

MORFOFISIOLOGIA DE GENÓTIPOS DE GERGELIM SUBMETIDOS A DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE USO DE ÁGUA SALINA

ANDRÉ ALISSON RODRIGUES DA SILVA¹; CASSIANO NOGUEIRA DE LACERDA¹; GEOVANI SOARES DE LIMA¹; LAURIANE ALMEIDA DOS ANJOS SOARES¹; HANS RAJ GHEYI¹ E PEDRO DANTAS FERNANDES¹

¹ Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Rua Aprígio Veloso, 882 - Universitário, Campina Grande, PB. E-mail: andrealisson_cgpb@hotmail.com; cassianonogueiraagro@gmail.com; geovani.soares@pq.cnpq.br; lauriane.soares@pq.cnpq.br; hgheyi@gmail.com; pedrodantasfernandes@gmail.com.

1 RESUMO

Objetivou-se com este trabalho avaliar as trocas gasosas e o acúmulo de fitomassas de genótipos de gergelim sob estratégias de uso de águas salinas. A pesquisa foi conduzida em casa de vegetação, em delineamento de blocos casualizados em arranjo fatorial 6 x 2, sendo seis estratégias de uso de águas salinas aplicadas nas diferentes fases fenológicas das plantas (SE-irrigação com água de baixa salinidade durante todo ciclo de cultivo; VE - irrigação com água de alta salinidade na fase vegetativa; FL - na fase de floração; FR na fase de frutificação; VE/FL - nas fases vegetativa/floração; VE/FR - nas fases vegetativa/frutificação) e dois genótipos de gergelim (BRS Seda e BRS Anahí), com quatro repetições. Foram aplicadas água com alta salinidade (2,7 dS m⁻¹), em alternância com água com baixa concentração de sais (0,3 dS m⁻¹), em fases diferentes do ciclo. A irrigação com água de 2,7 dS m⁻¹ durante a fase de floração, e nas fases vegetativa/floração, não comprometeu a condutância estomática, transpiração e taxa de assimilação de CO₂ dos genótipos de gergelim. A salinidade da água de 2,7 dS m⁻¹ quando aplicada nas fases vegetativa/floração prejudicou o acúmulo de fitomassa pelas plantas de gergelim.

Palavras-chave: estresse salino, *Sesamum indicum* L., qualidade de água.

SILVA, A. A. R. da; LACERDA, C. N. de; LIMA, G. S. de; SOARES, L. A. dos A.; GHEYI, H. R.; FERNANDES, P.D.
MORPHOPHYSIOLOGY OF SESAME GENOTYPES SUBMITTED TO DIFFERENT STRATEGIES FOR THE USE OF SALINE WATER

2 ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate gas exchange and phytomass accumulation of sesame genotypes under different strategies for the use of saline water. The research was conducted in a greenhouse, in a randomized block design in a 6 x 2 factorial arrangement, with six strategies for the use of saline water applied in the different phenological phases of the plants (SE - irrigation with low salinity water throughout the cultivation cycle; VE - irrigation with high salinity water in the vegetative phase; FL - in the flowering phase; FR - in

the fruiting phase; VE/FL - in the vegetative/flowering phase; VE/FR - in the phases vegetative/fruiting) and two sesame genotypes (BRS Seda and BRS Anahí), with four replicates. Water with high salinity (2.7 dS m⁻¹) was used, alternating with water with low salt concentration (0.3 dS m⁻¹), at different stages of the crop cycle. Irrigation with water of 2.7 dS m⁻¹ during the flowering phase, and in the vegetative/flowering phases, did not compromise the stomatal conductance, transpiration and CO₂ assimilation rate of sesame genotypes. The water salinity of 2.7 dS m⁻¹ applied in the vegetative/flowering phases impaired the accumulation of phytomass by sesame plants.

Keywords: saline stress, *Sesamum indicum* L., water quality.

3 INTRODUÇÃO

O gergelim (*Sesamum indicum* L.) é uma das oleaginosas mais importantes no mundo, sobretudo pelo seu alto valor nutritivo (LIU et al., 2020). Devido ao seu elevado teor de óleo (44 a 58%), proteínas (18 a 25%) e carboidratos (13%), o gergelim tem sido amplamente utilizado como fonte de óleo comestível (TENYANG et al., 2017). Os produtos oriundos desta oleaginosa possui vantagens para a saúde e nutrição humana em relação aos óleos vegetais, como atividade anti-hipertensiva, antioxidante, prevenção da arteriosclerose e redução de inflamação (SHAHIDI; LIYANA-PATHIRANA; WALL, 2006).

No Brasil, a produção de gergelim concentra-se basicamente nos estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Pará e Ceará, sendo o estado de Mato Grosso o maior produtor nacional (LACERDA et al., 2020). Em comparação com outras culturas de sementes oleaginosas, o gergelim é moderadamente sensível ao estresse salino, sendo o seu rendimento e qualidade severamente limitados pela salinidade do solo e/ou da água, principalmente em regiões semiáridas (ZHANG et al., 2019).

Apesar do semiárido nordestino apresentar condições de solo e clima favoráveis para o cultivo do gergelim, isto não é suficiente para explorar o potencial dessa cultura, devido às limitações impostas pelos regimes pluviiais desta região, tornando a irrigação uma boa alternativa

para garantir a produção de alimentos (LIMA et al., 2020). Contudo, as águas provenientes dos mananciais desta região possuem altas concentrações de sais, o que pode provocar modificações morfológicas, estruturais e metabólicas nas plantas (LIMA et al., 2016).

