechamento parcial dos estômatos uma estratégia para evitar desidratação excessiva na epiderme das folhas (RIBEIRO et al., 2009, MACHADO et al., 2010).

Suassuna (2013), em estudo avaliando a transpiração em genótipos de gergelim irrigados com águas salinizadas, observou um decréscimo por aumento unitário da CEa estimado em $(2,8 \text{ mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})$ nas plantas cultivadas sob irrigação com água de elevada condutividade elétrica $(4,6 \text{ dS m}^{-1})$, comprovando aos maiores dados encontrados neste trabalho $(2,78 \text{ mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})$, no entanto, com uma condutividade elétrica $(5,06 \text{ dS m}^{-1})$ (Figura 11 A e B).

Constatou-se que, para a cultivar BRS Anahí aos 61 DAS, atingiu-se a maior eficiência intrínseca do uso da água nas combinações entre *seed priming* e pulverizações SP-EFM x PU-AS+EFM $[6,71 (\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1})^{-1}]$ (Figura 12A). Para a cultivar BRS Seda aos 61 DAS, a maior eficiência intrínseca do uso da água foi registrada nas combinações SP-H₂O x PU-H₂O $(10,32 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1})^{-1}$, SP-AS+EFM x PU-AS $(9,39 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1})^{-1}$ e SP-AS x PU-EFM $(5,44 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1})^{-1}$ (Figura 12B). Já para a cultivar BRS Anahí aos 61 DAS, a maior eficiência instantânea de carboxilação foi verificado nas combinações SP-EFM x PU-AS+EFM $[0,08 (\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\text{mmol de CO}_2 \text{ m}^{-2})^{-1}]$ (Figura 12C). Para a cultivar BRS Seda aos 61 DAS, a maior eficiência instantânea de carboxilação foi verificado nas combinações SP-AS x PU-AS $[0,04 (\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\text{mmol de CO}_2 \text{ m}^{-2})^{-1}]$, SP-H₂O x PU-EFM $[0,05 (\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\text{mmol de CO}_2 \text{ m}^{-2})^{-1}]$ e SP-AS x PU-AS+EFM $[0,04 (\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\text{mmol de CO}_2 \text{ m}^{-2})^{-1}]$ (Figura 12D).

Figura 12 - Eficiência intrínseca do uso da água - (*EiUA*, *A/gS*) (A e B) e eficiência instantânea de carboxilação - (*EiCi*, *A/Ci*) (C e D) do gergelim cv. BRS Anahí e BRS Seda aos 61 dias após a semeadura, submetidas aos tratamentos controle (SP-H₂O), ácido salicílico (AS), extrato da folha de *Moringa* (EFM) e a interação de SP-AS + EFM em função do *seed priming* e a pulverização foliar. Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes representam diferença entre os *seed priming* e aquelas seguidas de letras minúsculas diferentes representam diferença entre as pulverizações pelo teste de Tukey $p < 0,05$. Campina Grande, PB, 2022.

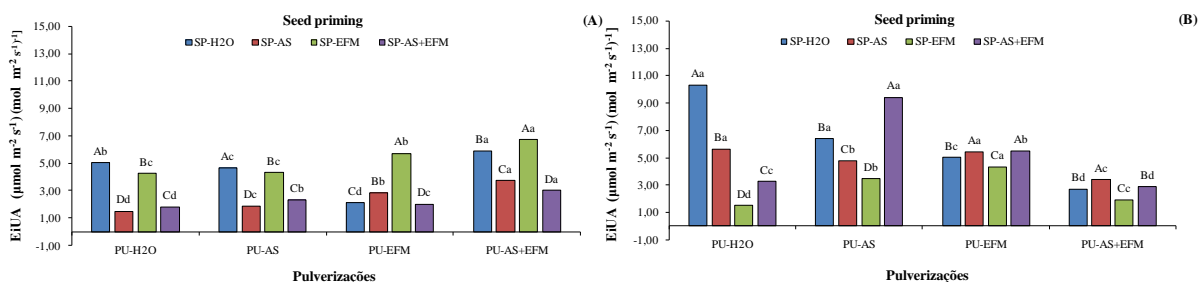
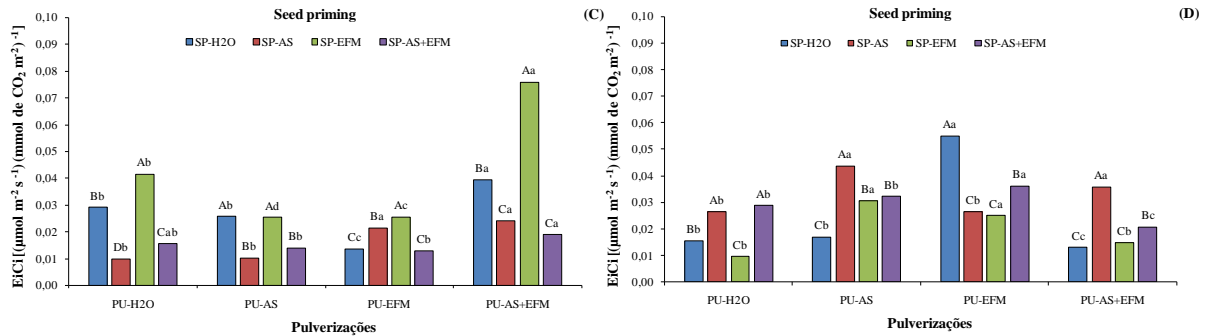


Figura 12, Cont.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

Conforme discussão anterior, o comportamento encontrado para $EiUA$ e $EiCi$ também pode ser explicado pela forma como g_s e A se relacionaram, de maneira benéfica à manutenção de níveis adequados de CO_2 intercelular e da eficiência instantânea no uso da água, possibilitando, com isso, otimização das trocas gasosas através do controle da absorção de CO_2 , necessário à formação de fotoassimilados (MELO et al., 2009).