Frequentemente, em áreas caracterizadas pela escassez de água de baixa salinidade, a utilização de água salina na irrigação tem o potencial de atender parcialmente as demandas de água das plantas e manter certo nível de produtividade das culturas (ALHARBY; COLMER; BARRETT-LENNARD, 2018). Entretanto, a irrigação contínua com água salina propicia aumento na concentração de sais na zona radicular, afetando a absorção de água e nutrientes, limitando o crescimento e o desenvolvimento das culturas (HUSSAIN et al., 2015).

Dessa forma, a utilização de estratégias de cultivo que minimizem os efeitos deletérios do excesso de sais sobre as plantas e o solo, podem favorecer a produção agrícola, especialmente em regiões semiáridas. De acordo com Lacerda et al. (2009), a escolha de espécies ou genótipos tolerantes, a utilização de fontes de água com elevada concentração de sais nos estádios de maior tolerância das culturas, a mistura de águas de diferentes qualidades e o uso cíclico de fontes de água com diferentes concentrações de sais, são estratégias que podem amenizar o efeito do estresse salino sobre as plantas e diminuir

as alterações nas propriedades físico-químicas do solo.

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar os parâmetros de trocas gasosas e o acúmulo de fitomassas de genótipos de gergelim em função das estratégias de uso de águas salinas em condições de ambiente protegido.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido entre os meses de novembro de 2018 e janeiro de 2019, instalado numa casa de vegetação pertencente ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar - CCTA da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, em Pombal, Paraíba, situado nas coordenadas geográficas 6°47'20" latitude sul e 37°48'01" longitude oeste, a uma altitude de 194 m.

Os tratamentos consistiram de seis estratégias de uso de águas salinas (EUS), aplicadas nos diferentes estádios de desenvolvimento das plantas: SE-irrigação com água de baixa salinidade durante todo ciclo de cultivo (controle); VE-irrigação com água de alta salinidade na fase vegetativa (15-31 dias após semeadura - DAS); FL - irrigação com água de alta salinidade na fase de floração (32-56 DAS); FR- irrigação com água de alta salinidade na fase de frutificação (57-88 DAS); VE/FL - irrigação com água de alta salinidade na fase vegetativa/floração (15-56 DAS); VE/FR- irrigação com água de alta salinidade na fase vegetativa/frutificação (15-31 DAS; 56-88 DAS) e dois genótipos (GEN) de gergelim (BRS Seda e BRS Anahí), em arranjo fatorial 6x2, distribuídos em delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições, perfazendo o total de 48 unidades experimentais.

Os níveis de salinidade das águas, expressos em termos de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa), foram de 0,3 e 2,7 dS m⁻¹ para água de baixa e alta

concentração de sais, respectivamente. Os níveis salinos foram definidos baseados em estudo desenvolvido por Dias et al. (2019). Com relação às fases de desenvolvimento da cultura, no tratamento VE a aplicação de água com elevada salinidade teve início no surgimento da primeira folha definitiva e término na abertura da 1ª flor; no tratamento FL a irrigação com alta CEa iniciou-se com a abertura da 1ª flor e se estendeu até a formação dos frutos (cápsula); no tratamento FR a aplicação de água salina ocorreu a partir do surgimento das cápsulas, até o final da colheita.

Utilizaram-se sementes dos genótipos BRS Seda e BRS Anahí. A cultivar de gergelim BRS Seda possui sementes de cor branca, alto valor comercial, com uso nas indústrias alimentícias e de confeitarias. Em condições ideais de solo, água e manejo da planta, o BRS Seda pode atingir uma produtividade de até 2.500 kg ha⁻¹. A cultivar é tolerante à mancha angular, cercosporiose e à murcha de *Macrophomina* (EMBRAPA, 2007). Já a BRS Anahí apresenta haste de coloração verde-escura, porte mediano, ciclo de 90 dias, hábito de crescimento não ramificado, floração aos 39 dias e três frutos por axila foliar. As sementes têm coloração esbranquiçada, peso médio de 4,22 mg e teor de óleo variando de 50 a 52%. Apresenta tolerância à murcha de *Macrophomina*, mancha angular e cercosporiose (EMBRAPA, 2015).

Foram utilizados vasos plásticos de 20 L de capacidade, adaptados como lisímetros para o cultivo das plantas. Na base dos vasos foram feitos dois furos, nos quais foram instalados drenos transparentes de 4 mm de diâmetro. A extremidade do dreno no interior do lisímetro foi envolvida com uma manta geotêxtil não tecida (Bidim OP 30) para evitar a obstrução do material de solo. Abaixo de cada dreno, havia um recipiente para a coleta da água drenada visando obter a estimativa do consumo

hídrico das plantas. Os vasos foram preenchidos com um Neossolo Regolítico de textura franco-argilo-arenosa, proveniente da zona rural do município de

São Domingos, PB, cujas características químicas e físicas (Tabela 1) foram obtidas conforme a metodologia descrita por Teixeira et al. (2017).

Tabela 1. Características químicas e físicas do solo utilizado no experimento.

Características químicas							
pH H ₂ O) (1:2,5)	P (mg kg ⁻¹)	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	Al ³⁺ + H ⁺
5,58	3,92	0,23	1,64	9,07	2,78	0,0	8,61
.....Características químicas.....			Características físicas.....			
CE _{es} (dS m ⁻¹)	RAS (mmol L ⁻¹) ^{0,5}	PST %	Fração granulométrica (g kg ⁻¹)			Umidade (dag kg ⁻¹)	
2,15	0,67	7,34	Areia	Silte	Argila	33,42 kPa ¹	1519,5 kPa ²
			572,7	100,7	326,6	25,91	12,96

pH – Potencial hidrogeniônico, M.O – Matéria orgânica: Digestão Úmida Walkley-Black; Ca²⁺ e Mg²⁺ extraídos com KCl 1 M pH 7,0; Na⁺ e K⁺ extraídos utilizando-se NH₄OAc 1 M pH 7,0; Al³⁺+H⁺ extraídos utilizando-se CaOAc 0,5 M pH 7,0; CE_{es} - Condutividade elétrica do extrato de saturação; CTC - Capacidade de troca catiônica; RAS - Relação de adsorção de sódio do extrato de saturação; PST - Percentagem de sódio trocável; ^{1,2} referindo a capacidade de campo e ponto de murchamento permanente

A adubação com NPK foi realizada conforme recomendação para ensaios em vasos (NOVAIS; NEVES; BARROS, 1991), aplicando-se via fertirrigação, em intervalos de dez dias, 100, 150 e 300 mg kg⁻¹ de solo de N, K₂O e P₂O₅, respectivamente. Utilizou-se como fonte de nitrogênio a ureia e o monoamônio fosfato. Como fonte de fósforo foi utilizada o monoamônio fosfato e de potássio o cloreto de potássio. As adubações com micronutrientes foram realizadas semanalmente, via foliar, a partir de soluções (1,0 g L⁻¹) de ubyfol [(N (15%); P₂O₅ (15%); K₂O (15%); Ca (1%); Mg (1,4%); S (2,7%); Zn (0,5%); B (0,05%); Fe (0,5%); Mn (0,05%); Cu (0,5%); Mo (0,02%)].

A água utilizada na irrigação do tratamento de menor salinidade (0,3 dS m⁻¹) foi proveniente do sistema público de abastecimento de Pombal - PB; enquanto o nível de CE_a de 2,7 dS m⁻¹ foi preparado a partir da dissolução de NaCl (sem iodo) na água de abastecimento. No preparo da água de irrigação do maior nível de salinidade,

foi considerada a relação entre CE_a e concentração de sais, extraída de Richards (1954), conforme a Equação 1:

$$Q \text{ (mmolc L}^{-1}\text{)} = 10 \times \text{CEa (dS m}^{-1}\text{)} \quad (1)$$

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

No semeio foram utilizadas quinze sementes de gergelim por vaso, à profundidade de 2 cm e após a emergência das plântulas, foram realizados desbastes em duas etapas: aos 15 e 25 dias após a semeadura (DAS), períodos em que as plantas estavam com dois e três pares de folhas definitivas, deixando-se apenas uma planta por vaso. Após a semeadura, a irrigação foi realizada diariamente às 17 horas, aplicando-se em cada recipiente, o volume correspondente ao obtido pelo balanço de água. Este volume de água a ser aplicado nas plantas, foi determinado conforme a Equação 2:

$$VI = (Va - Vd)/(1-FL) \quad (2)$$

Em que: VI = volume de água a ser usado no próximo evento de irrigação (mL); Va = volume aplicado no evento de irrigação anterior (mL); Vd = Volume drenado (mL) e FL = fração de lixiviação de 0,2.

Aos 70 dias após a semeadura, foram avaliadas as trocas gasosas através da observação dos parâmetros: condutância estomática (g_s), transpiração (E), taxa de assimilação de CO_2 (A), concentração interna de CO_2 (C_i), eficiência instantânea de carboxilação ($EiCi$) e eficiência instantânea no uso da água ($EiUA$). Aos 88 dias após a semeadura, foram determinados: o acúmulo de fitomassa por meio da fitomassa seca de folhas (FSF), do caule (FSC), da raiz (FSR), da parte aérea (FSPA) e total (FST), além da relação raiz/parte aérea (R/PA).

As trocas gasosas foram avaliadas na terceira folha completamente expandida, contada a partir do ápice, com auxílio do equipamento portátil de medição de trocas gasosas "LCPro+" da ADC BioScientific Ltda. Para a obtenção da fitomassa seca, a haste de cada planta foi cortada rente ao solo e imediatamente separada em partes distintas (caule, folha e raiz), em seguida,

foram embaladas em saco de papel. Posteriormente, cada parte foi seca em estufa com ventilação forçada de ar à temperatura de 65 °C até a obtenção de peso constante. O material foi então pesado, obtendo-se as respectivas fitomassas.

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade da distribuição (teste de Shapiro-Wilk) ao nível de 0,05 de probabilidade. Subsequente, foi realizada análise de variância pelo teste F. Nos casos de significância, utilizou-se o teste de agrupamento de médias por Scott-Knott ($p < 0,05$) para as estratégias de usos de águas salinas, e teste de Tukey ($p < 0,05$) para os genótipos de gergelim, utilizando-se o software estatístico SISVAR-ESAL versão 5.6 (FERREIRA, 2019).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verifica-se efeito significativo ($p < 0,01$) das estratégias de uso de águas salinas sobre a condutância estomática (g_s), transpiração (E) e taxa de assimilação de CO_2 (A) das plantas de gergelim, aos 70 dias após a semeadura (Tabela 2). Os genótipos assim como a interação entre os fatores (EUS x GEN) não afetaram de forma significativa nenhuma das variáveis do gergelim analisadas.

Tabela 2. Resumo da análise de variância referente à concentração interna de CO₂ (*Ci*), condutância estomática (*gs*), transpiração (*E*), taxa de assimilação líquida (*A*), eficiência instantânea do uso da água (*EiUA*) e eficiência instantânea da carboxilação (*EiCi*) de genótipos de gergelim cultivados sob estratégias de uso de águas salinas aos 70 dias após a semeadura.