Os maiores resultados referentes a $EiUA$ (Figura 12B) são semelhantes aos encontrados por Dias et al. (2018), em estudo avaliando a influência da adubação com nitrato e amônio no cultivo de gergelim submetido ao estresse salino CEa (3 dS m^{-1}), foi atingida a maior $EiUA$ [$9,49 (\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}) (\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1})^{-1}$] quando adubaram-se as plantas com a combinação de 50/150 de nitrato/amônio.

À $EiCi$ é influenciada pela concentração interna de CO_2 , no qual, condições de salinidade tendem a aumentar em detrimento da taxa fotossintética. Deste modo, a redução da taxa fotossintética com consequente aumento da C_i , ocasiona redução desta variável, em contrapartida, valores reduzidos da C_i associado ao aumento na g_s geram um acréscimo na $EiCi$ (DIAS et al., 2018).

Além disso, quando as concentrações de CO_2 intercelulares são muito baixas, a concentração deste componente nas células do mesófilo é restringido, assim, a planta utiliza o CO_2 proveniente da respiração para manter um nível mínimo de taxa fotossintética, tornando-a limitada (SILVA et al., 2015).

6 CONCLUSÕES

A salinidade da água irrigada com $5,06 \text{ dS m}^{-1}$ provoca efeito negativo no crescimento e desenvolvimento das cultivares de gergelim, sendo o número de vagens para a cv. BRS Seda, e número de folhas e área foliar para a cv. BRS Anahí, as variáveis mais prejudicadas.

O *seed priming* (AS+EFM) x pulverização foliar (EFM) ocasiona maior crescimento em altura de plantas, diâmetro do caule, número de folhas, área foliar e número de vagens do gergelim cv. BRS Anahí.

O *seed priming* (EFM) x pulverização foliar (AS+EFM) estimula maior aumento na condutância estomática, taxa de assimilação de CO_2 , eficiência intrínseca do uso da água e eficiência instantânea de carboxilação do gergelim cv. BRS Anahí, e *seed priming* (AS) x pulverização foliar (AS+EFM) proporciona maior aumento na condutância estomática, taxa de assimilação de CO_2 , transpiração e eficiência instantânea de carboxilação para o gergelim cv. BRS Seda.

A interação SP-AS+EFM + PU-EFM promove o melhor desenvolvimento e produção das cultivares de gergelim, submetidos à irrigação com águas salinas.

REFERÊNCIAS

- A-AS-SAQI, M.; CORLETO, A. Effect of seed presowing hardening on seedling emergence of four forage species. **Seed Science & Technology**, Zurich, v. 6, p. 701-709, 1978.
- ABDEL-MAGEED, T. A.; SEMIDA, W. M.; RADY, M. M. *Moringa* leaf extract as biostimulant improves water use efficiency, physio-biochemical attributes of squash plants under deficit irrigation. **Agricultural Water Management**, v. 193, p. 46-54, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.08.004>
- ABOHASSAN, R. A., & ABUSUWAR, A. O. (2018). Effects of *Moringa olifera* leaf extracts on growth and productivity of three leguminous crops. **Legume Research an International Journal**, v. 41, n. 1, p. 114-119, 2018. DOI: 10.18805/LR-366
- AFZAL, I., AKRAM, M. W., REHMAN, H. U., RASHID, S., & BASRA, S. M. A. *Moringa* leaf and sorghum water extracts and salicylic acid to alleviate impacts of heat stress in wheat. **South African Journal of Botany**, 2019. DOI: 10.1016/j.sajb.2019.04.009
- AHMAD, I.; TANVEER, M. U.; LIAQAT, M.; DOLE, J. M. Comparison of corm soaks with preharvest foliar application of *Moringa* leaf extract for improving growth and yield of cut *Freesia hybrida*. **Scientia Horticulturae**, v. 254, p. 21-25, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.04.074>
- AHMAD, R., HUSSAIN, S., ANJUM, M. A., KHALID, M. F., SAQIB, M., ZAKIR, I., HASSAN, A., FAHAD, S. and AHMAD, S. Oxidative Stress and Antioxidant Defense Mechanisms in Plants Under Salt Stress. In: HASANUZZAMAN, HAKEEM, K. R., NAHAR, K., ALHARBY, H. F. (eds). **Plant Abiotic Stress Tolerance** (p. 191-205). Springer, Cham.(2019). DOI: 10.1007/978-3-030-06118-0_8
- ALI, E. F.; HASSAN, F. A. S.; ELGIMABI, M. Improving the growth, yield and volatile oil content of *Pelargonium graveolens* L. Herit by foliar application with *Moringa* leaf extract through motivating physiological and biochemical parameters. **South African Journal of Botany**, v. 119, p. 383-389, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2018.10.003>
- AMANY, M. S.; IBRAHIM, H. I. M. Effect of Grain Priming with Salicylic Acid on Germination Speed, Seedling Characters, Anti-Oxidant Enzyme Activity and Forage Yield of Teosinte. **American-Eurasian Journal Agricultural Environmental Science**, v. 15, n. 5, p. 744-53, 2015. DOI: 10.5829/idosi.ajeaes.2015.15.5.12616.
- AMORIM NETO, M da S.; ARAUJO, E. de A.; BELTRÃO, N. E. de M. Clima e solo. In: **O Agronegócio do gergelim no Brasil**. BELTRÃO, N. E. de M.; VIEIRA, D. J. Campina Grande: Embrapa Algodão/ Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. 348p.
- ANTONIASSI, R., ARRIEL, N. H. C., GONÇALVES, E. B., de FREITAS, S. C., ZANOTTO, D. L., & BIZZO, H. R. Influência das condições de cultivo na composição da semente e do óleo de gergelim. **Ceres**, v. 60, n. 3, p. 301-310, 2013. DOI: 10.1590/S0034-737X2013000300001

ARRIEL, N. H. C.; BELTRÃO, NE de M.; FIRMINO, P. de T. **Gergelim: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Campina Grande: Embrapa Algodão, 2009. 209 p.

ARRIEL, N. H. C.; SOUSA, S. L. de; HEUERT, J.; MEDEIROS, A. A. de; GONDIM, T. M. de S.; FIRMINO, P. de T.; VASCONCELOS, R. A. de; DANTAS, E. S. B. **Gergelim BRS Anahí**, EMBRAPA Algodão, Campina Grande 2015. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1027487/1/FolderGergelimNairCurvas1.pdf>>. Acesso em: 28 de janeiro de 2022.

ARRIEL, N. H. C.; GONDIM, T. M. de S.; FIRMINO, P. de T.; BELTRÃO, N. E. de M.; VASCONCELOS, R. A.; COSTA, I. L. da; SILVEIRA, N. A. da; SOUSA, S. L. de; DANTAS, E. S. B.; PEREIRA, J. R. **Gergelim BRS Seda**. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/275609/1/Folderbrsseda.pdf>>. Acesso em: 28 de janeiro de 2022.

ARRIEL, N. H. C., FILHO, E. C. DA S., GOMES, N. M. S., FILHO, G. F. DE S. **Cultivo do Gergelim**. Disponível em: <https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducaolf6_1galceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoId=3714&p_r_p_-996514994_topicoId=3181>. Acesso em: 28 de jan. 2022.

ARRIEL, N. H. C.; FIRMINO, P. T.; BELTRÃO, N. E. M.; SOARES, J. J. ; ARAÚJO, A .E.; SILVA, A. C.; FERREIRA, G. B. **A cultura do gergelim**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007.

ARIF, M., KAREEM, S. H. S., AHMAD, N. S., HUSSAIN, N., YASMEEN, A., ANWAR, A., NAZ, S., IQBAL, J., SHAH, G. A., and ANSAR, M. Exogenously Applied Bio-Stimulant and Synthetic Fertilizers to Improve the Growth, Yield and Fiber Quality of Cotton. **Sustainability**, v. 11, n. 7, p. 1-14, 2019. DOI: 10.3390/su11072171

BEAUCHAMP, C.; FRIDOVIC, I. Superoxide Dismutase - Improved Assays and an Assay Applicable to Acrylamide Gels. **Analytical Biochemistry**, v.44, n. 1, p.276 - 287, Nov. 1971. DOI: [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(71\)90370-8](https://doi.org/10.1016/0003-2697(71)90370-8).

BELTRÃO, N. E. de M. Origem e história. In: BELTRÃO, N. E. de M.; VIEIRA, D. J. **O agronegócio do gergelim no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão/ Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2001. p.17-20.

BEZERRA, M. V. C.; SILVA, B. B. da; BEZERRA, B. G.; BORGES, V. P.; OLIVEIRA, A. S. de. Evapotranspiração e coeficiente de cultura do algodoeiro irrigado a partir de imagens de sensores orbitais. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 1, p. 64-71, 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: Mapa: ACS, 2009. 399 p.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical biochemistry**, v.72, n. 1-2, p. 248-254, 1976. DOI: [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(76\)90527-3](https://doi.org/10.1016/0003-2697(76)90527-3)

BUCHANAN, B. B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. L. (Ed.). Biosynthesis of Hormones Gerard Bishop. In: Hitoshi Sakakibara, Mitsunori Seo, and Shinjiro Yamaguchi. **Biochemistry and molecular biology of plants**. John Wiley & Sons, 2015, p. 827-828.

COLNAGO, LUIZ ALBERTO. **Análise do teor de óleo em sementes por RMN**. Embrapa Instrumentação-Circular Técnica (INFOTECA-E), 1996.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: quarto levantamento da safra 2021/2022**, janeiro, 2022. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/component/k2/item/download/40828_0bad57072b38a160412f36392313de55.pdf>. Acesso em: 20 janeiro de 2022.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Boletim da safra de grãos: sexto levantamento da safra 2021/2022**. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/safra-graos/boletim-da-safra-de-graos>>. Acesso em: 10 de março de 2022.

DE OLIVEIRA, A. B.; ALENCAR, N. L. M.; GOMES-FILHO, E. Comparison between the water and salt stress effects on plant growth and development. IN: AKINCI, S. **Responses of organisms to water stress**. IntechOpen, 2013. DOI: 10.5772/54223

DEMPSEY, D. A.; KLESSIG, D. F. How does the multifaceted plant hormone salicylic acid combat disease in plants and are similar mechanisms utilized in humans?. **BMC biology**, v.15, n. 1, p.15-23, 2017. DOI 10.1186/s12915-017-0364-8

DIAS N. S.; BLANCO F. F.; SOUZA, E. R.; FERREIRA, J. S. S.; SOUSA NETO, O. N.; QUEIROZ, I.S. R. Efeitos dos sais na planta e tolerância das culturas à salinidade. In: GHEYI H. R. et al. (Ed.). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudo básico e aplicados**. Fortaleza: INCTSal, 2016. p. 151-162