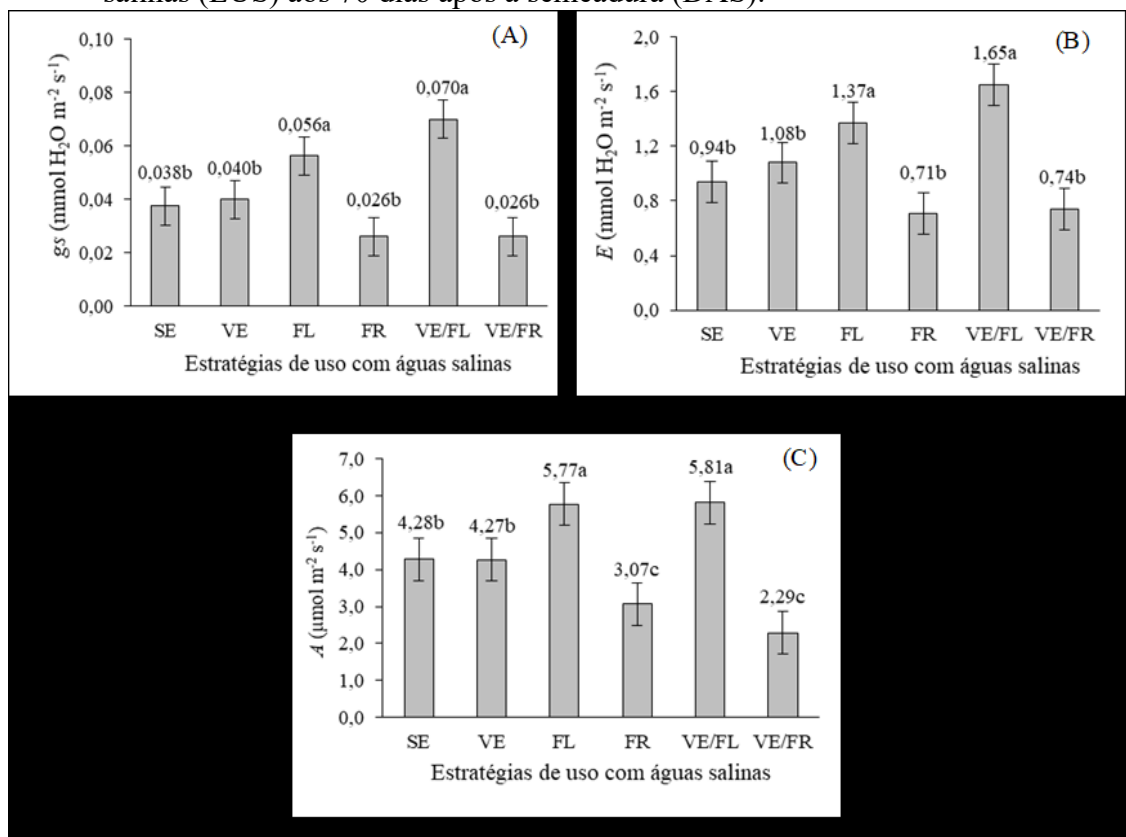
FV	Quadrados médios					
	<i>Ci</i>	<i>gs</i>	<i>E</i>	<i>A</i>	<i>EiUA</i>	<i>EiCi</i>
EUS	1897,82 ^{ns}	2,4x10 ^{-3**}	1,081 ^{**}	15,87 ^{**}	1,89 ^{ns}	5,3x10 ^{-4ns}
GEN	0,19 ^{ns}	1,9x10 ^{-5ns}	0,009 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,11 ^{ns}	2x10 ^{-6ns}
(EUS x GEN)	979,69 ^{ns}	2,5x10 ^{-4ns}	0,049 ^{ns}	2,70 ^{ns}	1,08 ^{ns}	2,4x10 ^{-4ns}
Blocos	4942,58 ^{ns}	2,2x10 ^{-4ns}	0,384 [*]	9,41 ^{ns}	0,89 ^{ns}	9,1x10 ^{-5ns}
Resíduo	2693,13	3x10 ⁻⁴	0,098	2,60	1,76	2,6x10 ⁻⁴
CV (%)	13,52	18,02	14,31	18,44	16,54	34,63

EUS - Estratégias de uso com águas salinas; GEN – Genótipo; FV – Fonte de variação CV (%) - coeficiente de variação; ** significativo em 0,01 de probabilidade; * significativo em 0,05 de probabilidade; ^{ns} não significativo.

A condutância estomática das plantas de gergelim diferiu estatisticamente quando foi imposto o estresse salino nas fases de floração (FL) e vegetativa/floração (VE/FL) em relação àquelas cultivadas sob as estratégias SE, VE, FR e VE/FR (Figura 1A). Contudo, não houve diferença significativa quando se utilizou água de baixa salinidade durante todo o ciclo da cultura e de elevado nível salino (2,7 dS m⁻¹) na fase vegetativa, frutificação e vegetativa e frutificação de forma subsequente. Assim, percebe-se que o efeito deletério do estresse salino é minimizado

quando as plantas receberam água salina apenas na fase floração e vegetativa/floração. Quando as plantas são 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 CO₂ para o local de carboxilação (SILVA et al., 2018).

Figura 1. Condutância estomática - g_s (A), transpiração - E (B) e taxa de assimilação líquida de CO_2 de plantas de gergelim cultivadas sob diferentes estratégias de uso de águas salinas (EUS) aos 70 dias após a semeadura (DAS).



Médias seguidas por letras diferentes apresentam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste Scott-Knott ($p < 0,05$). Barras na vertical representam o erro padrão da média ($n=4$). SE = irrigação com água de baixa salinidade ao longo do ciclo da cultura; VE= estresse salino apenas na fase vegetativa (15-31 DAS); FL = estresse salino na fase de floração (32-56 DAS); FR = estresse salino na fase de frutificação (57-88 DAS); VE/FL = estresse salino na fase vegetativa e na floração (15-56 DAS); VE/FR = estresse salino na fase vegetativa e de frutificação (15-31 DAS; 56-88 DAS).