DIAS, A. S.; L, G. S.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; FERNANDES, P. D.; SILVA, F. A. Trocas gasosas e eficiência fotoquímica do gergelim sob estresse salino e adubação com nitrato-amônio. **Irriga**, v.23, p.220-234, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2018v23n2p220-234>

DOSSA, K., DIOUF, D., WANG, L., WEI, X., ZHANG, Y., NIANG, M., FONCEKA, D., YU, J., MMADI, M. A., YEHOUESSI, L. W., LIAO, B., ZHANG, X., CISSE, N. The Emerging Oilseed Crop *Sesamum indicum* Enters the “Omics” Era. **Frontiers in plant science**, v. 8, p. 11-54, 2017. DOI: 10.3389/fpls.2017.01154

DUBOIS M.; GILLES K. A.; HAMILTON J. K.; REBER P. A.; SMITH F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical chemistry**, v. 28, n. 3, p. 350-356, Mar. 1956. DOI: <https://doi.org/10.1021/ac60111a017>.

ECHER, F. R., CUSTÓDIO, C. C., HOSSOMI, S. T., DOMINATO, J. C., & MACHADO NETO, N. B. (2010). Estresse hídrico induzido por manitol em cultivares de algodão. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 4, p. 638-645, 2010. DOI:10.1590/S1806-66902010000400018

EDMOND, J. B.; DRAPALA, W. J. The effects of temperature, sand and soil, and acetone on germination of okra seeds. **Proceedings of the American Society For Horticultural Science, Alexandria**, v. 71, n. 1, p. 428-434, 1958.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cadeia produtiva do gergelim discute desafios da cultura em Mato Grosso**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/43283905/cadeia-produtiva-do-gergelim-discute-desafios-da-cultura-em-mato-grosso>>. Acesso em: 08 de outubro de 2019.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Embrapa desenvolve nova cultivar de gergelim para mercado gourmet**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/51813127/embrapa-desenvolve-nova-cultivar-de-gergelim-para-mercado-gourmet?p_auth=SdzRhMxG#:~:text=Embrapa%20desenvolve%20nova%20cultivar%20de%20gergelim%20para%20mercado%20gourmet,-Compartilhar&text=Embrapa%2047%20anos%3A%20gergelim%20BRS,%C3%A9%20a%20pel%C3%ADcula%20marrom%20avermelhada>. Acesso em: 10 de março de 2022.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cultivo do gergelim no Brasil cresce 230% em um ano**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/64027841/cultivo-do-gergelim-no-brasil-cresce-230-em-um-ano>>. Acesso em: 13 de dezembro de 2021.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Competitividade do agronegócio do gergelim nas condições do Cerrado brasileiro**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-projetos/-/projeto/217654/competitividade-do-agronegocio-do-gergelim-nas-condicoes-do-cerrado-brasileiro>>. Acesso em: 10 de março de 2022.

EVELIN, H., DEVI, T. S., GUPTA, S., and KAPOOR, R. Mitigation of salinity stress in plants by arbuscular mycorrhizal symbiosis: current understanding and new challenges. **Frontiers in Plant Science**, v. 10: 470, 2019. DOI: 10.3389/fpls.2019.00470

EVENARI, MICHAEL. Seed physiology: its history from antiquity to the beginning of the 20th century. **The Botanical Review**, v. 50, n. 2, p. 119-142, 1984. DOI: 10.1007/BF02861090

FAO - Food and Agriculture Organization. **FAOSTAT Crops**. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>. Acesso: 20 de janeiro de 2022.

FAO. **Status of the World's Soil Resources**. Rome, Italy, 2015. Disponível em: http://www.fao.org/fileadmin/templates/lon/Items/Dan_Pennock_IYS_2015.pdf. Acesso: 03 de março de 2020.

FERCHICHI, S., HESSINI, K., DELL' AVERSANA, E., D' AMELIA, L., WOODROW, P., CIARMIELLO, L. F., FUGGI, A., and CARILLO, P. Hordeum vulgare and Hordeum maritimum respond to extended salinity stress displaying different temporal accumulation pattern of metabolites. **Functional Plant Biology**, v. 45, n. 11, p. 1096-1109, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1071/FP18046>

FERRAZ, R. L. de S.; BARBOSA, M. A., MAGALHÃES, I. D. M., MELO, A. S., ROCHA, M. S., COSTA, P. S. Atributos qualitativos de sementes de algodoeiro hidrocondicionadas em soluções de silício. **Científica**, v. 45, n. 1, p. 85-94, 2017. DOI:10.15361/1984-5529.2017v45n1p85-94

FERRAZ, R. L. de S.; BELTRÃO, N. E. de M. ; MELO, A. S. de ; MAGALHAES, I. D. ; FERNANDES, P.D ; ROCHA, M. do S. . Trocas gasosas e eficiência fotoquímica de cultivares de algodoeiro herbáceo sob aplicação de silício foliar. **Semina**. Ciências Agrárias (Impresso), v. 35, n. 2, p. 735-748, 2014. DOI:10.5433/1679-0359.2014v35n2p735

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v.37, p.529-535, 2019. DOI: <https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>.

FERREIRA, D. T. R. G., DA SILVA, V. M., DA SILVA, I. C., DE ARAÚJO NETO, J. C., DE SOUZA, R. C., & FERREIRA, V. M. (2017). Germinação de três Euphorbiaceae influenciada pela luz e níveis de palhada. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 11, n. 3, p. 215-222, 2017.

FOIDL, N., MAKKAR, H.P.S. and BECKER K. The potential of Moringaoleifera for agricultural and industrial uses. **The miracle tree: The multiple attributes of Moringa**, p. 45-76, 2001.

FREIRE, J. L. O.; DIAS, T. J.; CAVALCANTE, L. F.; FERNANDES, P. D; LIMA NETO, A. J. Rendimento quântico e trocas gasosas em maracujazeiro amarelo sob salinidade hídrica, biofertilização e cobertura morta. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 45, n. 1, p. 82-91, 2014.

GIANNOPOLITIS, O., RIES, S. K. Superoxide dismutase: I. Occurrence in higher plants. **Plant Physiology**, v. 59, n. 2, p. 309 – 314, Fev. 1977.

GRIEVE, C. M.; GRATTAN, S. R. Rapid assay for determination of water-soluble quaternary ammonium-compounds. **Plant and Soil**, v.70, n. 2, p.303-307, 1983. DOI: 10.1007/BF02374789

GUERRA, E. P., DESTRO, D., MIRANDA, L. A., and MONTALVÁN, R. Performance of food-type soybean genotypes and their possibility for adaptation to Brazilian latitudes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 4, p. 575-583, 1999. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X1999000400008>

HERRIDGE, D. F. Effects of Nitrate and Plant Development on the Abundance of Nitrogenous Solutes in Root-Bleeding and Vacuum-Extracted Exudates of Soybean¹. **Crop Science**, v.24,n.1,p.173-179, 1984. DOI:10.2135/cropsci1984.0011183X002400010041x

HOSSAIN, M. A., BHATTACHARJEE, S., ARMIN, S. M., QIAN, P., XIN, W., LI, H. Y., BURRITT, D. J., FUJITA, M., and TRAN, L. S. P. Hydrogen peroxide priming modulates abiotic oxidative stress tolerance: insights from ROS detoxification and scavenging. **Frontiers in plant science**, v. 6, p. 420, 2015.

- HUSSAIN, A., RIZWAN, M., ALI, Q., and ALI, S. Seed priming with silicon nanoparticles improved the biomass and yield while reduced the oxidative stress and cadmium concentration in wheat grains. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 26, n.8, p. 7579-7588, 2019. DOI: 10.1007/s11356-019-04210-5
- HOWLADAR, S. M. A novel Moringa oleifera leaf extract can mitigate the stress effects of salinity and cadmium in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 100, p. 69-75, 2014. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2013.11.022
- IBRAHIM, E. A. Seed priming to alleviate salinity stress in germinating seeds. **Journal of Plant Physiology**, v. 192, p. 38–46, 2016. DOI: 10.1016/j.jplph.2015.12.011
- KABI, M., BAISAKH, B., DASH, M., and TRIPATHY, S. K. Phenotyping of sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes for powdery mildew resistance. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 8, n. 3, p. 1865-1867, 2019.
- KANG, G., LI, G. & GUO, T. Molecular mechanism of salicylic acid-induced abiotic stress tolerance in higher plants. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 36, n. 9, p. 2287-2297, 2014. DOI: 10.1007/s11738-014-1603-z
- KHADEMIAN, R., ASGHARI, B., SEDAGHATI, B., & YAGHOUBIAN, Y. Plant beneficial rhizospheric microorganisms (PBRMs) mitigate deleterious effects of salinity in sesame (*Sesamum indicum* L.): Physio-biochemical properties, fatty acids composition and secondary metabolites content. **Industrial Crops and Products**, v. 136, n. 15, p. 129-139, 2019. DOI: 10.1016/j.indcrop.2019.05.002
- KHAN, M. I. R., FATMA, M., PER, T. S., ANJUM, N. A., & KHAN, N. A. Salicylic acid-induced abiotic stress tolerance and underlying mechanisms in plants. **Frontiers in Plant Science**, v. 6, p. 462, 2015. DOI: 10.3389/fpls.2015.00462
- KHOSHBAKHT, D.; ASGHAREI, M. R. Influence of foliar-applied salicylic acid on growth, gas-exchange characteristics, and chlorophyll fluorescence in citrus under saline conditions. **Photosynthetica**, v. 53, n. 3, p. 410-418, 2015. DOI: 10.1007/s11099-015-0109-2
- KLESSIG, D. F., CHOI, H. W., & DEMPSEY, D. A. Systemic Acquired Resistance and Salicylic Acid: Past, Present, and Future. **Molecular Plant-Microbe Interactions**, v. 31, n. 9, p. 871–888, 2018. DOI: 10.1094/MPMI-03-18-0067-CR
- LABOURIAU, L. G.; VALADARES, M. B. On the germination of seeds of *Calotropis procera*. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 48, p. 174-186, 1976.
- LIMA E. F.; ARAÚJO, A. E.; BATISTA, F. A. S. Doenças e seu controle. In: BELTRÃO, N. E. de M.; VIEIRA, D. J. (Coord.) **O agronegócio do gergelim no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão/ Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. 348p.
- LIMA, S.R.; BELTRÃO, N. E. M.; OLIVEIRA, M. I. P.; ROCHA, M. S.; AMORIM, M. L. C. M. **Potencial germinativo de sementes de gergelim BRS seda submetidas ao estresse salino**. IV Encontro de Produção Científica da Embrapa Algodão - EPC 2009, Campina Grande, PB, 2009.

LIMA, G. B. P. **Rizobactérias promotoras de crescimento e mitigação da restrição hídrica em gergelim**. Campina Grande, 2021. 69f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, Universidade Estadual da Paraíba / Embrapa Algodão. Disponível em: <http://tede.bc.uepb.edu.br/jspui/handle/tede/3836> Acesso em: 30 de janeiro de 2022.