A transpiração das plantas de gergelim também foi influenciada pelas estratégias de uso com água salina. De acordo com o teste de médias (Figura 1B), as plantas cultivadas sob as estratégias FL e VE/FL obtiveram os maiores valores de E (1,37 e 1,65 $\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$, respectivamente), diferenciando-se de forma significativa das que estavam submetidas às estratégias SE, VE, FR e VE/FR. Contudo, ao comparar as plantas cultivadas sob as estratégias de uso da salinidade SE, VE, FR e VE/FR, verifica-se que não houve diferença significativa entre essas estratégias.

Os efeitos deletérios da salinidade observados através da redução da E , sobretudo nas estratégias FR e VE/FR, são resultantes da limitação estomática devido à redução da absorção de água em consequência à redução do potencial hídrico do solo, o que promove menor grau de abertura estomática, diminuindo a saída de vapor d'água e entrada de CO_2 dentro da célula (LACERDA et al., 2020).

A redução na condutância estomática (Figura 1A) observadas nas plantas de gergelim irrigadas com água de alta salinidade nas fases de frutificação e vegetativa/frutificação, pode ter influenciado negativamente a taxa de

assimilação de CO₂ das plantas de gergelim (Figura 1C), visto que nessas estratégias (FR e VE/FR) foram obtidos os menores valores de *A* (3,07 e 2,29 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, respectivamente). Entretanto, as plantas cultivadas sob as estratégias FL e VE/FL obtiveram os maiores valores de *A* (5,77 e 5,81 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, respectivamente), diferenciando-se de forma significativa das demais estratégias. Em pesquisa desenvolvida por Dias et al. (2018) avaliando-se as trocas gasosas e a eficiência fotoquímica de gergelim (*Sesamum indicum* L.) sob irrigação com águas de diferentes salinidades (0,6 a 3,0 dS m⁻¹) durante todo o ciclo de cultivo, foi constatada uma redução da taxa de assimilação de CO₂ com aumento da salinidade da água.

O estresse salino diminui a entrada de CO₂ nas células em consequência do menor grau de abertura estomática,

contribuindo dessa forma, com a redução da taxa de assimilação de CO₂ (SILVA et al., 2018). Além disso, baixas taxas de assimilação de CO₂ resultam em excesso 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).

Verifica-se efeito significativo das estratégias de uso de águas salinas sobre todas as variáveis do gergelim analisadas, exceto para R/PA (Tabela 3). O fator genótipo proporcionou diferença significativa ($p < 0,01$) sobre a FSC, FSR, FSPA e FST. A interação entre os fatores (EUS x GEN) influenciou de forma significativa ($p < 0,05$) a fitomassa seca do caule e da raiz das plantas de gergelim aos 88 dias após a semeadura (DAS).

Tabela 3. Resumo da análise de variância referente a fitomassa seca das folhas (FSF), do caule (FSC), da raiz (FSR), da parte aérea (FSPA), total (FST) e relação fitomassa seca da raiz e parte aérea (R/PA) de genótipos de gergelim cultivados sob estratégias de uso de águas salinas aos 70 dias após a semeadura.

FV	Quadrados Médios					
	FSF	FSC	FSR	FSPA	FST	R/PA
EUS	883,4**	2040,5**	511,8*	4163,4**	6003,0**	0,05 ^{ns}
GEN	578,7 ^{ns}	36653,4**	5715,0**	46444,1**	84473,4**	0,03 ^{ns}
EUS x GEN	52,0 ^{ns}	658,2*	456,2*	651,2 ^{ns}	530,0 ^{ns}	0,04 ^{ns}
Blocos	222,0 ^{ns}	198,8 ^{ns}	311,2 ^{ns}	791,6 ^{ns}	338,2 ^{ns}	0,06 ^{ns}
Resíduo	159,5	268,6	182,7	591,7	1080,2	0,028
CV (%)	17,13	13,95	21,68	13,32	13,32	20,92

EUS - Estratégias de uso com águas salinas; GEN – Genótipo; FV – Fonte de variação; CV (%) - coeficiente de variação; **significativo em 0,01 de probabilidade; * significativo em 0,05 de probabilidade; ^{ns} não significativo.

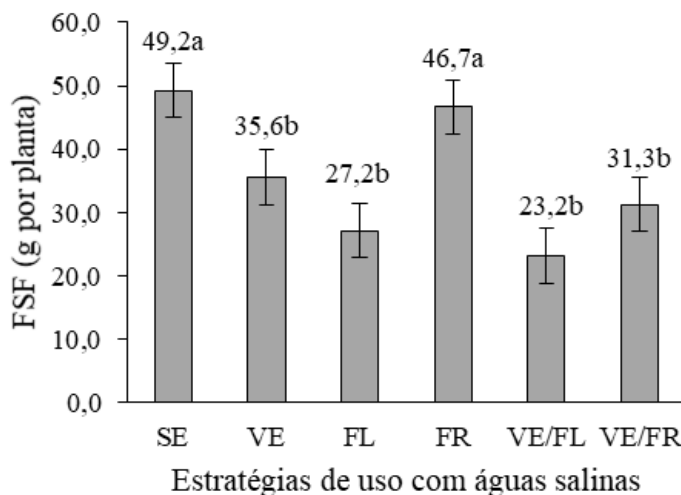
A fitomassa seca das folhas das plantas de gergelim cultivadas com água de baixa CEa (0,3 dS m⁻¹) durante todo o ciclo e alta salinidade (2,7 dS m⁻¹) na fase de frutificação (FR) foram estatisticamente superiores àquelas que estavam submetidas à água de elevada salinidade nas fases vegetativa (VE), de floração (FL), aplicação contínua na fase vegetativa e de floração (VE/FL) e vegetativa e de frutificação (VE/FR) (Figura 2). Nota-se também que a

irrigação com água salina (CEa=2,7 dS m⁻¹) nas estratégias VE, FL, VE/FL e VE/FR (Figura 2), não diferem estatisticamente entre si. A redução no acúmulo de fitomassa seca das folhas pode ter ocorrido devido à aplicação de água com elevada concentração salina ter sido aplicada nos estádios iniciais da cultura (VE/FL), período em que a maioria das espécies cultivadas expressam sensibilidade ao estresse salino. O estresse salino causa

interrupções nos processos fisiológicos nas células vegetais, inibindo o crescimento da planta e provocando graves danos ao

aparelho fotossintético (SAMADDAR et al., 2019).