LITALIEN, A.; ZEEB, B. Curing the earth: A review of anthropogenic soil salinization and plant-based strategies for sustainable mitigation. **Science of The Total Environment**, v. 698, p. 134235, 2020. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.134235

LUTTS, S., BENINCASA, P., WOJTYLA, L., KUBALA, S., PACE, R., LECHOWSKA, K., QUINET, M., and GARNCZARSKA, M. Seed priming: new comprehensive approaches for an old empirical technique. In: ARAÚJO, S.; BALESTRAZZI, A. (Ed.). **New Challenges in Seed Biology: Basic and Translational Research Driving Seed Technology**. BoD–Books on Demand. In Tech Open, Rijeka, Croatia, p.1-46, 2016. DOI: 10.5772/64420

MACHADO, D. F. S. P.; MACHADO, E.C.; MACHADO, R. S; RIBEIRO, R.V. Efeito da baixa temperatura noturna e do porta-enxerto na variação diurna das trocas gasosas e na atividade fotoquímica de laranjeira ‘valência’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 2, p. 351-359, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452010005000064>

MANSOUR, M. M. F.; ALI, E. F.; SALAMA, K. H. A. Does Seed Priming Play a Role in Regulating Reactive Oxygen Species Under Saline Conditions?. IN: HASANUZZAMAN, M., FOTOPOULOS, V., NAHAR, K., FUJITA, M. **Reactive Oxygen, Nitrogen and Sulfur Species in Plants: Production, Metabolism, Signaling and Defense Mechanisms**. 2019, p. 437-488. DOI: 10.1002/9781119468677.ch18

MARURI-LÓPEZ, I., AVILES-BALTAZAR, N. Y., BUCHALA, A., SERRANO, M. Intra and Extracellular Journey of the Phytohormone Salicylic Acid. **Frontiers in Plant Science**, v. 10, 2019. DOI: 10.3389/fpls.2019.00423

MASWADA, H. F.; ABD EL-RAZEK, U. A.; EL-SHESHTAWY, A. N. A.; ELZAAWELY, A. A. Morpho-physiological and yield responses to exogenous *Moringa* leaf extract and salicylic acid in maize (*Zea mays* L.) under water stress. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 64, n. 7, p. 994-1010, 2018. DOI: 10.1080/03650340.2017.1406079

MELO, A. S. de., SILVA JÚNIOR, C. D. D., FERNANDES, P. D., SOBRAL, L. F., BRITO, M. E. B., & DANTAS, J. D. M. Alterações das características fisiológicas da bananeira sob condições de fertirrigação. **Ciência Rural**, v. 39, p. 733-741, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782008005000101>

MEWARD, A. R. M. A.; DESOKY, E. S. M.; RADY, M. M. Response of water deficit-stressed *vigna unguiculata* performances to silicon, proline or methionine foliar application. **Scientia Horticulturae**, v. 228, p.132–144, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.10.008>

MIURA, K.; TADA, Y. Regulation of water, salinity, and cold stress responses by salicylic acid. **Frontiers in plant science**, v. 5, p. 1-12, 2014.

MORRIS, D. L. Quantitative determination of carbohydrates with Dreywood's anthrone reagent. **Science** (Washington), v. 107, p. 254-255, 1948. DOI: 10.1126/science.107.2775.254.

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

NAJAFABADI, M. Y., EHSANZADEH, P. Photosynthetic and antioxidative upregulation in drought-stressed sesame (*Sesamum indicum* L.) subjected to foliar-applied salicylic acid. **Photosynthetica**, v. 55, n. 4, p. 611-622, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11099-017-0673-8>

NAKANO, Y., ASADA, K. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. **Plant Cell Physiology**, v. 22, n. 5, p. 867 – 880, 1981. DOI: 10.1093/oxfordjournals.pcp.a076232.

NAMBIAR, VANISHA S.; MEHTA, RACHANA; DANIEL, M. Polyphenol content of three Indian green leafy vegetables. **Journal of Food science and Technology**, v. 42, n. 6, p. 312-315, 2005.

NJOKU, O. U.; UMALE ADIKWU, M. Investigation on some physico-chemical antioxidant and toxicological properties of *Moringa oleifera* seed oil. **Acta pharmaceutica (Zagreb)**, v. 47, n. 4, p. 287-290, 1997.

NOUMAN, W., BASRA, S. M. A., YASMEEN, A., GULL, T., HUSSAIN, S. B., ZUBAIR, M., and GUL, R. Seed priming improves the emergence potential, growth and antioxidant system of *Moringa oleifera* under saline conditions. **Plant growth regulation**, v. 73, n. 3, p. 267-278, 2014. DOI: 10.1007/s10725-014-9887-y

OLIVEIRA, A. R. de; ARRIEL, N. H. C., **As principais oleaginosas da agricultura familiar**. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/208450/1/As-principais-oleaginosas-2019.pdf>>. Acesso em: 10 de março de 2022.

PEREIRA J. R. D, CARVALHO J. A., MIGUEL D. S, SANTANA M. J. Consumo de água pela cultura do crisântemo cultivada em ambiente protegido. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 3, p. 651-659, 2005.

PEREIRA, K. T. O., DOS SANTOS, B. R. V., BENEDITO, C. P., LOPES, É. G., & AQUINO, G. S. M. Germinação e vigor de sementes de *Moringa oleifera* Lam. em diferentes substratos e temperaturas. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 2, p. 92-99, 2015.

PRABHU, M.; KUMAR, A. RAMESH; RAJAMANI, K. Influence of different organic substances on growth and herb yield of sacred basil (*Ocimum sanctum* L.). **Indian Journal of Agricultural Research**, v. 44, n. 1, 2010.

PRODHAN, M. Y., MUNEMASA, S., NAHAR, M. N. E. N., NAKAMURA, Y., & MURATA, Y. Guard cell salicylic acid signaling is integrated into abscisic acid signaling via the Ca²⁺/CPK-dependent pathway. **Plant physiology**, v. 178, n. 1, p. 441-450, 2018. DOI: 10.1104/pp.18.00321

- RADY, M. M.; MOHAMED, G. F. Modulation of salt stress effects on the growth, physio-chemical attributes and yields of *Phaseolus vulgaris* L. plants by the combined application of salicylic acid and *Moringa oleifera* leaf extract. **Scientia horticulturae**, v. 193, p. 105-113, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.07.003>
- RADY, M. M.; VARMA, B.; HOWLADAR, S. M. Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seedlings overcome NaCl stress as a result of presoaking in *Moringaoleifera* leaf extract. **Scientia Horticulturae**, v. 162, p. 63-70, 2013. DOI: [10.1016/j.scienta.2013.07.046](https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.07.046)
- RIBEIRO, R. V.; MACHADO, E. C.; SANTOS, M. G.; OLIVEIRA, R. F. Photosynthesis and water relations of well-watered orange plants as affected by winter and summer conditions. **Photosynthetica**, v. 47, n.2, p. 215-222, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11099-009-0035-2>
- RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington, DC: Department of Agriculture, 1954.
- SAFARI, H., HOSSEINI, S. M., AZARI, A., e RAFSANJANI, M. H. Effects of seed priming with ABA and SA on seed germination and seedling growth of sesame (*Sesamum indicum* L.) under saline condition. **Australian Journal of Crop Science**, v. 12, n. 9, p. 1385-1392, 2018. DOI: [10.21475/ajcs.18.12.09.PNE940](https://doi.org/10.21475/ajcs.18.12.09.PNE940)
- SHAH, Z. H., REHMAN, H. M., AKHTAR, T., DAUR, I., NAWAZ, M. A., AHMAD, M. Q., RANA, I. A., ATIF, R. M., YANG, S. H. and CHUNG, G. Redox and Ionic Homeostasis Regulations against Oxidative, Salinity and Drought Stress in Wheat (A Systems Biology Approach). **Frontiers in Genetics**, v. 8, p. 141, 2017. DOI: [10.3389/fgene.2017.00141](https://doi.org/10.3389/fgene.2017.00141)
- SAMADDAR, S.; CHATTERJEE, P.; CHOUDHURY, A. R.; AHMED, S.; SA, T. Interactions between *Pseudomonas* spp. and their role in improving the red pepper plant growth under salinity stress. **Microbiological research**, Geisenheim, v. 219, n. 1, p. 66-73, 2019.
- SILVA, A. A. R. da.; LACERDA, C. N. de.; LIMA, G. S. de.; SOARES, L. A. dos A.; GHEYI, H. R.; FERNANDES, P. D. MORFOFISIOLOGIA DE GENÓTIPOS DE GERGELIM SUBMETIDOS A DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE USO DE ÁGUA SALINA. **IRRIGA**, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 42–55, 2021. DOI: [10.15809/irriga.2021v1n1p42-55](https://doi.org/10.15809/irriga.2021v1n1p42-55). Disponível em: <https://energia.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/4234>. Acesso em: 26 jan. 2022.
- SILVA, A. C. D., SUASSUNA, J. F., MELO, A. S. D., COSTA, R. R., ANDRADE, W. L. D., & SILVA, D. C. D. (2017). Salicylic acid as attenuator of drought stress on germination and initial development of sesame. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 3, p. 156-162, 2017. DOI: [10.1590/1807-1929/agriambi.v21n3p156-162](https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v21n3p156-162)
- SILVA, A. E.; FERRAZ, R. L. de S. ; SILVA, J. P. da ; COSTA, P. da S. ; VIEGAS, P. R. A. ; BRITO NETO, J. F. de ; MELO, A. S. de ; MEIRA, K. S. ; SOARES, C. S. ; MAGALHAES, I. D. ; MEDEIROS, A, de S.. Microclimate changes, photomorphogenesis, and water consumption by *Moringa oleifera* cuttings under light spectrum variations and exogenous phytohormones concentrations. **Australian Journal of Crop Science**, Queensland, 2020.