Figura 2. Fitomassa seca das folhas (FSF) de plantas de gergelim cultivadas sob diferentes estratégias de uso de águas salinas (EUS) aos 88 dias após a semeadura (DAS).

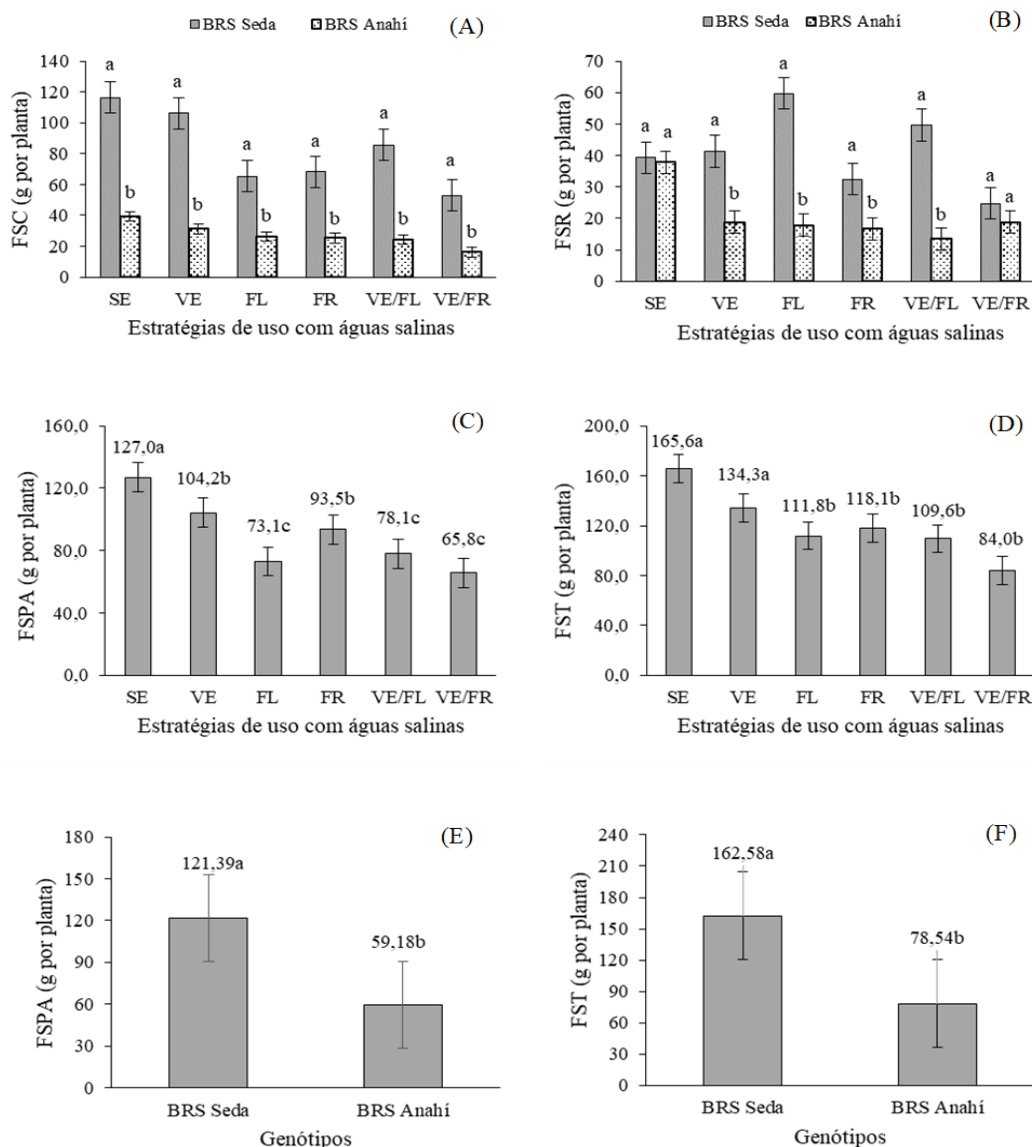


Médias seguidas por letras diferentes apresentam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste Scott-Knott ($p < 0,05$). Barras na vertical representam o erro padrão da média ($n=4$). SE = irrigação com água de baixa salinidade ao longo do ciclo da cultura; VE = estresse salino apenas na fase vegetativa (15-31 DAS); FL = estresse salino na fase de floração (32-56 DAS); FR = estresse salino na fase de frutificação (57-88 DAS); VE/FL = estresse salino na fase vegetativa e na floração (15-56 DAS); VE/FR = estresse salino na fase vegetativa e de frutificação (15-31 DAS; 56-88 DAS).

A interação entre estratégias de uso com águas salinas e genótipos interferiu significativamente no acúmulo de fitomassa seca do caule das plantas de gergelim (Figura 3A), e através do teste de comparação de médias, verifica-se que em todas as estratégias de uso com águas salinas, o genótipo BRS Seda obteve o maior acúmulo de fitomassa, diferindo-se estatisticamente da BRS Anahí, indicando uma superioridade da BRS Seda no acúmulo de FSC. Já a fitomassa seca de

raiz (Figura 3B) foi influenciada pela interação (EUA x GEN) apenas quando as plantas foram submetidas as estratégias VE, FL, FR e VE/FL, observando-se efeito semelhante à FSC (Figura 3A), isto é, o genótipo BRS Seda se destacou com o maior acúmulo de FSR, diferindo-se estatisticamente da BRS Anahí. Contudo, ao comparar os genótipos cultivados nas estratégias de uso da salinidade SE e VE/FR, verifica-se que não houve diferença significativa entre eles.

Figura 3. Fitomassa seca do caule – FSC (A) e da raiz – FSR (B) em função da interação entre as diferentes estratégias de uso de águas salinas e genótipos de gergelim; fitomassa seca da parte aérea – FSPA (C) e total – FST (D) em função das diferentes estratégias de uso de águas salinas; fitomassa seca da parte aérea – FSPA (E) e total – FST (F) em função dos genótipos de gergelim aos 88 dias após a semeadura (DAS).



Médias seguidas por letras diferentes apresentam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste Scott-Knott ($p < 0,05$). Barras na vertical representam o erro padrão da média ($n=4$). SE - irrigação com água de baixa salinidade ao longo do ciclo da cultura; VE - estresse salino apenas na fase vegetativa (15-31 DAS); FL - estresse salino na fase de floração (32-56 DAS); FR - estresse salino na fase de frutificação (57-88 DAS); VE/FL - estresse salino na fase vegetativa e na floração (15-56 DAS); VE/FR - estresse salino na fase vegetativa e de frutificação (15-31 DAS; 56-88 DAS).

O menor acúmulo de fitomassa seca do caule e da raiz (Figura 3A e 3B) observados no genótipo de gergelim BRS Anahí em relação ao BRS Seda pode 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 (EMBRAPA, 2015). Por outro lado, o BRS Seda possui hábito de crescimento

ramificado e porte mediano (EMBRAPA, 2007).

Percebe-se ainda que o efeito deletério da salinidade da água de irrigação sobre a FSR é minimizado quando as plantas receberam água salina apenas na fase floração e vegetativa/floração. De acordo com Minhas et al. (2020), o uso cíclico de águas salinas, além de melhorar o desempenho dos cultivos, apresentam vantagens operacionais em relação à mistura de águas, pois não requerem a criação de infraestrutura para mistura das águas nas proporções desejadas.

A fitomassa seca da parte aérea das plantas de gergelim cultivadas com água de baixa CEa ($0,3 \text{ dS m}^{-1}$) durante todo o ciclo foi superior ao daquelas submetidas à água de elevada salinidade nas fases vegetativa (VE), de floração (FL), frutificação (FR) e aplicação contínua na fase vegetativa e de floração (VE/FL) e vegetativa e de frutificação (VE/FR) (Figura 3C). Nota-se também que a irrigação com água salina ($CEa=2,7 \text{ dS m}^{-1}$) nas estratégias FL, VE/FL e VE/FR (Figura 3C), não diferem estatisticamente entre si. Contudo, ao comparar a FSPA das plantas cultivadas sob os tratamentos VE e FR, constata-se superioridade em relação àquelas submetidas à irrigação com água de CEa de $2,7 \text{ dS m}^{-1}$ nos tratamentos FL, VE/FL e VE/FR. Desta forma, percebe-se que o efeito deletério do estresse salino é minimizado quando as plantas receberam água salina apenas numa fase fenológica, exceto na fase de floração. De modo geral, a redução no acúmulo de fitomassas em plantas sob estresse salino reflete o dispêndio de energia para manutenção das atividades metabólicas e, por conseguinte inibe o crescimento das plantas (KUMAR et al., 2017). Em pesquisa desenvolvida por Suassuna (2013), avaliando-se a emergência e o crescimento inicial de seis genótipos de gergelim (*Sesamum indicum* L.) sob irrigação com águas salinas ($0,6$ a $4,6 \text{ dS m}^{-1}$), foi constatado redução da

FSPA com aumento da salinidade da água de irrigação.

A fitomassa seca total das plantas de gergelim cultivadas com água de baixa salinidade ($CEa=0,3 \text{ dS m}^{-1}$) durante todo o ciclo (SE) e salinidade elevada ($2,7 \text{ dS m}^{-1}$) na fase vegetativa diferiu de forma significativa em relação àquelas submetidas à água de elevada salinidade nas fases de floração (FL), frutificação (FR) e aplicação contínua na fase vegetativa e de floração (VE/FL) e vegetativa e de frutificação (VE/FR) (Figura 3D). Nota-se também que a irrigação com água de $2,7 \text{ dS m}^{-1}$ durante as fases de FL, FR, VE/FL e VE/FR (Figura 3D), não diferiram estatisticamente entre si.

A fitomassa seca total representa o potencial de acúmulo de matéria seca e, quanto maior seu valor, maior também será a eficiência do vegetal em transformar energia luminosa em fotoassimilados (FERNANDES et al., 2011). Desta forma, com os resultados observados no presente estudo constata-se que a utilização de água com CEa de $2,7 \text{ dS m}^{-1}$ na fase vegetativa não compromete a FST das plantas de gergelim. Por outro lado, a FST é afetada negativamente quando irrigadas de forma contínua com água de elevada salinidade ($2,7 \text{ dS m}^{-1}$) nas fases vegetativa e de frutificação (Figura 3D).

De acordo com o teste de comparação de médias para fitomassa seca da parte aérea (Figura 3E) e fitomassa seca total (Figura 3F), nota-se que o genótipo BRS Seda destaca-se com o maior acúmulo de fitomassa em relação ao BRS Anahí. Ao comparar a FSPA e a FST do genótipo BRS Seda em relação ao BRS Anahí, nota-se superioridade de $62,21 \text{ g planta}^{-1}$ para FSPA e $84,04 \text{ g}$ por planta para FST. O maior acúmulo de fitomassa seca observado no genótipo BRS Seda em comparação com o BRS Anahí, está de acordo com as características morfológicas descritas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa (2007, 2015).