- SILVA, E. M.; LIMA, G. S.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; SÁ, F. V. S.; SOUZA, L. P. Growth and gas exchanges in soursop under irrigation with saline water and nitrogen sources. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 22, n. 11, p. 776-781, 2018.
- SILVA, F. G.; DUTRA, W. F.; DUTRA, A. F.; OLIVEIRA, I. M.; FILGUEIRAS, L. M. B.; MELO, A. S. **Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de beringela sob lamina de irrigação**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 19, n. 10, p. 946-952, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n10p946-952>
- SILVA, J. A. D., FERNANDES, P. D., BEZERRA, J. R., ARRIEL, N. H., CARDOSO, G. D. **Crescimento e produção de genótipos de gergelim em função de lâminas de irrigação**. Embrapa Algodão-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2014.
- SILVA, L. C.; SANTOS, J.W.; VIEIRA, D.J.; BELTRÃO, N.E.M.; ALVES, I.J.F. Um método simples para se estimar a área foliar de plantas de gergelim (*Sesamum indicum* L.). **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**. v. 6, n.1, p. 491-496, 2002.
- SIMAEI, M., KHAVARI-NEJAD, R. A., & BERNARD, F. (2012). Exogenous application of salicylic acid and nitric oxide on the ionic contents and enzymatic activities in NaCl-stressed soybean plants. **American Journal of Plant Sciences**, v. 3, n.10, p. 1495-1503, 2012. DOI: 10.4236/ajps.2012.310180
- SINGH, A. Soil salinization and waterlogging: A threat to environment and agricultural sustainability. **Ecological indicators**, v. 57, p. 128-130, 2015. DOI: 10.1016/j.ecolind.2015.04.027
- SOARES, C. S.; SILVA, J. A.; SILVA, G. N. Produção de coentro em diferentes espaçamentos dos canais hidropônicos. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, Recife, v. 22, p. 1-5, 2017.
- SPARKS, D. L. Environmental soil chemistry: An overview. **Environmental soil chemistry, 2nd edn. Academic Press**, New York, p. 1-42, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1016/C2009-0-02455-6>
- SUASSUNA, J. F., FERNANDES, P. D., BRITO, M. E. B., ARRIEL, N. H. C., DE MELO, A. S., AND FERNANDES J. D. Tolerance to Salinity of Sesame Genotypes in Different Phenological Stages. **American Journal of Plant Sciences**, v. 8, n. 8, p. 1904-1920, 2017. DOI: 10.4236/ajps.2017.88129
- SUASSUNA, J. F. **Tolerância de genótipos de gergelim ao estresse salino**. Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, 2013. 126p. Tese Doutorado.
- SUDHAKAR, C.; LAKSHMI, A.; GIRIDARAKUMAR, S. Changes in the antioxidant enzyme efficacy in two high yielding genotypes of mulberry (*Morus alba* L.) under NaCl salinity. **Plant Science**, v. 161, n. 3, p.613-619, 2001. DOI: 10.1016/S0168-9452(01)00450-2
- TAIZ, L., ZEIGER, E., MØLLER, I. M., MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6ª Ed. Porto Alegre: Artmed, 858 P, 2017.

- TETLEY, R. M., THIMANN, K. V. The metabolism of oat leaves during senescence: I. Respiration, carbohydrate metabolism, and the action of cytokinins. **Plant Physiology**, v. 54, n. 3, p. 294-303, 1974. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.54.3.294>
- TIAN, H.; ZHANG, Y. The Emergence of a Mobile Signal for Systemic Acquired Resistance. 2019. **The Plant Cell**, v. 31, p. 1414–1415, 2019. DOI: 10.1105/tpc.19.00350
- UN - UNITED NATIONS. **Population Division, World Population Prospects 2019**. Disponível em: <https://population.un.org/wpp/DataQuery/> Acesso em: 11 de out. 2019.
- WOJTYLA, Ł., LECHOWSKA, K., KUBALA, S., and GARNCZARSKA, M. Molecular processes induced in primed seeds—increasing the potential to stabilize crop yields under drought conditions. **Journal of plant physiology**, v. 203, p. 116-126, 2016. DOI: 10.1016/j.jplph.2016.04.008
- XU, Y.; CHEN, G.; GUO, M. Antioxidant and Anti-Inflammatory Activities of the Crude Extracts of *Moringa oleifera* from Kenya and Their Correlations with Flavonoids. **Antioxidants**, v. 8, n. 8, p. 296, 2019. DOI: 10.3390/antiox8080296
- YADAV, R. K., SAINI, P. K., PRATAP, M., and TRIPATHI, S. K. Techniques of seed priming in field crops. **International Journal of Chemical Studies**, v. 6, n. 3, p. 1588-1594, 2018.
- YASMEEN, A., ARIF, M., HUSSAIN, N., MALIK, W., & QADIR, I. (2016). Morphological, Growth and Yield Response of Cotton to Exogenous Application of Natural Growth Promoter and Synthetic Growth Retardant. **International Journal of Agriculture & Biology**, v. 18, n. 6, 2016. DOI: 10.17957/IJAB/15.0213
- YASMEEN, A., BASRA, S. M. A., FAROOQ, M., REHMAN, H. UR, HUSSAIN, N., & ATHAR, H. UR R. Exogenous application of moringa leaf extract modulates the antioxidant enzyme system to improve wheat performance under saline conditions. **Plant Growth Regulation**, v. 69, n. 3, p. 225–233, 2013. DOI: 10.1007/s10725-012-9764-5
- YEMM, E.W. & COCKING, E.C. The determination of amino acids with ninhydrin. **Analyst**, v. 80, n. 948, p. 209-213, 1955.
- ZENAWI, G; MIZAN, A. Effect of Nitrogen Fertilization on the Growth and Seed Yield of Sesame (*Sesamum indicum* L.). **International Journal of Agronomy**, v. 2019, p. 1-7, 2019. DOI: 10.1155/2019/5027254
- ZHANG, H., MIAO, H., & JU, M. (2019). Potential for Adaptation to Climate Change Through Genomic Breeding in Sesame. In: KOLE, C. (eds). **Genomic Designing of Climate-Smart Oilseed Crops**. Springer, Cham. Ed. Springer, p. 371–440, 2019. DOI: 10.1007/978-3-319-93536-2_7
- ZHANG, T., ZHANG, Z., LI, Y., and HE, K. The Effects of Saline Stress on the Growth of Two Shrub Species in the Qaidam Basin of Northwestern China. **Sustainability**, v. 11 n. 3, p. 828, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/su11030828>