6 CONCLUSÕES

A irrigação com água de elevada salinidade durante a fase de floração, e nas fases vegetativa/floração, não comprometem a condutância estomática,

transpiração e taxa de assimilação de CO₂ dos genótipos de gergelim. A salinidade da água de 2,7 dS m⁻¹ aplicada de forma contínua nas fases vegetativa e de floração prejudica o acúmulo de fitomassa das plantas de gergelim.

7 REFERÊNCIAS

- ALHARBY, H. F.; COLMER, T. D.; BARRETT-LENNARD, E. G. Salinization of the soil solution decreases the further accumulation of salt in the root zone of the halophyte *Atriplex nummularia* Lindl. growing above shallow saline groundwater. **Plant, Cell & Environment**, Glasgow, v. 41, n. 1, p. 99-110, 2018.
- DIAS, A. S.; LIMA, 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**, Botucatu, v. 23, n. 2, p. 220-234, 2018.
- DIAS, A. S.; LIMA, G. S.; PINHEIRO, F. W. A.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A.; NOBRE, R. G.; OLIVEIRA, S. G. Gas exchanges and growth of sesame (*'Sesamum indicum'*, L.) cultivated under saline waters and nitrogen-potassium fertilizers. **Australian Journal of Crop Science**, Lismore, v. 13, n. 9, p. 1526-1532, 2019.
- EMBRAPA. **Gergelim, BRS Seda**. Campina Grande: Embrapa CNPA, 2007. 2 p.
- EMBRAPA. **Gergelim, BRS Anahí**. Campina Grande: Embrapa CNPA, 2015. 2 p.
- FERNANDES, P. D.; BRITO, M. E. B.; GHEYI, H. R.; SOARES FILHO, W. S.; MELO, A. S.; CARNEIRO, P. T. Crescimento de híbridos e variedades porta-enxerto de citros sob salinidade. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 2, p. 259-267, 2011.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, Lavras, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.
- 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.
- HUSSAIN, R. A.; AHMAD, R.; WARAICH, E. A.; NAWAZ, F. Nutrient uptake, water relations, and yield performance of different wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.) under salinity stress. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 38, n. 1-3, p. 2139-2149, 2015.
- KUMAR, D.; AL HASSAN, M.; NARANJO, M. A.; AGRAWAL, V.; BOSCAIU, M.; VICENTE, O. Effects of salinity and drought on growth, ionic relations, compatible solutes and activation of antioxidant systems in oleander (*Nerium oleander* L.). **PloS one**, San Francisco, v. 12, n. 9, p. e0185017, 2017.

LACERDA, C. F.; OLIVEIRA, E. V.; NEVES, A. L.; GHEYI, H. R.; BEZERRA, M. A.; COSTA, C. A. Morphophysiological responses and mechanisms of salt tolerance in four ornamental perennial species under tropical climate. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 24, n. 10, p. 656-663, 2020.

LACERDA, C. F.; NEVES, A. L. R.; GUIMARÃES, F. V. A.; SILVA, F. L. B.; PRISCO, J. T.; GHEYI, H. R. Eficiência de utilização de água e nutrientes em plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n. 2, p. 221-230, 2009.

LIMA, G. S.; LACERDA, C. N.; SOARES, L. A. A.; GHEYI, H. R.; ARAÚJO, R. H. C. R. Production characteristics of sesame genotypes under different strategies of saline water application. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 33, n. 2, p. 490-499, 2020.

LIMA, G. S.; SANTOS, J. B.; SOARES, L. A. A.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; PEREIRA, R. F. Irrigação com águas salinas e aplicação de prolina foliar em cultivo de pimentão 'All Big'. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 7, n. 4, p. 513-522, 2016.

LIU, H. M.; YAO, Y. G.; YAN, Y. Y.; WANG, X. D. Elucidation of the structural changes of sesame hull hemicelluloses during roasting. **International Journal of Biological Macromolecules**, Guildford, v. 161, n. 1, p. 1535-1544, 2020.

MINHAS, P. S.; RAMOS, T. B.; BEN-GAL, A.; PEREIRA, L. S. Coping with salinity in irrigated agriculture: Crop evapotranspiration and water management issues. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 227, n. 1, p. e105832, 2020.

NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. Ensaio em ambiente controlado. *In*: OLIVEIRA, A. J. (ed.). **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília, DF: Embrapa-SEA, 1991. cap. 12, p. 189-253.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington, DC: Department of Agriculture, 1954. 160 p.

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.

SHAHIDI, F.; LIYANA-PATHIRANA, C. M.; WALL, D. S. Antioxidant activity of white and black sesame seeds and their hull fractions. **Food Chemistry**, London, v. 99, n. 3, p. 478-483, 2006.

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.

SUASSUNA, J. F. **Tolerância de genótipos de gergelim ao estresse salino**. 2013. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2013.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W, G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 573 p.

TENYANG, N.; PONKA, R.; TIENCHEU, B.; DJIKENG, F. T.; AZMEERA, T.; KARUNA, M. S.; WOMENI, H. M. Effects of boiling and roasting on proximate composition, lipid oxidation, fatty acid profile and mineral content of two sesame varieties commercialized and consumed in Far-North Region of Cameroon. **Food Chemistry**, London, v. 221, n. 1, p. 1308-1316, 2017.

ZHANG, Y.; WEI, M.; LIU, A.; ZHOU, R.; LI, D.; DOSSA, K.; YOU, J. Comparative proteomic analysis of two sesame genotypes with contrasting salinity tolerance in response to salt stress. **Journal of Proteomics**, Valencia, v. 201, n. 1, p. 73-83, 2019.